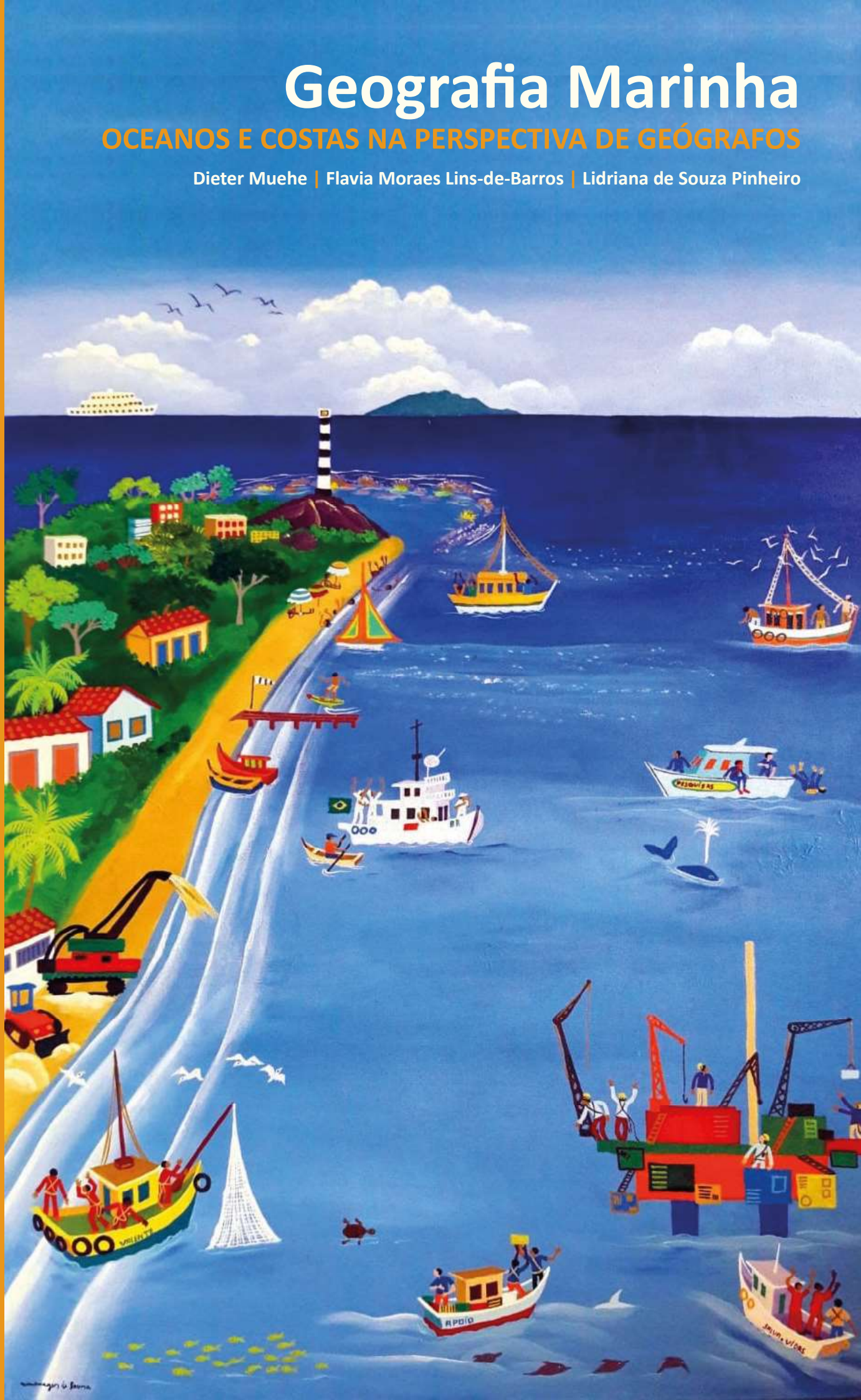
Geografia Marinha

OCEANOS E COSTAS NA PERSPECTIVA DE GEÓGRAFOS

Dieter Muehe | Flavia Moraes Lins-de-Barros | Lidriana de Souza Pinheiro



PROGRAMA DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA
PGGM
ABEQUA
1984
BRASIL

© 2020 PGGM
Permitida a reprodução sem fins lucrativos, parcial ou total, por qualquer meio, se citada a fonte.

Organização
Dieter Muehe
Flavia Moraes Lins-de-Barros
Lidriana de Souza Pinheiro

Capa (pintura)
Menezes de Souza

Projeto gráfico e diagramação
Francine Sakata
Caroline Ribeiro

Revisão
Rodrigo Guardatti

www.pggmbrasil.org

Dados Internacionais para Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Geografia marinha [livro eletrônico] : oceanos e costas na perspectiva de geógrafos / organização Dieter Muehe , Flavia Moraes Lins-de-Barros , Lidriana de Souza Pinheiro. -- 1. ed. -- Rio de Janeiro : Caroline Fontelles Ternes, 2020.
PDF

ISBN 978-65-992571-0-0

1. Geociências 2. Geografia 3. Mares 4. Oceanografia 5. Oceanografia estuarina I. Muehe, Dieter. II. Lins-de-Barros, Flavia Moraes. III. Pinheiro, Lidriana de Souza.

20-46039 CDD-551.46

Índices para catálogo sistemático:
1. Oceanografia : Ciência da terra 551.46
Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Geografia Marinha

OCEANOS E COSTAS NA PERSPECTIVA DE GEÓGRAFOS

Organizadores

Dieter Muehe

Flavia Moraes Lins-de-Barros

Lidriana de Souza Pinheiro





2020

Prefácio

O Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM), fundado em 1969, integra uma rede de pesquisadores que engloba 27 instituições acadêmicas e científicas brasileiras, desde o Amapá até o Rio Grande do Sul, dividido entre instituições efetivas (universidades, institutos e centros de pesquisa) e instituições colaboradoras (órgãos e empresas públicas).

Desta integração, com o trabalho em "rede de pesquisa", interagem uma gama de profissionais; resultando em publicações científicas nacionais e internacionais, livros, manuais metodológicos e guias de diretrizes, além do intercâmbio interinstitucional.

Ao completar 51 anos, o Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM) tem a honra de publicar mais um livro inédito; que irá abordar os aspectos geográficos das ciências marinhas. Com um olhar diferenciado - englobando aspectos geomorfológicos, oceanográficos, de gestão, de políticas públicas, econômicas e sociais no Brasil - uma das maiores virtudes do PGGM sempre foi, ao longo de todos esses anos, integrar, harmonicamente, diferentes geocientistas como: geógrafos, geólogos, geofísicos e oceanógrafos, dentre outros profissionais. Este livro sobre a Geografia Marinha é fruto dessa filosofia e revela uma visão moderna e integradora dos "Oceanos e costas na perspectiva de Geógrafos". Ao longo dos capítulos são descritos e discutidos os múltiplos usos dos oceanos; o que está no centro de importantes discussões sobre o planejamento, gestão e seu desenvolvimento sustentável, conforme preconiza a Organização das Nações Unidas (ONU) nos termos da ODS-14 e no contexto da "Década dos Oceanos (2021-2030)"; além da denominada "Economia Azul" (Blue Economy) já implementada na Comunidade Econômica Europeia (CEE).

Cabe ainda destacar que, tanto as regiões costeiras, quanto as áreas oceânicas adjacentes, são importantes fronteiras para a habitação, lazer, transporte, comércio nacional e internacional, mineração marinha, indústria de óleo e gás, indústria pesqueira e de diversos serviços portuários e marítimos. No entanto, deve-se salientar que, em face de um futuro regido por mudanças climáticas - a era do Antropoceno - as regiões costeiras e marinhas serão intensamente afetadas pelo aumento dos eventos extremos (tempestades, ressacas, erosão e inundação) e pela elevação do nível médio do mar.

Neste contexto, vale destacar que a população mundial depende dessa região, onde ocorre a interação continente-oceano, seja por questões econômicas, estratégicas, energéticas, ambientais, de transporte, turismo ou lazer. Sendo assim, com essa iniciativa de compilar o estado da arte da geografia marinha no Brasil, espera-se contribuir para os diversos atores da gestão pública, da iniciativa privada e, principalmente, para servir de fonte de informação para os profissionais e estudantes de graduação e pós-graduação de diversas áreas das Geociências. Temos certeza que, mais uma vez, a comunidade acadêmica, dentro da sua virtude maior que é "educar, pesquisar e difundir o conhecimento", está fazendo seu papel; fornecendo um produto gratuito, de amplo alcance e de grande importância para a sociedade brasileira.

Marcelo Sperle Dias

Coordenador do PGGM
Vice-presidente da ABEQUA

Apresentação

Em um vídeo recente da Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO (IOC/COI-UNESCO), é formulada uma constatação muito mais impactante do que aquela de que 70% da superfície terrestre é coberta pelo oceano. A de que...

"...o oceano é a feição física definidora do nosso planeta."

E mais: "...os diversos oceanos, por estarem todos interconectados, representam na realidade um único oceano."

Como então justificar que a Geografia, cujo objeto de estudo é o planeta Terra com suas formas e processos de transformação, possa ter colocado em segundo plano a participação nas ciências marinhas? Por que não empregou de modo mais expressivo suas próprias formas de pesquisa na identificação de padrões e relações nos ambientes costeiros e marinhos? E ainda mais, como não considerar a responsabilidade da Geografia na transmissão das ciências do mar junto ao conhecimento sobre nosso planeta nos diversos níveis de ensino?

Mas nem sempre foi assim. Nos primórdios das expedições científicas marinhas e até o início do século 20, a Geografia estava presente e eram os Congressos Internacionais de Geografia o fórum para muitas das apresentações das novas descobertas. Com o tempo, o desenvolvimento de técnicas cada vez mais complexas nas diversas especialidades da Oceanografia, levou não só a um distanciamento da Geografia nos assuntos do mar, mas também à individualização das diversas especialidades como a Oceanografia física, biológica, química e geológica, enquanto a Geografia passou a se voltar cada vez mais para as novas fronteiras de ocupação nos diversos continentes. No entanto, não abandonou por completo a sua participação nas ciências marinhas, principalmente na Geomorfologia Costeira e na Geografia Política e seus desdobramentos, com a entrada em vigor da Convenção da Nações Unidas sobre o Direito do Mar e as consequentes delimitações de zonas de diferentes graus de soberania.

No meio acadêmico ocorreu, na segunda metade do século passado, principalmente na Alemanha, União Soviética, França e Estados Unidos, uma busca de desenvolvimento e aperfeiçoamento de um arcabouço epistemológico para uma Geografia Marinha, que foi se solidificando e encontrando novos espaços de atuação nos programas de planejamento, gestão e vulnerabilidade costeira e marinha.

O presente livro resulta da demanda do Grupo de Trabalho (GT-18) de Geografia Costeira e Marinha da Associação Nacional de Pós-Graduação em Geografia (ANPEGE) para a elaboração de um documento que retrate as diversas atividades realizadas por geógrafos ou em participação com outros profissionais, para que possa servir de estímulo e consulta aos estudantes e profissionais geógrafos e outros, contribuindo para o fortalecimento da área de Geografia Marinha.

Dieter Muehe

Flavia Moraes Lins-de-Barros

Lidriana de Souza Pinheiro

Sumário

INTRODUÇÃO

10 **1. A posição da Geografia nas ciências marinhas**
Dieter Muehe

DINÂMICA E PROCESSOS DOS AMBIENTES COSTEIROS E MARINHOS

27 **2. O sistema praial: formas, termos, processos e medição**
Dieter Muehe

56 **3. Análise do deslocamento da linha de costa e sua intensidade com base em produtos de sensoriamento remoto**
André Luiz Nascentes Coelho

74 **4. Aspectos básicos da circulação estuarina e sua relação com o ambiente costeiro**
Guilherme C. Lessa

104 **5. Dinâmica geomorfológica e fitogeográfica do estuário do Rio São Mateus (ES): estudo de caso**
Cláudia Câmara do Vale; Jurandyr Ross; Marta Oliver-Batalha; Thayana Caus Wanderley

129 **6. A plataforma continental semiárida do Brasil**
Lidriana de S. Pinheiro; Antônio R. Ximenes Neto; David Hélio M. de Medeiros; Paulo Roberto S. Pessoa; Jáder O. de Morais

MONITORAMENTO, MODELAGEM E ANÁLISE

154 **7. A reanálise e sua utilização como ferramenta para o gerenciamento**
Leonardo Azevedo Klumb-Oliveira; Denise Tyemi Fukai

170 **8. Análise sedimentar como ferramenta de reconstituição paleoambiental: exemplo da evolução de uma baía para estuário**
Giseli Modolo Vieira Machado

196 **9. Morfodinâmica costeira do litoral fluminense: 15 anos de observação contínua**
Guilherme Borges Fernandez; Silvio Roberto de Oliveira Filho; Thaís Baptista da Rocha; Thiago Gonçalves Pereira; Sérgio Cadena de Vasconcelos; Victor Buznello de Vasconcellos Maluf; Maria Angélica Rabello Quadros; Martim Almeida Braga Moulton

227 **10. O uso de diferentes proxies para entender a evolução e os impactos ambientais em baías costeiras, o exemplo da Baía de Guanabara**
José Antonio Baptista Neto; Claudia Guterres Vilela; Cintia Ferreira Barreto; Estefan Monteiro da Fonseca

244 **11. Relações entre a morfodinâmica, geoquímica e comunidade bentônica das praias expostas adjacentes à desembocadura fluvial: caso do Rio Doce, Espírito Santo**
Jacqueline Albino; Karla Gonçalves da Costa; Maria Tereza Weitzel Dias Carneiro

GESTÃO E GOVERNANÇA

267 **12. Mapeamento geológico de habitat marinhos: abordagem e estudo de caso**
Valéria S. Quaresma; Alex C. Bastos; Pedro S. Menandro; Fernanda V. Vieira; Geandré C. Boni; Marcos Daniel Leite; Gabriella A. Rocha; Natacha Oliveira

292 **13. Gestão e governança costeira e marinha**
Marcus Polette

341 **14. Conhecimento e acesso à informação sobre o papel do sistema praia-duna na proteção da costa**
Juliana Silva Aleixo; Jacqueline Albino

358 **15. Regulação de espaços marítimos**
Gisela A. Pires do Rio

382 **16. Abordagem geográfica da Gestão Costeira Integrada**
João Luiz Nicolodi; Nelson Luiz Sambaqui Gruber

402 **17. Unidades de conservação costeiras e marinhas no Brasil**
Eliana Matos Ribeiro; Sandra Vieira Paiva; Caroline Costa Lucas; Carolina Bracho Villavicencio; Marcelo de Oliveira Soares

438 **18. Base de Informações e sua influência nas tomadas de decisões de governança no território costeiro brasileiro**
Julliet Correa da Costa; Milton Lafourcade Asmus

456 **19. Planejamento Espacial Marinho**
Tiago B. R. Gandra; Jarbas Bonetti; Marinez E. G. Scherer

473 **20. Geopolítica do Atlântico Sul**
Marcos L. de Almeida

REGIONALIZAÇÃO

492 **21. Regiões oceânicas e regionalização geográfica**
Dieter Muehe

515 **22. Contribuições para a regionalização do mar brasileiro: parâmetros conceituais e abordagens**
Daniel Hauer Queiroz Telles

531 **23. Geologia e geomorfologia da planície costeira de Santa Catarina**
Norberto Olmiro Horn Filho

552 **24. Regionalização dos municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul e a gestão ambiental costeira**
Nina Simone Vilaverde Moura; Tânia Marques Strohaecker

DINÂMICAS E DESAFIOS ATUAIS NA PESQUISA EM GEOGRAFIA MARINHA

569 **25. Geoeconomia do petróleo e gás natural e seus impactos na zona costeira e marinha**
Claudio Antonio G. Egler

585 **26. Espaços territoriais protegidos na zona costeira e marinha**
Régis Pinto de Lima

608 **27. Energia eólica offshore e pesca artesanal: impactos e desafios na costa oeste do Ceará, Brasil**
Thomaz Xavier; Adryane Gorayeb; Christian Brannstrom

631 **28. Vulnerabilidade costeira: conceitos, abordagens e aplicações**
Flavia Moraes Lins-de-Barros; Davis Pereira de Paula; Paulo Henrique G. de Oliveira Sousa

655 **29. Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral**
Eduardo Bulhões

689 **30. Turismo: fenômeno de transformação do espaço costeiro do estado do Ceará no Nordeste do Brasil**
Laura Mary Marques Fernandes

708 **31. Processos e conflitos na relação porto-cidade: os casos de Rio Grande/ RS, Santos/ SP e Fortaleza/ CE**
Davis Pereira de Paula; João M. Alveirinho Dias; Miguel da Guia Albuquerque; Emiliano Castro de Oliveira; Carlos de Araújo Farrapeira Neto; Felipe Nóbrega Ferreira

746 **32. Fisiografia do litoral brasileiro e sua influência sobre as atividades de pesca de pequena escala**
Danielle Sequeira Garcez

INTRODUÇÃO

Capítulo 1

A posição da Geografia nas ciências marinhas

Dieter Muehe

Introdução

A segunda metade do século 20 apresentou enormes avanços nas geociências, em parte como resultado dos aperfeiçoamentos feitos, durante a segunda guerra mundial, na eletrônica, especialmente na ecobatimetria e nos métodos geofísicos, culminando, em 1966, com a confirmação da hipótese da deriva continental, modificada para a deriva de placas, ou seja o estabelecimento do modelo de tectônica de placas. De um momento para outro surgiu uma explicação lógica para a origem do macro-relevo marinho e continental, a origem dos terremotos e uma interpretação lógica na localização de recursos minerais.

A oceanografia era glamourizada nos relatos e filmes de Jacques Cousteau em seu famoso livro *The silent world* (Cousteau e Dumas, 1954) e sua contribuição no desenvolvimento do *aqualung*. Invento que ampliou a fronteira também para os mergulhadores esportistas e aos que, assim motivados para estudar o mar, passaram a escolher suas profissões nas diversas especialidades da Oceanografia.

No Brasil, o curso de Oceanografia só passou a ser oferecido, em nível de pós-graduação, na Universidade de São Paulo a partir de 1973. Mas a disciplina fazia parte dos cursos de Biologia Marinha e Engenharia Costeira. Para um estudante de Geografia, no início deste período, a Oceanografia era abordada, de forma não obrigatória, nas disciplinas de Geografia Física ou, de forma restrita, na disciplina de Geomorfologia Costeira.

▪ COMO CITAR:
MUEHE, D. A posição da Geografia nas ciências marinhas. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 10-25. ISBN 978-65-992571-0-0

Não havia muita opção entre livros descritos por geógrafos. Despontavam os clássicos como Andre Guilcher (1954), *Morphologie littorale et sous-marine* e Cuchlane King (1962), *Oceanography for geographers*, ambos adotados nas disciplinas de geomorfologia costeira e oceanografia física na graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Se internacionalmente tínhamos um Jean Cousteau para divulgar a Oceanografia, no Brasil tínhamos o Almirante Paulo de Castro Moreira da Silva. Presidente do Instituto de Pesquisas da Marinha, realizava palestras fantásticas, publicou um livro de Oceanografia Física (Moreira da Silva, 1972), e promoveu uma série de levantamentos sistemáticos ao longo da margem continental brasileira com a finalidade de produzir informações para a pesca. Eram realizadas estações oceanográficas ao longo de transectos perpendiculares à costa, com lançamento de bati-termógrafos para identificar a termoclina, e coleta de água em várias profundidades para análise de temperatura, salinidade, nutrientes, para a determinação da fertilidade das águas e do relevo dinâmico. Os levantamentos eram feitos com o navio Almirante Saldanha, um veleiro transformado em propulsão a diesel, com amplo espaço para laboratórios e acomodações e que permitia que as amostras fossem processadas a bordo, com os resultados prontos na finalização de cada campanha. A estratégia do Almirante era desenvolver uma Oceanografia prática com informações que ajudassem na pesca, mas que também permitissem melhorar a alimentação de pessoas pobres através do adicionamento de uma farinha de peixe a biscoitos fornecendo assim um complemento de proteínas. Para isso desenvolveu, em Arraial do Cabo, o Projeto Cabo Frio, um sistema de bombeamento de água de fundo associado à produção de gelo, que seria disponibilizado aos pescadores, e retorno da água mais aquecida nesse processo que, enriquecida de nutrientes, se manteria próxima à superfície, favorecendo o desenvolvimento de plâncton e, por conseguinte, aumentando a pesca local. Esse processo não obteve o sucesso esperado, aparentemente devido à presença de uma bactéria tóxica, mas as instalações formaram a base para o Instituto de Pesquisas do Mar Almirante Paulo Moreira, atualmente dedicado a várias especialidades da pesquisa oceânica e militar, incluindo a formação em nível de pós-graduação.

Já no final da década de 1960, foi realizada a primeira expedição de Geologia Marinha na região da foz do rio Amazonas, organizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, que levou, a seguir, à criação de grupos de pesquisa em Geologia Marinha nos diversos Departamentos de Universidades costeiras ao longo do Brasil, inicialmente liderados pelo Laboratório de Geologia Marinha (LAGEMAR) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, posteriormente transferido para a Universidade Federal Fluminense e o Centro de Estudo de Geologia Costeira e Oceânica (CECO) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, resultando num programa de levantamento sistemático da plataforma continental e a introdução da disciplina de Geologia Marinha em alguns cursos de graduação em Geologia.

Apesar da participação de geógrafos na produção de livros e artigos científicos no âmbito da Oceanografia, a inclusão da disciplina nos currículos de graduação em Geografia era, com exceções, tímida quando não ausente. Incompreensível, considerando o objeto fundamental da Geografia, o estudo das formas e processos da superfície terrestre, da qual 71% é coberta pelos oceanos. A reduzida participação de geógrafos em expedições oceanográficas, a complexidade das especializações das disciplinas individualizadas da Oceanografia e a ausência de um paradigma de contribuição própria da Geografia é evidentemente a razão deste distanciamento, que se acentuou a partir no final do século 19 e início do século 20, justamente pela crescente especialização e consequente individualização das diferentes disciplinas que compõem o conjunto de disciplinas consideradas como núcleo da Oceanografia, tais como a Oceanografia Física, a Biologia Marinha, a Geologia Marinha e a Oceanografia Química. Nas últimas décadas, em parte devido a um início de integração entre geógrafos físicos e humanos nos estudos de gestão costeira e marinha, impulsionados pela obrigatoriedade de estudos de impacto ambiental e, ainda, como resultado da entrada em vigor da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito no Mar, e seus desdobramentos

na regulação dos espaços marinhos, a Geografia Marinha vem buscando se recolocar no âmbito da Oceanografia como disciplina de integração e regionalização e gestão.

A Geografia e sua relação com a Oceanografia no final do século 19 e início do século 20

Em resposta a uma demanda da Deutsche Forschungsgemeinschaft (Conselho de Pesquisa da Alemanha), o geógrafo e Professor do Instituto Geográfico da Universidade de Kiel, Karlheiz Paffen, publicou seu longo e detalhado artigo *Maritime Geographie* analisando, conforme diz o subtítulo, a posição da Geografia dos Oceanos e seu papel no âmbito da pesquisa oceanográfica, publicado na tradicional e prestigiada revista Erdkunde (1964),

> *"...com a constatação de que, após um período de ampla coleta de material em nível global no século passado, iniciou-se, na virada do século, um período de pesquisa sistemática dos espaços marinhos. Desde então, e sem levar em conta as múltiplas observações oceanográficas de Alexander von Humboldt, existe uma íntima ligação entre Geografia e Oceanografia, que, meio século atrás, formava, na Alemanha, uma disciplina acadêmica única*." (Erdkunde, v. XVIII, p. 41, 1964)

A Geografia, apesar de ser conhecida e praticada desde vários séculos antes Cristo e estabelecida de modo mais formal a partir do livro de Eratóstenes de Cirene, *Geografiká*, três séculos a.c., sua inclusão como disciplina acadêmica ocorreu apenas no final do século XIX e início do século 20. Segundo Ron Johnston, num excelente resumo sobre a evolução da Geografia (https://www.britannica.com/science/geography/The-geography-of-contemporary-geography), suas características originais foram definidas por um reduzido número de geógrafos alemães e franceses. Significativa influência veio de filósofos, como Immanuel Kant, que escreveu sobre Geografia em seu livro *Kritik der reinen Vernunft* (Crítica da razão pura, 1781), de geógrafos alemães, especialmente Alexander von Humboldt (1769-1859), Carl Ritter (1779-1859), e Friedrich Ratzel (1844-1904), e franceses como Paul Vital de la Blache (1845-1918) e Emmanuel de Martonne (1873-1955) entre outros.

Nessa fase inicial da pesquisa oceanográfica com a participação de geógrafos, sobressaiu o geógrafo alemão Otto Krümmel com sua carta das correntes do Atlântico (Figura 1.1) e do Mar de Sargassos (Figura 1.2).

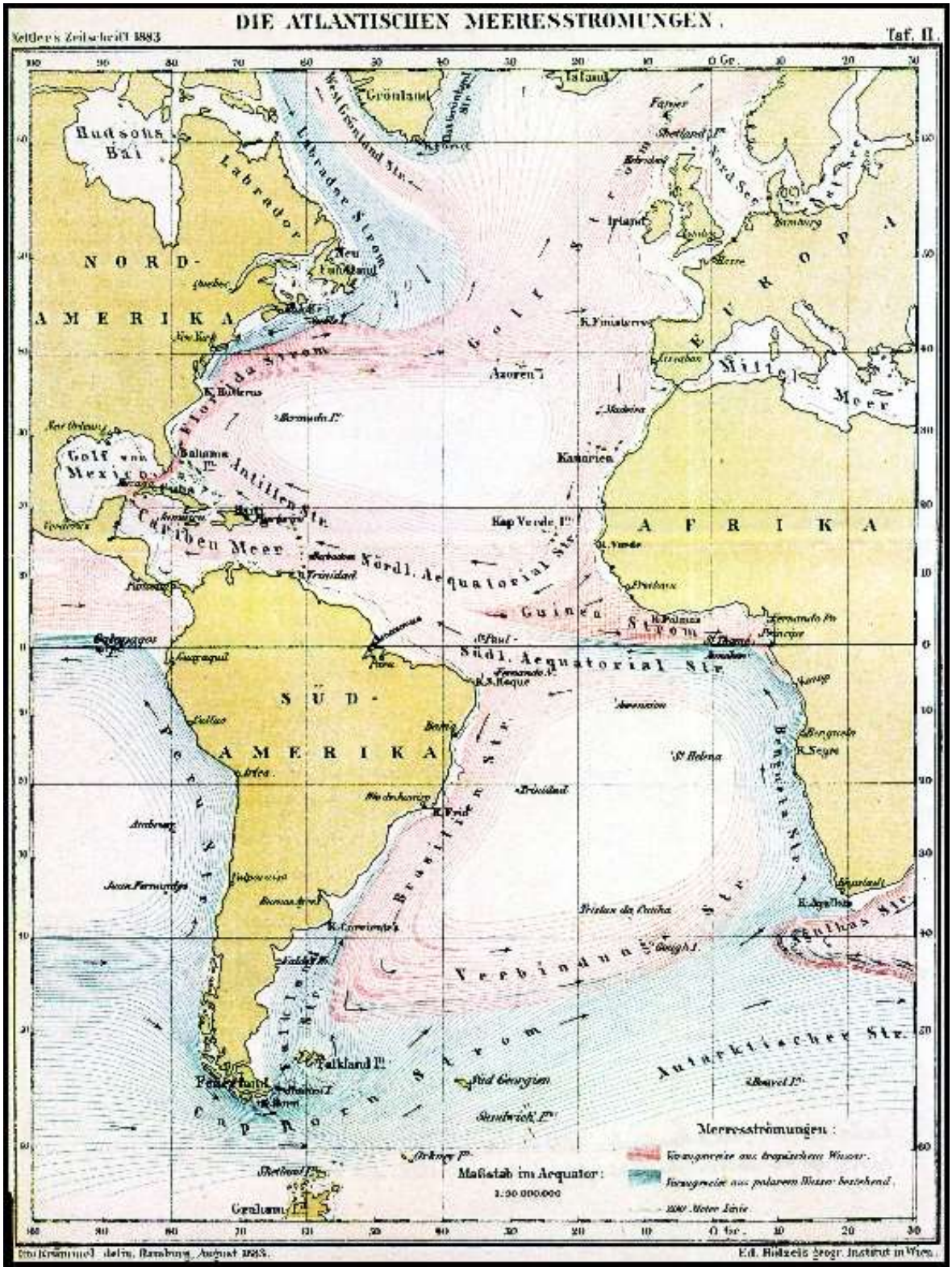


Figura 1.1. As correntes oceânicas do Atlântico segundo Otto Krümmel, 1883.

Fonte: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28614943

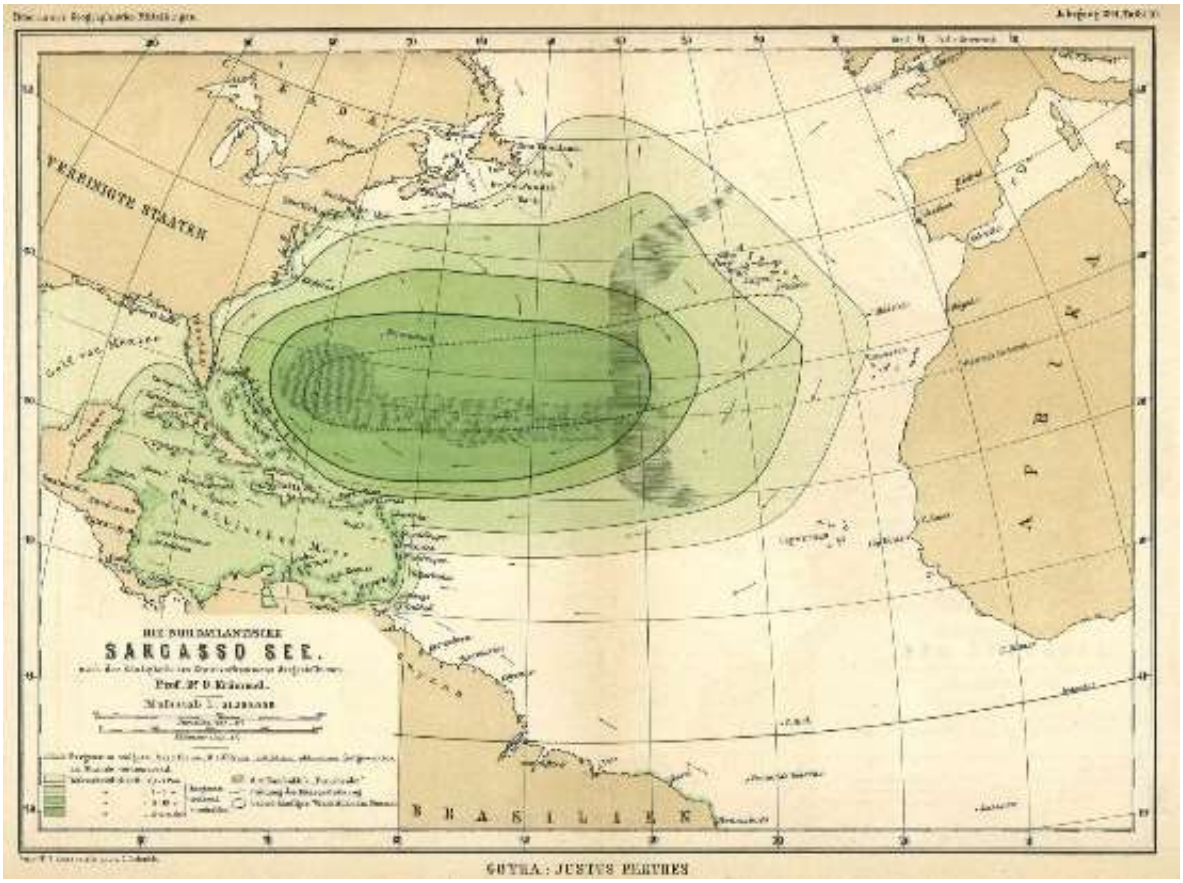
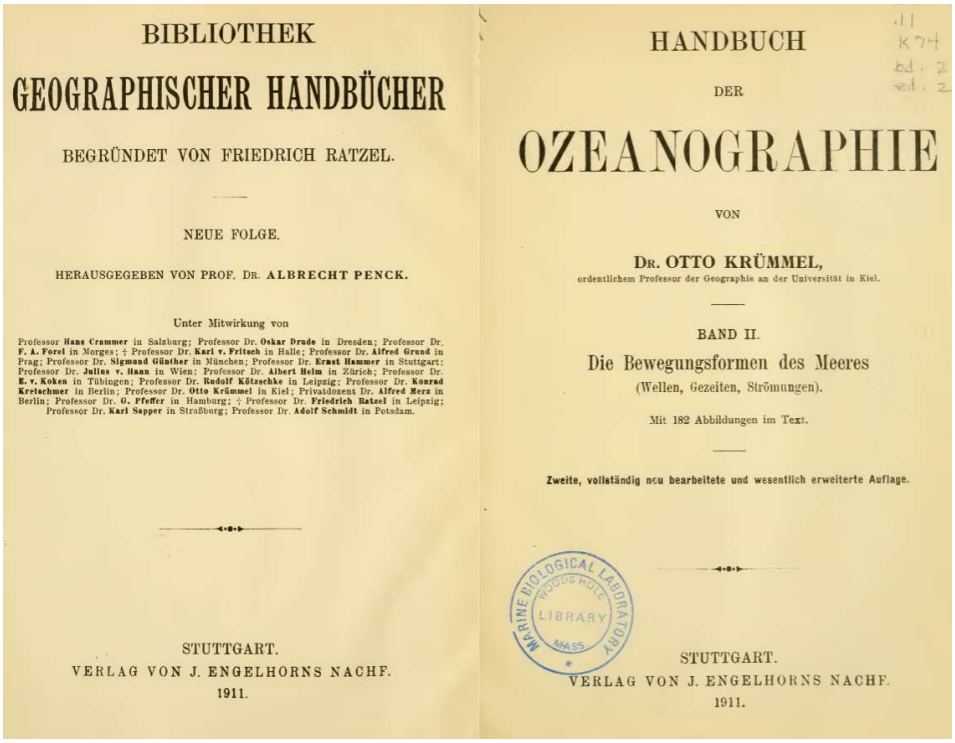


Figura 1.2. O Mar de Sargassos. Otto Krümmel, 1881.

Fonte: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=42514695

Em 1879, publicou o livro *Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume* – (Tentativa de uma morfologia comparada dos espaços marinhos) seguido, em 1886, com o livro *Der Ozean - eine Einführung in de Allgemeine Meereskunde* (o oceano - uma introdução à Oceanografia Geral), culminando em 1907 com o *Handbuch der Ozeanographie* (Manual de Oceanografia), com segunda edição em 1911 (Figura 3). É, por isso, considerado um pioneiro da Oceanografia.



BIBLIOTHEK

GEOGRAPHISCHER HANDBÜCHER

BEGRÜNDET VON FRIEDRICH RATZEL.

NEUE FOLGE.

HERAUSGEGEBEN VON PROF. DR. ALBRECHT PENCK.

Unter Mitwirkung von

Professor **Hans Crammer** in Salzburg; Professor Dr. **Oskar Drude** in Dresden; Professor Dr. **F. A. Forel** in Morges; † Professor Dr. **Karl v. Fritsch** in Halle; Professor Dr. **Alfred Grund** in Prag; Professor Dr. **Sigmund Günther** in München; Professor Dr. **Ernst Hammer** in Stuttgart; Professor Dr. **Julius v. Hann** in Wien; Professor Dr. **Albert Heim** in Zürich; Professor Dr. **E. v. Koken** in Tübingen; Professor Dr. **Rudolf Kötzschke** in Leipzig; Professor Dr. **Konrad Kretschmer** in Berlin; Professor Dr. **Otto Krümmel** in Kiel; Privatdozent Dr. **Alfred Merz** in Berlin; Professor Dr. **O. Pfeffer** in Hamburg; † Professor Dr. **Friedrich Ratzel** in Leipzig; Professor Dr. **Karl Sapper** in Straßburg; Professor Dr. **Adolf Schmidt** in Potsdam.

STUTTGART.
VERLAG VON J. ENGELHORNS NACHF.
1911.

HANDBUCH

DER

OZEANOGRAPHIE

VON

DR. OTTO KRÜMMEL,
ordentlichem Professor der Geographie an der Universität in Kiel.

BAND II.

Die Bewegungsformen des Meeres
(Wellen, Gezeiten, Strömungen).

Mit 182 Abbildungen im Text.

Zweite, vollständig neu bearbeitete und wesentlich erweiterte Auflage.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

STUTTGART.
VERLAG VON J. ENGELHORNS NACHF.
1911.

Figura 1.3. Capa da segunda edição do livro Ozeanographie de Otto Krümmel.
Fonte: https://archive.org/stream/handbuchderozean02bogu#page/n5/mode/2up

A individualização entre a Geografia e Oceanografia começa a se delinear, no final da década de 1920, se considerarmos a percepção do meteorologista e oceanógrafo Albert Joseph Maria Defant, considerado um dos fundadores da Oceanografia Física, na época diretor do Instituto de Oceanografia, em Berlim, na sua introdução à *Dynamische Ozeanographie* (Defant, 1930) ao expressar, conforme ressaltado por Paffen (1964) que:

> *"(...)o desenvolvimento da Oceanografia, graças ao progresso dos métodos de medição e análise, atingiu um ponto de inflexão no qual pode se dar início à transição do método descritivo para um tratamento mais rigoroso das ocorrências. Nesse sentido a Oceanografia segue cada vez mais o caminho de sua disciplina irmã, a Meteorologia."* Paffen (1964 p. 41)

A interpretação de priorizar uma abordagem essencialmente quantitativa para a compreensão dos fenômenos oceanográficos se defronta com os argumentos de Gerhard Schott em sua *Geographie des Atlantischen Ozeans* de 1912 (Figura 1.4) (na sua segunda edição revisada de 1942). Schott era um geógrafo e oceanógrafo, tendo participado da expedição "Valdivia" 1898-1899 nos oceanos Atlântico, Pacífico e no Oceano Antártico como responsável pela Oceanografia. Sua formação foi fortemente influenciada pela abordagem regional do seu orientador Ferdinand von Richthofen, geólogo de formação, mas geógrafo por atuação, e professor de Geografia com trabalhos sobre a China, cunhando, nesse contexto, a denominação "rota da seda". A visão de integração e regionalização de Schott resultou dessa influência durante sua fase de formação que, por sua vez, se refletiu na introdução do referido livro ao ressaltar que:

> *"A Oceanografia, como um dos mais jovens ramos da Geografia, tem se limitado, quase que exclusivamente, a categorizar os diferentes aspectos gerais da natureza sem se ater aos problemas de um oceano especificamente (....). Falta, pois, a tentativa de desenvolver, com base nesses conhecimentos, uma visão geográfica integrada de um oceano considerado individualmente como uma unidade geográfica. Se se quer evitar que a nova Oceanografia se limite a uma Física, Química ou Biologia dos oceanos, é necessário que, ao lado dos livros didáticos sobre Oceanografia Geral, obtenhamos descrições integradas sobre os oceanos considerados individualmente, da mesma forma com que, ao lado de uma Geografia Física Geral cresce a demanda de descrições de áreas continentais na perspectiva da identificação de paisagens naturais, ou seja o desenvolvimento de uma Geografia da Paisagem."* (Schott, 1912 p. VI)

Schott, portanto, vê a participação do método geográfico de integração e regionalização como uma contribuição importante a ser mantida, contrastando assim com a visão de Defant de uma desintegração e super especialização, como efetivamente vem ocorrendo.

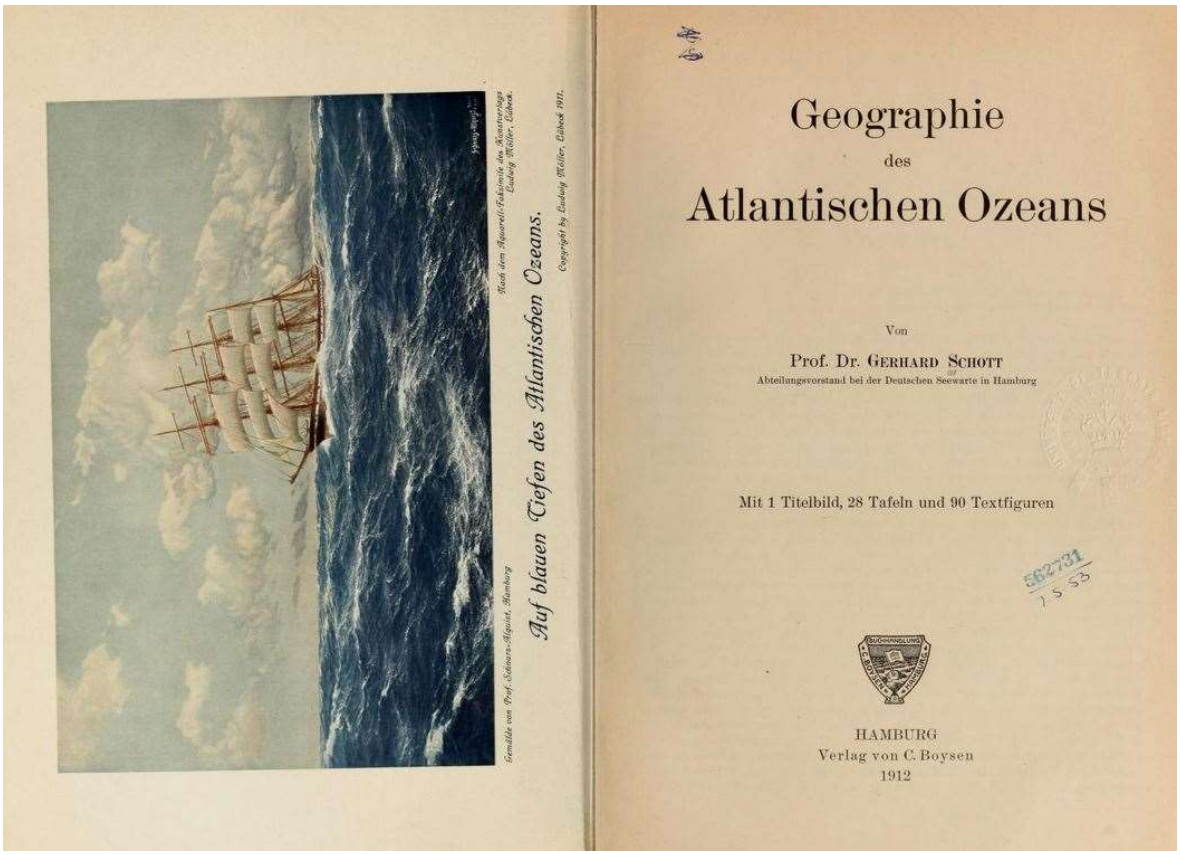


Figura 1.4. Oceanografia do Atlântico de Gerhard Schott (1912).

Fonte:
https://ia600501.us.archive.org/32/items/geographiedesatl00scho/geographiedesatl00scho.pdf

Esse gradual distanciamento entre a Oceanografia e a Geografia, mas também a compartimentação da própria Oceanografia, foi também percebido, mais adiante, em 1923, pelo biólogo e oceanógrafo escocês James Johnstone, ao externar em seu livro "*An introduction to oceanography, with special*

reference to geography and geophysics", a necessidade de uma separação entre a Oceanografia Física e a Hidrobiologia, ressaltando ainda que a quantificação das modernas teorias da maré e da hidrodinâmica exigem conhecimento ao alcance de poucos cientistas. Esse argumento é utilizado como justificativa de apresentar, em seu livro, uma visão geral da Oceanografia para melhor atender as perspectivas dos estudantes de Geografia e Geologia. Indiretamente, reconhece a posição da Geografia entre as ciências marinhas, mas também percebe a individualização dentro da própria Oceanografia, que foi se cristalizando nos anos subsequentes.

Em 1938, ainda era ampla a participação de trabalhos oceanográficos na seção de Oceanografia do Congresso Internacional de Geografia, em Amsterdam, mas o interesse dos próprios geógrafos já vinha se deslocando cada vez mais para questões ligadas às áreas continentais, em resposta às demandas em relação aos novos espaços de colonização e influência na África, Ásia, Oceania e América do Sul.

A participação da Geografia na primeira metade do século 20

Importantes obras, tanto didáticas como de regionalização dos oceanos, foram escritas por geógrafos, com muitos dos livros se tornando obras de referência a ponto de serem ainda encontrados na internet como exemplares de segundo mão ou *fac-símile,* cuja reprodução é justificada por se tratar de obras de referência permanente. Entre estes se destacam o "Manual de Oceanografia" de Otto Krümmel (1911), "O Mar como Fonte de Grandeza dos Povos" de Friedrich Ratzel (1911), "A Geografia do Oceano Atlântico" (1926) e "A Geografia do Oceano Índico e Pacífico" (1935) de Gerhard Schott), "Geopolítica do Oceano Pacífico" de Karl Haushofer (1925), "O Mar e A Economia Mundial de Max Eckert" (1928), "A Alteração do Transporte Marítimo no Oceano Índico desde a Guerra Mundial de Spangenberg" (1930), "Os Oceanos na Política e Formação das Nações de März" (1931), "Os Oceanos e seu significado na Geografia Econômica e dos Transportes de Fels, E." (1932), "A Geografia Geral" de Camille Vallaux (1933), "Os Mares da Terra", de Zubov e Everling (1940), como apêndice do Grande Atlas Mundial Soviético, a "Regionalização Físico-Geográfica do Ártico" de Panov (1949), o artigo "Há Zonas Paisagísticas nos Oceanos?" de Khromov (1950). Dominam, pois, as abordagens regionais, trabalhos sobre a pesca e, também, um trabalho sobre *O "*Homem e a Costa" de Marcel Hérubel (1937), e a incorporação da orla costeira com a navegação como no artigo de Brian Hoyle (2000) sobre a relação porto-cidade. Ou seja, apesar do maior foco de geógrafos sobre os continentes, o tema oceano nunca deixou de fazer parte do interesse e dos estudos da Geografia. Mas, com uma abordagem geralmente própria, muito focada na identificação de regiões, e em aspectos econômicos e geopolíticos dos oceanos, cristalizando desde cedo uma abordagem diferenciada e complementar às disciplinas núcleo da oceanografia.

A participação da Geografia na segunda metade do século 20

Os principais focos das pesquisas geográficos da primeira metade do século tiveram continuidade nas propostas de metodologias de regionalização, nos estudos sobre a pesca, sobre a morfologia costeira e processos de transporte sedimentar na plataforma continental, na formação de depósitos eólicos - dunas costeiras e, já mais no final do período, na ampliação de enfoque com inclusão de manguezais, e atividades econômicas como turismo e economia.

Propostas sobre regionalização são encontrados, por exemplo, em Muromtsev (1951), numa tentativa de regionalização dos oceanos, em Gakkel (1957) ao classificar o talude continental do Ártico como uma zona geográfica, em Bogorov (1960) ao discutir a zonalidade dos oceanos, em Bogdadov (1961) com um mapa de regiões ou zonas fisográficas dos oceanos, em Freeman (1963), sobre a Geografia do Pacífico, em Markov et al. (1975) sobre a Geografia dos oceanos.

A Geomorfologia Costeira e Submarina começa a despontar com o livro de André Guilcher (1954), com Zenkovich (1959) sobre esporões lagunares, com João Dias da Silveira (1964) em morfologia do litoral, Eric Bird (1965) com uma introdução à Geomorfologia Costeira com exemplos da Austrália, A.V. Zenkovich (1967), como editor de livro sobre evolução costeira, Cuchlaine King (1972) com seu livro sobre praias e costas, Xavier da Silva (1973) com sua tese sobre formas e processos do litoral da América do Sul, Jéan René Vanney (1977) sobre a geomorfologia das plataformas continentais, Steven Ireland (1987) com uma reconstituição das lagunas do litoral do Rio de Janeiro e a indicação da idade pleistocênica do cordão litorâneo mais interiorizado, e também o livro de Bill Carter (1988) sobre ambientes costeiros e o manual sobre morfodinâmica de praia e antepraia organizado por Andrew Short (1999).

Nos Estados Unidos a formalização de uma Geografia Marinha no âmbito da *Association of American Geographers* (AAG) ocorreu com o primeiro Encontro de um Comitê de Geografia Marinha (MGC) em São Francisco, seguido, em 1979, pela criação de Grupos de Trabalho ou Speciality Groups. Posteriormente, o Comitê de Geografia Marinha foi dissolvido e transformado no *Marine Speciality Group* que, em 1981, foi rebatizado para *Coastal and Marine Speciality Group* (CoMa). Uma reconstituição da evolução da Geografia Marinha e Costeira nos Estados Unidos é encontrada em Psuty et al. (2004).

No Brasil uma grande quantidade de artigos sobre Geomorfologia Costeira, e em especial, sobre morfodinâmica de praias e dunas, começam a aparecer num fluxo crescente, exponencial, incluindo gradativamente também a extensão submarina da praia, ou seja a antepraia, com inclusão também da plataforma continental interna para a caracterização do recobrimento sedimentar, dos processos de transporte sedimentar e da morfologia da plataforma continental interna. Uma análise mais detalhada dessa evolução é encontrada em Muehe (2003, 2018).

A continuidade da participação de geógrafos nos diversos campos das ciências marinhas, incluindo aí, além do mundo marinho propriamente dito, também os estudos costeiros tanto sob o ponto de vista físico (geografia física e geomorfologia) quanto da Geografia Humana, mostram que a Geografia continuou a ocupar e expandir seu nicho de participação nos estudos marinhos.

A participação de geógrafos em estudos ligados à costa e oceano resultou inicialmente em duas propostas, que refletem a percepção da necessidade de formalizar essas abordagens ancorado num arcabouço metodológico. A primeira surgiu na Alemanha com um artigo de Karlheinz Paffen (1964) sobre Geografia Marinha e sua posição no âmbito da pesquisa oceanográfica. O outro, na antiga União Soviética, com um artigo de Markov (1970) sobre Geografia Marinha e Markov et al. (1975). Neste segundo artigo, Markov et al. (1975) classificam a Geografia Marinha como uma das especialidades da Geografia, que não deve se limitar a uma disciplina de pesquisa, mas ser também uma disciplina de aplicação prática na solução de problemas de desenvolvimento econômico. O objetivo da disciplina é definido, segundo esses autores, como sendo

> *"... a síntese do conhecimento relacionado ao ambiente, à população e economia dos oceanos com o objetivo de melhorar o ambiente físico visando um aumento da produtividade global e assegurar uma organização espacial racional (geográfica) da produção social no âmbito dos oceanos e suas partes*." (Markov et al., 1975)

Com esta formulação, é incorporada a visão de desenvolvimento sustentável, enfatizada mais tarde por Vallega et al. (1998).

O isolamento entre cientistas da antiga *cortina de ferro*, associado às dificuldades linguísticas, fez com que o artigo de Paffen (*l.c*) não tenha sido citado, sendo a recíproca verdadeira em relação a outros trabalhos publicados na União Soviética no âmbito da Geografia Marinha.

Já no final do século 20, início do século 21, num contexto delineado pela entrada em vigor da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito no Mar (UNCLOS) em 1994, e o conceito de

desenvolvimento sustentável da Rio 91, foi apresentado por Alberto Vallega (1998a) e por Vallega et al. (1998b) um arcabouço metodológico com o *título Geography, oceans and coasts toward sustainable development* e, ainda Vallega (1999), sobre mudanças globais e desenvolvimento sustentável. Mais tarde, já no início do segundo milênio, ainda por Vallega (2002), sobre regiões e regionalização dos oceanos. Trata-se de uma proposta detalhada de atuação da Geografia Marinha no âmbito das ciências do mar, indicando o caminho para uma integração entre Geografia Física e Humana, dando assim contornos a uma tendência que começava a se delinear nos estudos de vulnerabilidade e gestão costeira, que teria que se expandir para o oceano, e que se consolidaria ao longo das primeiras décadas do século 21. Adalberto Vallega foi presidente da Comissão de Geografia Marinha da União Geográfica Internacional (IGU) e presidente da mesma entidade no período de 2000 a 2004, tendo falecido antes da conclusão do mandato.

A Geografia Marinha nas duas primeiras décadas do século 21

Graças ao aumento dos meios de publicação e, também, pelo aumento do número de cursos nas ciências físicas e humanas, com consequente aumento de pesquisadores, o número de publicações continuou a aumentar de forma tão rápida que deixou de ser possível acompanhar a quantidade de temas disponíveis, apesar do fácil acesso pela internet. Os diversos especialistas também deixaram de se limitar às suas publicações específicas, tendo acesso a publicações nas mais diversas especialidades, tanto no país de origem quanto no exterior, ampliando assim seus horizontes de abordagem, levando a uma certa homogeneização em termos de concentração sobre tópicos específicos. Assim sendo, o que é pesquisado e publicado no Brasil é também um reflexo dos temas mais abordados no exterior.

No Brasil, um olhar rápido sobre os principais temas de investigação em Geografia Marinha, indica uma consolidação das linhas de pesquisa do século anterior, com uma significativa concentração em temas como vulnerabilidade e gestão costeira, Geomorfologia Costeira, incluindo morfodinâmica de praias e dunas, turismo, relação cidade-porto, morfologia e sedimentação da plataforma continental e pesca. Entre os diversas temas, as abordagens de gestão e vulnerabilidade costeira ganharam mais visibilidade e representam uma consolidação da tendência de integração entre ciências físicas ambientais e ciências humanas ou, no âmbito da Geografia, entre Geografia Física e Geografia Humana.

Assim, apenas para exemplificar por ordem de tema, e longe de ser exaustivo, temos no quesito gestão costeira o artigo de Nelson Gruber et al. (2003) sobre subsídios para a gestão integrada da zona costeira, Miossec (2004) sobre a costa entre a natureza e gestão, Polette e Vieira (2009) sobre avanços e recuos na gestão costeira integrada no Brasil, Egler et al. (2013) sobre governança e desenvolvimento territorial, de Paula e Alveirinho Dias (2016) com um livro sobre ressacas e gestão costeira, Lins-de-Barros (2017) com uma proposta de metodologia de gestão costeira integrada, Telles (2018) sobre planejamento espacial e gestão integrada, e Lins-de-Barros e Mansur (2018) sobre os principais desafios para a gestão costeira da Região dos Lagos (RJ), tendo como conceitos norteadores a vulnerabilidade costeira integrada e os serviços ecossistêmicos da geodiversidade .

Na Geomorfologia Costeira, incluindo as especialidades como morfodinâmica de praia e dunas, caracterização ambiental de mangues, quatro temas que por si só já merecem um tratamento individualizado, as contribuições por parte de geógrafos são inúmeras, refletindo uma tradição bem enraizada na Geografia Física. Alguns exemplos dessas abordagens são representados pelas publicações de Karl F. Nordstrom (2000) sobre praias e dunas em países desenvolvidos, Dieter Muehe (2003) sobre o estado da pesquisa sobre morfodinâmica praial no Brasil, Masselink e Michael G. Hughes (2003), sobre processos costeiros e geomorfologia, Hesp et al. (2005) sobre cristas de praia, dunas frontais e transgressivas, Fernandez et al. (2017) sobre dunas costeiras no

litoral do Rio de Janeiro, Faria (2018) com uma classificação inovadora de costas rochosas aplicada ao litoral do Estado do Rio de Janeiro, e Vale e Novelli (2019) sobre manguezais.

No tema turismo, há contribuição de grande variedade de especialistas não geógrafos, de modo que as citações ficam aqui restritas a geógrafos conhecidos pelo autor, que oferecem um panorama dos tipos de abordagem geográfica. Seguindo a ordem cronológica das publicações, despontam de Paula et al. (2002) sobre o desenvolvimento do turismo de sol e praia em Fortaleza, Marcos Polette e Vianna (2004) com um plano de gestão costeira para o zoneamento do turismo náutico, Jim Butcher (2005), com uma crítica ao turismo de massa, Telles (2013) sobre marinas e planejamento territorial do turismo e, em 2014, o livro pesca artesanal e produção do espaço organizado por Catia Antonia da Silva.

Grande número de publicações trata da vulnerabilidade costeira, incluindo a erosão costeira, esta última com uma linha bem consolidada, desde o primeiro grande levantamento em termos globais, entre 1976 e 1984, pela *Commission on Coastal Environment* da União Geográfica Internacional, capitaneado pelo geógrafo Eric Bird. Muehe (2004), descreve um panorama geral da erosão costeira no Brasil e, em 2010, sobre vulnerabilidade da zona costeira brasileira à mudança do clima. Nicolodi e Petermann (2010) descrevem a vulnerabilidade potencial da zona costeira brasileira sob o aspecto ambiental, social e tecnológico, Lins-de-Barros e Muehe (2013) aplicam o método de representação *smartline de* vulnerabilidade a um segmento do litoral do Rio de Janeiro, e Bonetti et al. (2018), apresentam uma avaliação da suscetibilidade à erosão, a partir de geoindicadores.

Nas relações do porto com a cidade também é difícil identificar trabalhos de geógrafos entre os de outros profissionais, mas temos alguns exemplos como Hoyle (2002) sobre mudanças na relação porto-cidade em países em desenvolvimento, Monié e Vidal (2006) sobre portos e cidades portuárias na era da integração produtiva, Monié (2011) sobre globalização, modernização do sistema portuário e relações cidade/porto no Brasil, e Brian Hoyle (2008) sobre a ação de grupos comunitários, mudanças urbanas e a orla porto-cidade no Canadá.

No tema pesca é ainda mais difícil a identificação de geógrafos já que é elevada a variedade de profissionais que autuam nessa área. Naturalmente os geógrafos tendem a considerar a espacialização dessas atividades, tanta na pesca artesanal quanto industrial, e muitas vezes nos reflexos na organização espacial resultante na zona costeira. Uma caracterização global dos tipos de pescado é encontrada em Dieter Muehe e Danielle Garcez (2005) sobre as características sedimentares da plataforma continental e a relação com a pesca e a zona costeira, e uma relação entre as áreas de pesca artesanal e a localização das diferentes comunidades em diferentes ambientes geomorfológicos costeiros é encontrado na tese de doutorado de Danielle S. Garcez (2007). Oliveira et al. (2016) descrevem as atividades de pesca artesanal numa comunidade em conflito com atividades industriais em uma reserva de proteção ambiental marinha, e Joelson Musiello-Fernandes et al. (2018) analisam os conflitos entre a pesca artesanal e a especulação imobiliária.

E daqui para a frente? Quais sãos desafios e as oportunidades?

As discussões sobre regionalização parecem ter fechado um ciclo com o artigo de Adalberto Vallega (2002) sobre regiões oceânicas e regionalização. Mas ainda carecem de maior aplicação prática para fins de gestão. Não é um objetivo fácil considerando a falta de informações, como bem assinala o artigo de Tiago Gandra et al. (2018) ao indagar onde se encontram os dados para o gerenciamento espacial marinho.

Os delineamentos sobre o papel das atividades de geógrafos na pesquisa oceanográfica também parecem estar se encaminhando para uma finalização com os artigos de Psuty et al. (2004), sobre *Coastal and Marine Geography*, nos Estados Unidos, e no Brasil, com o artigo de Lins-de-Barros e

Muehe (2009), sobre a tradição da Geografia nos estudos costeiros, e Muehe (2006) a favor de uma Geografia Marinha (2016) e, em 2018, sobre a Geomorfologia Costeira e seu desdobramento para a Geografia Marinha. Em termos mais práticos, Philip E. Steinberg (1999), no artigo de abertura da Seção *Geography of ocean-space* da revista *Professional Geographer*, ao discorrer sobre as diversas atividades de geógrafos nos estudos marinhos, representa um estimulante guia para as opções que se abrem para os geógrafos marinhos.

Uma vez consolidada a atuação de geógrafos nos diversos temas relacionados à zona costeira, é preciso ampliar a expansão das atividades para o oceano através de participação em cruzeiros oceanográficos. Muitos estudantes de geografia o fazem ao participar de programas de pós-graduação, principalmente em Geologia Marinha, e outras especialidades da Oceanografia, quando ganham importante experiência prática e teórica. É curioso que, por exemplo, na Nova Zelândia, apesar de não ter cursos de graduação em Geografia Marinha, todos os programas de Ciências Marinhas, nas mais diversas Universidades e nos mais diversos cursos, tanto de orientação física quanto biológica, aceitam explicitamente candidatos geógrafos. Significa que há um reconhecimento da adequação da formação básica de um geógrafo para ser aceito numa ampla gama de especialidades.

Se de um lado a experiência prática em levantamentos a bordo de navios é importante, as técnicas de sensoriamento e o emprego de sistemas de informação geográfica, ferramentas bem conhecidas pela maioria dos geógrafos, abrem uma oportunidade para estender a pesquisa geográfica ao espaço oceânico, como por exemplo nos estudos de conservação e gestão de ecossistemas costeiros e marinhos. A interpretação de levantamentos batimétricos para a identificação de feições geomorfológicas é uma ferramenta poderosa para identificação de habitat marinhos, tendo com resultado a geração de mapas de paisagens marinhas. A associação da ecobatimetria com outras técnicas de mapeamento da morfologia do fundo marinho, como o sonar de varredura ou de multifeixe, aumenta o detalhamento das feições morfológicas que por si representam um importante elemento de caracterização do ecossistema. Uma dimensão adicional pode ser incluída por meio da interpretação de sistemas acústicos outros que a batimetria, e que permitem uma interpretação da distribuição de organismos na coluna d'água e a estimativa da ocorrência de peixes e sua classificação por tamanho. Dados de temperatura e salinidade, ao longo da coluna d'água, podem ser obtidos por medição em várias profundidades. O mapeamento da distribuição sedimentar pode ser feito a partir de amostragens e análise laboratorial ou, após obter um padrão do comportamento acústico do fundo, a partir da intensidade do retorno do sinal de acordo com a impedância da composição do fundo. Os dados obtidos podem ser representados espacialmente empregando sistemas de informação geográfica.

Para isso, entretanto, é preciso ter acesso aos dados, geralmente de aquisição extremamente cara, tanto em termos de equipamento quanto do próprio navio. É fundamental, nesse sentido, trabalhar junto com oceanógrafos físicos, biológicos e geólogos marinhos, engenheiros etc. e, usando suas próprias ferramentas na busca pela identificação de padrões, relacioná-los a processos, mostrar novas maneiras de interpretar os dados, tornando-se assim parte de uma equipe na busca de soluções, ou de representação de um problema comum.

Para a Geografia Humana os oceanos desempenham papel importante, não só na Geografia Política e Cultural, mas também na Geografia Econômica. Segundo Steinberg (1999), à medida que aumenta o comércio transoceânico aumenta o papel dos oceanos na economia mundial, de forma que portos e fluxos de transporte têm sido objeto de investigação de geógrafos, assim com o a relação entre turismo náutico e mudanças ambientais. Mais ainda, muitas das pesquisas na interface homem-meio ambiente analisam os impactos da intervenção do homem sobre a pesca ou o efeito da construção de portos sobre o turismo e sobre a organização da cidade, assim como a atratividade da orla costeira e o turismo na transformação do espaço e no desenvolvimento.

Há muito a aprender e contribuir na delimitação e gestão dos espaços marinhos, na identificação de regiões oceânicas, no estabelecimento de critérios na localização e delimitação de reservas marinhas, e no uso racional dos espaços costeiros e oceânicos.

O espaço existe, é imenso, e precisa ser ocupado.

Referências bibliográficas

BIRD E.C.F. **Coastal Landforms - An Introduction to Coastal Geomorphology with Australian Examples**. The Australian National University, 1965.

BOGDADOV, D.V. A map of physical zones in the ocean. **Okeanologya**, n1. 1961.

BOGOROV, V.G. The problem of zonaliy in the world ocean. **Sovietskaya geografiya systems of**, Moscow, 1960. [Traduzido na **Soviet Geography**, NY. American Geographical Society, 1962.]

BONETTI, J.; RUDORFF, F. M.; CAMPOS, A. V.; SERAFIM, M. B. Geoindicator-based assessment of Santa Catarina (Brazil) sandy beaches susceptibility to erosion. **Ocean & Coastal Management**, v. 156, p. 198-208, 2018.

BUTCHER, J. **The Moralisation of Tourism: Sun, Sand... and Saving the World** (Contemporary Geographies of Leisure, Tourism and Mobility). Routledge, 2005, 176p.

CARTER, R.W.G. **Coastal Environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines**. Academic Press, 1988, 617p.

COUSTEAU, J.-Y.; DUMAS, F. **The silent world**. Harper & Brothers. 1954**.**

DEFANT, A. **Dynamische Ozeanographie**. *In*: *Einführung in die Geophysik*. v.3, J. Springer, Berlin, 1929.

ECKERT, M. **Meer und Weltwirtschaft**. 1928.

EGLER, C. A. G.; GUSMÃO, P. P.; SANTOS, B. B. M. Governança e desenvolvimento territorial: uma visão a partir da zona costeira do sudeste brasileiro. In: Encontros Nacionais da ANPUR, 2013. **Anais**... v. 15, p. 1-18, 2013.

FARIA, A.P. Dinâmica geomorfológica da costa rochosa do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.19, n.1, 2018.

FELS, E. **Das Weltmeer in seiner wirtschafts und verkehrsgeographischen Bedeutung**. 1932.

FERNANDEZ, G. B.; PEREIRA, T. G.; ROCHA, T. P.; MALUF, V.; MOULTON, M.; OLIVEIRA FILHO, S. R. Classificação morfológica das dunas costeiras entre o Cabo Frio e o Cabo Búzios, litoral do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 3, p. 595-622, 2017.

FREEMAN, O.W. **Geography of the Pacific**. John Wiley, 1963.

GANDRA, T.B..R; BONETTI, J.; SCHERER, M.E.G. Onde estão os dados para o Planejamento Espacial Marinho (PEM)? Análise de repositórios de dados marinhos e das lacunas de dados geoespaciais para a geração de descritores para o PEM no Sul do Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.44, Edição especial: X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro, p.405-421, 2018.

GARCEZ, D.S. **Caracterização da pesca artesanal autônoma em distintos compartimentos fisiográficos e suas áreas de influência, no Estado do Rio d Janeiro**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007, 125p.

GAKKEL, Ya.Ya. The continental slope as a geographical zone in the Artic Ocean. **Izv. VGO**, n.6, 1957.

GRUBER, N.L.S; BARBOZA, E.; NICOLODI, J.L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para gestão integrada da zona costeira. **Gravel,** Porto Alegre - COMAR, v. 1. 2003.

GUILCHER, A. **Morphologie littorale et sous-marine**. Introduction aux études de Géographie. Presses Universitaires de France. 1954.

HAUSHOFER, K. **Geopolitik des Pazifischen Ozeans**. 1925.

HERUBEL, M. **L'homme et la côte**. Librairie Gallimard. 1937.

HESP, P. A.; DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G.; TOMAZELLI, L. J.; AYUP-ZOUAIN, R. N.; ESTEVES, L. S. ; GRUBER, N. L. S.; TOLDO Jr., E. E.; TABAJARA, L. L. C. A.; CLEROT, L. C. P. Beach ridges, foredunes or transgressive dune fields? definitions and an examination of the Torres to Tramandai barrier system, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências,** Rio de Janeiro - RJ, v. 77, n. 3, 2005, p. 493-508

HOYLE, B. Global and local change on the port-city waterfront**.** ***The Geographical Review*** *v.*90 n.3, p.395-417. 2000.

HOYLE, B. Port-city renewal in developing countries. The waterfront at Dar Es Salaam, Tanzania. **Erdkunde**, v. 56, n. 2 p.114-129, 2002.

HOYLE, B. Confrontation, consultation, cooperation? Community groups and urban change in Canadian port-city waterfronts**. Canadian Geographer / Le Géographe Canadien**, v.44 n.3 p.228 – 243, Jun 2008.

IRELAND, S. The Holocene history of the coastal lagoons of Rio de Janeiro State, Brazil. In: Tooley, M.J.; SHENNAN, I. (ed.) **Sea level changes**. The Institute of British Geographers Special Publication Series 20, p. 25-66, 1987..

JOHNSTONE, J. **An introduction to oceanography, with special reference to geography and geophysics**, 1923. Liverpool, The University press of Liverpool; London, Hodder and Stoughton 1923. Republicado em 2015 em *facsimile* pela editora Ulan Press, 372 p.

KING, C.A.M. **Oceanography for geographers**. Edward Arnold (Publ.). 1962.

KING, A.M. **Beaches and Coasts**. Hodder & Stoughton Educational; 2nd ed. 1972. 580 p.

KRÜMMEL, O. **Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume**. Duncker & Humboldt (Publ.), Leipzig, 1879, 110p

KRÜMMEL, O. **Der Ozean: eine Einführung in die Allgemeine Meereskunde**. 1902, 242 p.

KRÜMMEL, O. Die Bewegungsformen des Meeres *in*: **Handbuch der Ozeanographie**, v.II. Bibliothek Geographischer Handbücher. Stuttgart, 1907. Segunda edição 1911.

LINS-DE-BARROS, F. M. Integrated coastal vulnerability assessment: a methodology for coastal cities management integrating socioeconomic, physical and environmental dimensions - ca-se study of Região dos Lagos, Rio de Janeiro, Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 149, p. 1-11, 2017.

LINS-de-BARROS, F.M.; MANSUR, K.L. Desafios da gestão costeira integrada da Região dos Lagos (RJ): uma análise baseada na vulnerabilidade costeira e nos serviços ecossistêmicos da geodiversidade**. Revista Brasileira de Geografia,** v.63, n.1, p.73-97, 2018.

LINS-DE-BARROS, F.M.; MUEHE, D. A tradição da Geografia nos estudos costeiros. **Mercator** (UFC), v. 8, p. 77-102, 2009.

LINS-de-BARROS, F.M.; MUEHE, D. The smartline approach to coastal vulnerability and social risk assessment applied to a segment of the east coast of Rio de Janeiro State, Brazil. **Journal of Coastal Conservation**, v. 17, p. 211-223, 2013.

MARKOV, K.K. **Marine geography**. Papers of the Fifth Congress of the Geographical Society, USSR, Leningrad, p. 3-7,1970. [Soviet Geography, v.12, n. 6, p.346-350, Junho 1971].

MARKOV, K.K., TRESHNIKOV, A.F.; SHEVEDE, Ye. Ye. The geography of oceans and its basic problems. 1975 [Tradução: **Soviet Geography: Review and translation**. American Geographical Society. Nov. 1976].

MÄRZ, J. **Die Ozeane in der Politik und Staatenbildung**. 1931.

MASSELINK, G.; HUGHES, M. (2003). **Introduction to coastal processes and geomorphology.** Arnold. 2003, 354p.

MIOSSEC, A. **Les littoraux entre nature et aménagement**. Paris, Armand Colin, 3a Ed. 2004. 192p.

MONIÉ, F.; VIDAL S. M. S. C. Cidades, portos e cidades portuárias na era da integração produtiva. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 6, p. 975-995, 2006.

MONIÉ, F. Globalização, modernização do sistema portuário e relações cidade/porto no Brasil. In: SILVEIRA, Márcio Rogério (org.): **Geografia dos transportes, circulação e logística no Brasil**. São Paulo: Outras Expressões, Col. Geografia em movimento, 2011. p.299-330.

MOREIRA DA SILVA, P.C. **Oceanografia Física**. Fundação de Estudos do Mar. Rio de Janeiro, 259p. 1972.

MUEHE, D. A Geomorfologia costeira e seu desdobramento para a Geografia Costeira e Marinha. **Revista Brasileira de Geografia**, (IBGE) v.63, p.29-59, 2018.

MUEHE, D. Beach morphodynamic research in Brazil. Evolution and applicability. **Journal of Coastal Research**, SI 35, p.32-42, 2003.

MUEHE, D. Erosion in the Brazilian Coastal Zone: An Overview. **Journal of Coastal Research**. SI 39, 2004

MUEHE, D. Brazilian coastal vulnerability to climate change. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences** ,v.5 n.2, p173-183, 2010.

MUEHE, D. Geografia Marinha - A retomada do espaço perdido. **Revista da ANPEGE**, v.12, p.185-210, 2016.

MUEHE D. A Geomorfologia costeira e seu desdobramento para a geografia costeira e marinha. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.63, n.1, p.29-59, 2018

MUEHE, D.; GARCEZ, D.S. A plataforma continental brasileira e sua relação com a zona costeira e a pesca. **Mercator**, v.4, n.8, p.69-88, 2005.

MUROMSEV, A.M. An attempt at regionalization of the world ocean. **Tr. GOIN**, n.10. 1951.

MUSIELLO-FERNANDES, J.; VIEIRA, F.V.; FLORES, R.M.; CABRAL, L.; ZAPPES, C.A. Pesca artesanal e as interferências sobre a atividade na mesorregião central do Espírito Santo. **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão** v. 40, n.1, p.1-21. 2018.

NICOLODI, J. L.; PETERMANN, R. M. Potential vulnerability of the Brazilian coastal zone in its environmental, social, and technological aspects. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 2, p. 184-204, 2010.

NORDSTROM, K.F. Beaches and dunes nof developed countries. Cambridge University Press, 2000, 338p.

OLIVEIRA, P.C.; DI BENEDITTO, A.P. M.; BULHÕES, E.M.R.; ZAPPES, C.A. Artisanal fishery versus port activity in southern Brazil. **Ocean & Coastal Management**, n.129, p. 49-57, 2016.

PAFFEN, K. Maritime Geographie. Die Stellung der Geographie des Meeres und ihre Aufgaben im Rahmen der Meeresforschung. **Erdkunde**, v. XVIII p. 40-62. 1964.

PANNOV, D.G. **Physical-geographic regionalization of the Artic**. Uch. Zap. LGU, ser Geogr. n.124. 1949.

PAULA, D.P.; Davis Pereira; MORAIS, J.O.; DIAS, J.M.A.; FERREIRA, Ó. A importância da Praia do Futuro para o desenvolvimento do turismo de sol e praia em Fortaleza, Ceará, Brasil. **Brazilian Geographical Journal**, v. 3, n. 2, p. 299-316, 2012.

PAULA, D.P.; DIAS, A. Ressacas do mar/temporais e gestão costeira. Premius editora. Fortaleza, 2015. 448p.

POLETTE, M.; VIANNA, L.F. An integrated coastal zone management plan for zoning marine touristic area. **Journal of Coastal Research**, v. 39, p. 1000-1002, 2004.

POLETTE, M.; VIEIRA, P.F. The Strides and Gaps in Brazilian In 448p.tegrated Coastal Zone Management: An undercover evaluation of the scientific community's perceptions and actions. **Ocean Yearbook**, v. 23, p. 670-685, 2009.

PSUTY, N.P.; Steinberg, P.E.; Wright, D.J. Coastal and marine Geography. In: Gary L. Gaile, e Cort J. Willmott (ed.) **Geography in America at the dawn of the 21st century**. Oxford University Press, p. 314-325. 2004.

SCHOTT, G. **Geographie des Atlantischen Ozeans.** 1926 segunda edição.

SCHOTT, G. **Geographie des Indischen und Stillen Ozeans**. 1935.

SHEPARD, F.P. **The earth beneath the sea**. 1967.

SHORT, A.D. (Ed.). **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Wiley, 1999. 392 p.

SILVA, C.A. **Pesca artesanal e produção do espaço. Desafios para a reflexão geográfica**. Consequência Editora. 173p.

SILVEIRA, J.D. Morfologia do litoral. In: Azevedo, A. **Brasil a terra e o homem**. **As bases físicas.** São Paulo, Companhia Editora Nacional , v.1. p. 253-305, 1964.

SPANGENBERG, H. **Die Veränderung des Seeverkehrs im Indischen Ozean seit dem Weltkrieg**. 1930.

STEINBERG, P.E. Navigating to multiple horizons: Toward a Geography of Ocean-Space. **Professional Geographer**, v.51, n.3, p.366-375, 1999.

TELLES, D.H.Q. Abordagem territorial para a Geografia Marinha: reflexões a partir do planejamento espacial e a gestão integrada. **Desenvolvimento Meio Ambiente**, v. 49, p. 336-354, dezembro 2018

TELLES, D. H. Q. Marinas e náutica no litoral brasileiro: aportes metodológicos introdutórios para a pesquisa e o planejamento territorial do turismo. **El Periplo Sustentable**, v. 25, p. 103-134, 2013.

UNCLOS - **United Nation Convention on the Law of the Sea** with Index and excerpts from the final Act of the Third United Nation Conference on the Law of the Sea. Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea. United Nations, New York, 1997.

VALE, C.; NOVELLI, Y.S. **Atlas de manguezais do Brasil.** Brasília, ICMbio, 2019, v.1, 176p.

VALLAUX, C. **Géographie Générale de mers**. Librairie Félix Algan. 1933.

VALLEGA, A. Agenda 21 of Ocean Geography. In: VALLEGA, A.; AUGUSTINUS, P.G.E.F.; SMITH, H. D. (Ed.). **Geography, oceans and coasts toward sustainable development**. Fanco Agnelli, 1998b. 150 p.

VALLEGA, A. Ocean geography vis-à-vis global change and sustainable development. **Professional Geographer**, v.5, n.3, p.400-414, 1999.

VALLEGA, A. The regional approach to the ocean, the ocean regions, and ocean regionalization - a post-modern dilemma. **Ocean & Coastal Management**. Elsevier Science Ltd. 45 p. 721-760, 2002.

VALLEGA, A.; AUGUSTINUS, P.G.E.F.; SMITH, H. D. (Ed.). **Geography, oceans and coasts toward sustainable development**. Fanco Agnelli, 1998a. 150 p.

VANNEY, J.-R. **Géomorphologie des plates-formes continentales**. Doin Éditeurs, 1977. 300 p.

XAVIER da SILVA, J. **Processes and landforms in the South American coast**. Tese (PhD). Louisiana State University, 1973. 103p.

ZENKOVICH, V.P. On the genesis of cuspate spits along lagoons. **Journal of Geology**, v.76, p. 169-177. 1959.

ZENKOVICH, V.P. **Processes of coastal development**. Oliver & Boyd. 1967.

ZUBOV, N.N.; EVERLING, A.V. **Morya zemnogo shara**. Prilozhenique k BSAM. [Os mares da Terra. Apêndice ao grande atlas soviético da Terra] Mocow, 1940.

Dieter Muehe é geógrafo, Doutor em Ciências da Natureza pela Universidade de Kiel, Alemanha e Professor Titular aposentado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Participa atualmente do projeto de monitoramento do impacto dos rejeitos de minério na zona costeira sob influência do Rio Doce, ES, (RENOVA), junto ao Programa de Pós Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail dieter.muehe@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/6017845242163890.

DINÂMICA E PROCESSOS DOS AMBIENTES COSTEIROS E MARINHOS

Capítulo 2

O sistema praial: formas, termos, processos e medição

Dieter Muehe

Introdução

Praias arenosas, tanto pela sua atração como espaço de lazer e esporte quanto pela proteção que exercem através da resiliência, absorvendo os impactos de eventos extremos, representam um sistema costeiro de alta relevância nos estudos de vulnerabilidade. Sua distribuição ao longo dos continentes é desigual, como indica estudo de Luijendijk et al. (2018) a partir da identificação por aprendizado computacional mecanizado, empregando *Google Earth Engine*. Ocorrem, com maior frequência, nas latitudes de altas pressões, portanto menos úmidas, o que dá ao Brasil uma posição diferenciada, quando comparado com a América do Sul, como um todo, com apenas 27% de sua linha de costa formada por praias arenosas.

Tendo em vista o conjunto de problemas de gestão da orla, a manutenção da capacidade de resiliência dos sistema duna frontal-praia-antepraia, e a consequente necessidade de profissionais com conhecimento dos processos físicos que caracterizam este espaço, é apresentado, neste capítulo, uma caracterização geral dos processos morfossedimentares, sua configuração morfológica, dinâmica e mensuração.

▪ COMO CITAR:
MUEHE, D. O sistema praial: formas, termos, processos e medição. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 27-55. ISBN 978-65-992571-0-0

A terminologia

Grande parte das denominações das feições geomorfológicas costeiras tem sua origem em países de língua inglesa e, em menor grau, em francês. Aos poucos, vem se cristalizando uma terminologia brasileira incorreta, porém em alguns poucos casos, como na tradução de *back shore* por póspraia (Muehe, 2019), gerando confusão entre a praia propriamente dita e a porção à retaguarda da mesma, ou seja, a retropraia. Ou ainda, a tradução de *bar* por barra – amplamente empregada –, quando o termo certo é banco, consistindo a barra no conjunto de feições submarinas na desembocadura de um rio.

O perfil típico de uma praia termina na base de uma duna frontal, numa escarpa erosiva ou num limite morfologicamente não evidente, mas caracterizado por um recobrimento vegetal mais ou menos permanente. A partir desses limites termina a praia e se inicia a retropraia que engloba as dunas frontais ou a barreira arenosa (*barrier beach*), também denominada de cordão litorâneo, pontal (*spit*) no caso de uma barreira com uma das extremidades livres, ou ainda parte de um terraço costeiro que pode ser de deposição marinha ou erosivo. Não há um limite definido para a retropraia, mas se limita a uma área relativamente próxima à praia. A Figura 1 mostra um campo de dunas frontais à frente de um terraço marinho, exemplificando feições da retropraia.



Figura 2.1. Dunas frontais defronte à retropraia com muro de contenção. Novo Altata, Sinaloa, México.
Fonte: foto do autor

A praia é formada por uma ou mais superfícies horizontais a sub-horizontais, denominadas de berma, podendo apresentar uma ou mais bermas vegetadas denominadas de bermas de tempestade (Figura 2.2). A praia emersa termina numa rampa de espraiamento-refluxo da onda, denominada de face praial.



Figura 2.2. Praia com berma de tempestade, e escarpa consistindo em barreira arenosa, formando o limite da praia com a retropraia. Praia de Jaconé - RJ.

Fonte: foto do autor

Adentrando o mar, o edifício arenoso que constitui a parte submersa do prisma praial, denominado de antepraia, se subdivide em dois subcompartimentos: a antepraia superior e a antepraia inferior, podendo a zona de surfe e arrebentação ser considerada como parte da antepraia superior ou como compartimento independente.

A zona de arrebentação e surfe se inicia com o aumento da esbeltez da onda em função da redução da profundidade, tornando-a instável e levando à ruptura, quando se desloca em direção à praia, perdendo energia pela fricção com o fundo até se espraiar na rampa que constitui a face praial para, a seguir, refluir em direção à próxima onda incidente. Nesse processo podem se desenvolver bancos simples e múltiplos, podendo levar a mais de uma zona de arrebentação, definindo a morfologia e o estágio morfodinâmico da praia (Figura 2.3).



Figura 2.3. Exemplo de praia dissipativa com múltiplos bancos/zonas de arrebentação. Em Santa Catarina.
Fonte: foto do autor

No outro extremo morfodinâmico praticamente não se estabelece uma zona de surfe ocorrendo na arrebentação muito próximo da base da face da praia. É o caso de praias de areia grossa a muito grossa, ou mesmo de cascalho (Figura 2.4).



Figura 2.4. Exemplo de praia refletiva. Ausência de zona de surfe. Praia de Camburi, Vitória, ES.
Fonte: foto do autor

A partir da zona de arrebentação, a profundidade ao longo de um perfil vai aumentando em incrementos decrescentes, à medida que diminui a capacidade de mobilização dos sedimentos de fundo pelas ondas. Ao superpor uma série de perfis batimétricos, verifica-se que, a partir de uma dada profundidade, a variabilidade vertical do fundo se torna muito pequena, devido a uma significativa redução do transporte de sedimentos de fundo. Essa profundidade é chamada de profundidade de fechamento (*depth of closure*), e é considerada como sendo o limite entre a antepraia superior e inferior (Figura 2.5). Até essa profundidade, devido à ação das ondas na mobilização dos sedimentos, há uma tendência de melhor selecionamento dos sedimentos e um espaçamento mais regular e menos conturbado das linhas isobatimétricas. Dali em diante, o perfil submarino, formando a antepraia inferior, passa a se tornar mais retilíneo, até se juntar com a plataforma continental interna, em profundidades da ordem de 20 a 30 m.

A profundidade de fechamento tende a se situar entre 5 e 15 m, podendo ser definida, além das características batimétricas, de selecionamento sedimentar, e do ponto de inflexão do perfil batimétrico entre a antepraia superior e inferior, pela relação empírica de Hallermeier (1981):

$D_f = 2H_s+11\sigma$

onde D_f é a profundidade de fechamento, H_s a altura média significativa anual das ondas e correspondente desvio padrão (σ).

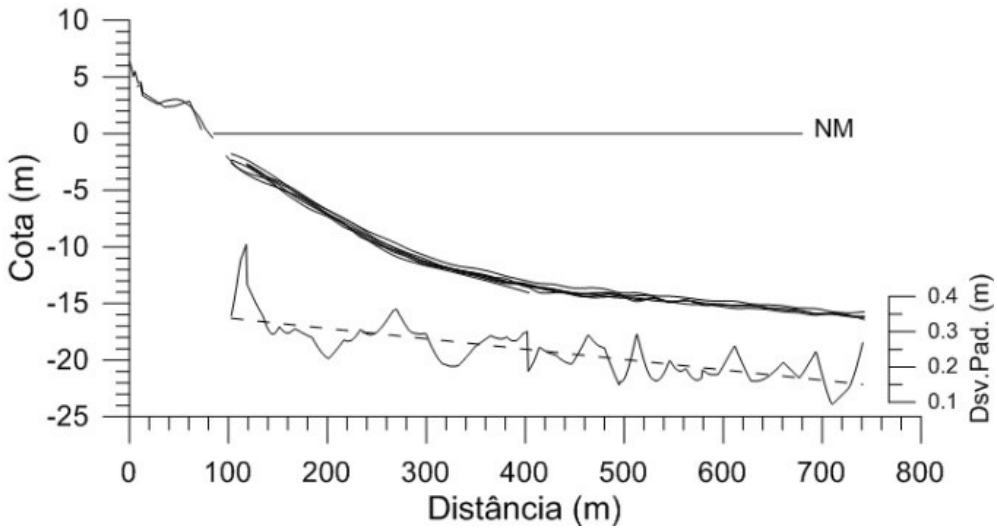


Figura 2.5. Exemplo de superposição de perfis batimétricos da antepraia, mostrando o ponto de inflexão de um conjunto de perfis, em torno de -12 m, limite entre a antepraia superior e inferior. O desvio padrão indica o aumento da variabilidade batimétrica ao longo do perfil.

Fonte: Beligotti & Muehe (2012)

A Figura 2.6. representa as principais denominações das feições geomorfológicas emersas e submersas do sistema praial.

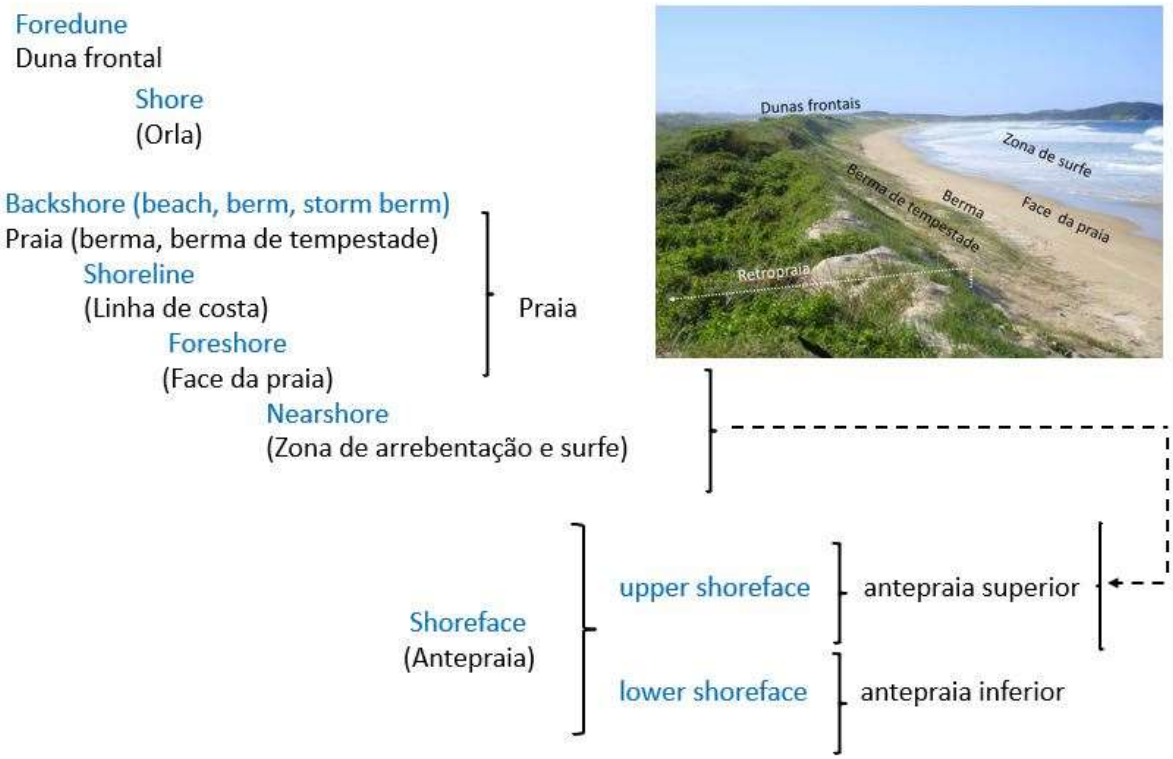


Figura 2.6. Terminologia do sistema praial em inglês e termos correspondentes em português.
Fonte: Muehe (2019)

Processos costeiros: principais variáveis

Nesse ponto é preciso deixar claro que este capítulo não é para especialistas, mas objetiva apenas ressaltar as informações mais significativas e práticas para a compreensão dos processos responsáveis pelo transporte de sedimentos e, consequentemente, pela modelagem das feições morfológicas, sejam erosivas ou deposicionais. Informações mais completas podem ser encontradas numa grande variedade de livros, teses e artigos. Alguns se tornaram clássicos como, por exemplo, Komar (1978), Muehe (1995, 1996), Short (1999), Bird (2008), Dean e Dalrymple (2002), Masselink e Hughes (2003), entre outros.

Uma relação simples, que engloba as principais variáveis indutoras dos processos costeiros, foi apresentada por Swift (1976), e condiciona a mudança de posição da linha de costa às seguintes variáveis:

$$\Delta l \approx \frac{Q_s \cdot G}{E} - \frac{\beta}{\Delta M}$$

Ou seja, o recuo ou avanço da linha de costa é proporcional ao volume de sedimentos ($Q_{s)}$ que entra ou sai do sistema, do diâmetro granulométrico dos sedimentos (G), da energia da onda (E), da declividade do fundo marinho (β) e da variação do nível do mar (ΔM). Por exemplo, aporte de areias de granulometria grossa tendem a favorecer o volume do estoque de areia da praia, enquanto o aumento de energia da onda (aumento de altura, por exemplo numa tempestade) tende a reduzir. Já a relação entre a declividade da antepraia e a amplitude da variação do nível do mar atuam no sentido de amplificar ou reverter esse efeito. Numa escala de tempo de horas ou dias a declividade e variação do nível do mar podem ser substituídos pela declividade da face praial e da amplitude da maré.

Sedimentos – características e descrição

Tratando-se de praias tropicais, o sedimento mais comumente encontrado é a areia. Sua origem tem sido durante muito tempo atribuída ao aporte fluvial e à erosão de falésias. O que é correto, como origem primária. No entanto grande parte das praias e depósitos arenosos costeiros tem sua origem na plataforma continental, resultado do retrabalhamento de areias de origem continental durante a última transgressão marinha ou da fragmentação de detritos carbonáticos, outra característica das praias intertropicais. No caso dos grãos de areia quartzosos, os mesmos perderam suas características morfoscópicas de arestas agudas para se apresentarem de forma mais trabalhada com arestas suavizadas e de aspecto brilhante. Grande parte das praias do Rio de Janeiro, entre a restinga da Marambaia e as barreiras da Massambaba, em direção ao município de Cabo Frio, apresentam grãos trabalhados brilhantes numa proporção que chega perto dos 100%, resultado de centenas a milhares de anos de retrabalhamento pelas ondas sem aporte de areias continentais, retidos nas lagunas à retaguarda das barreiras arenosas. É um caso extremo. Foi o geógrafo Jean Tricart que, pela primeira vez, relacionou a origem de muitos dos depósitos costeiros às areias agora marinhas (Tricart, 1960).

A descrição das características de um depósito arenoso inclui a composição mineralógica e a granulometria e ainda a estratificação. Minerais pesados (densidade maior que o bromofórmio, usado para separar entre minerais leves e pesados) apresentam geralmente concentrações muito baixas, que pouco alteram o resultado da análise granulométrica, mas podem ser usados como traçadores de direção de transporte. As medições de direção e inclinação de camadas sedimentares podem servir para inferir direções de transporte e, indiretamente, direções do vento ou de fluxos de água. Mas, é a distribuição granulométrica a medição mais empregada na caracterização dos sedimentos praiais em termos de origem dos sedimentos, do ambiente posicional, do estado morfodinâmico da praia, e na avaliação das características de areias compatíveis para recuperação.

Uma importante modificação na representação dos diâmetros granulométricos de uma distribuição foi a introdução do parâmetro Φ (Fi) por Krumbein (1934), que consiste em transformar o diâmetro granulométrico, expresso em milímetro, num logaritmo negativo de base 2 desse diâmetro:

$\Phi = -\log_2 mm$

$\Phi = \log(mm^{-1}) / \log(2)$

$mm = 1/2^{\Phi}$

Isso transforma uma progressão geométrica (escala em milímetros) numa progressão aritmética (escala Φ) e facilita a extração de valores da curva granulométrica para os cálculos dos parâmetros de distribuição estatística de uma amostra, como será visto mais adiante.

Assim, a classificação textural de Wentworth (1922), toma os seguintes limites (tabela 2.1):

Tabela 2.1 – Limites da classificação textural de Wentworth (1922)

Classificação	Φ (Fi)	milímetro (mm)
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,0625
Silte	4 a 8	0,0625 a 0,0039
Argila	> 8	< 0,0039

Fonte: compilado pelo autor a partir de Wentworth (1922)

Folk e Ward (1957) e Folk (1968), aplicando a escala Φ, calcularam a partir de um gráfico de probabilidade aritmética (Figura 7) os principais parâmetros de caracterização de uma distribuição granulométrica a partir dos percentis de 5; 16; 25; 50; 75; 84 e 95, obtidos diretamente da curva granulométrica, quais sejam, a mediana (Md), a média gráfica (Mz), o desvio padrão gráfico (σ_I) a assimetria gráfica (Sk_I) e a curtose gráfica (KG) através da curva granulométrica cumulativa.

$$Md = \Phi_{50}$$

$$Mz = \frac{\Phi_{75} + \Phi_{50} + \Phi_{25}}{3}$$

$$\sigma_I = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6,6}$$

$$Sk_I = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$$

$$K_G = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2,44(\Phi_{75} - \Phi_{25})}$$

O método e os resultados obtidos na caracterização de depósitos sedimentares tiveram ampla aceitação na geologia e geografia física nos países de língua inglesa e, também, no Brasil, tornando-se um padrão na caracterização granulométrica de sedimentos.

A análise em si é tradicionalmente feita por meio de um conjunto de peneiras de malha decrescente, sendo os pesos retidos em cada peneira expressos em percentagem do peso total e plotados num gráfico de probabilidade aritmética (Suguio, 1973; Muehe, 1996). Com a disponibilização de programas de computador, essa plotagem e o subsequente cálculo dos parâmetros de distribuição granulométrica substituem a plotagem manual e os cálculos tediosos antes necessários. O peneiramento pode também ser substituído por um contador de partículas ou tubo de sedimentação, mas seu emprego é ainda limitado, principalmente na análise da fração areia.

Na Figura 2.7 é exemplificado um gráfico de probabilidade aritmética com uma curva de distribuição normal, representado por uma reta, cuja inclinação é função do grau de seleção da amostra, e outra curva, em vermelho, representa uma amostra com assimetria positiva. Observa-se como os 5% iniciais e finais da curva são esticados, o que aumenta a resolução na obtenção dos parâmetros.

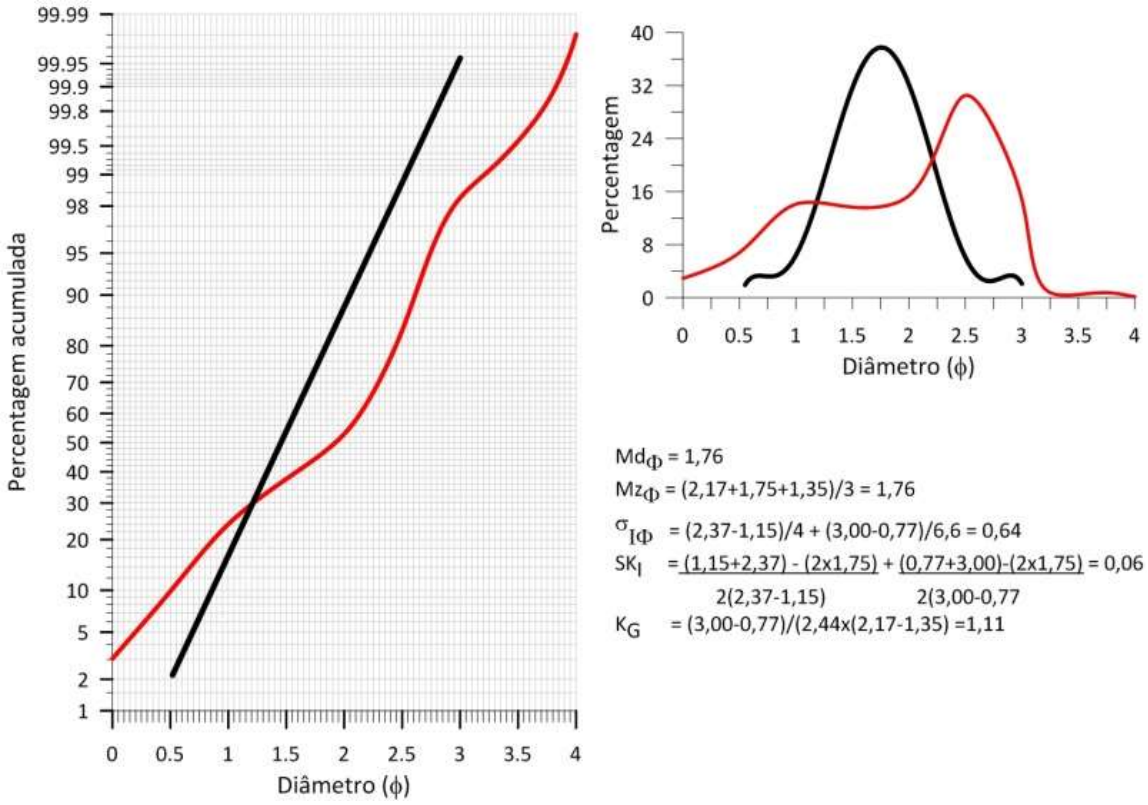


Figura 2.7. Exemplo de duas curvas granulométricas em gráfico de probabilidade aritmética, com exemplificação do resultado da aplicação das equações de Folk e Ward (1957) para a curva em preto.
Fonte: o autor.

A amostra representada em preto apresenta distribuição normal, isto é, cada lado da moda, que é o valor de maior frequência, apresenta a mesma configuração. Nesse caso a moda, a média e a mediana apresentam o mesmo valor, no caso, de 1,76 Φ. Na amostra em vermelho, de distribuição assimétrica positiva, isto é, em direção às frações finas, a mediana e a média vão se afastando da moda, com a mediana assumindo uma posição intermediária entre a moda e a média. A média é, pois, mais afetada pela cauda da curva, seja para o lado positivo, cauda de sedimentos mais finos, seja pelo lado negativo, cauda de sedimentos mais grossos. Por ser mais sensível que a mediana, a média é mais adequada para refletir diferenças entre amostras e, portanto, na inferência de ambientes deposicionais. Já a mediana reflete a maior frequência de ocorrência de uma classe granulométrica, sendo assim um parâmetro mais robusto na caracterização de uma amostra. Uma comparação dos resultados das amostras é apresentada abaixo, com a amostra de distribuição normal em preto e de distribuição assimétrica em vermelho (tabela 2.2).

Tabela 2.2: Comparação dos resultados das amostras granulométricas

Classificação	Valor	Parâmetro	Valor	Classificação
Areia fina	1,76	M_o	2,54	Areia média
Areia fina	1,76	M_d	1,95	Areia grossa a média
Areia fina	1,76	M_z	1,73	Areia grossa
Bem selecionada	1,64	σ_I	0,82	Moderadamente selecionada
Simétrica	0,06	Sk_i	-0,37	Muito negativa
Leptocúrtica	1,11	K_G	0,78	Platicúrtica

Fonte: o autor

As classificações para os diferentes parâmetros podem ser encontradas em Folk e Ward (1957; 1968), Muehe (1996), entre outros.

É oportuno lembrar que o valor do desvio padrão é a medida de afastamento das caudas da curva da distribuição granulométrica em relação à média, sendo que um desvio padrão para cada lado da média corresponde a 68,3% da distribuição, enquanto dois desvios padrão abrangem 95,4% e três desvios padrão 99,7%. Então por que usar apenas um desvio padrão? Justamente porque numa distribuição assimétrica o valor do segundo desvio padrão já estará provavelmente fora da curva no lado da cauda mais curta.

Ondas – característica e descrição

Ondas gravitacionais são ondulações na superfície da água geradas pelo vento, que se propagam até serem interceptadas por um obstáculo quando são refletidas, e mudam de direção ou tem sua energia dissipada, como ocorre ao encontrar uma praia. Representam o processo de mobilidade sedimentar mais importante à medida que podem transportar sedimentos por arrasto ou em suspensão, gerar correntes de transporte longitudinal e perpendicular à praia, e induzir processos de erosão ou progradação.

Os parâmetros de forma de uma onda são a altura (H), medida vertical entre a crista e a cava, o comprimento (L), distância horizontal entre duas cristas, e o período (T), tempo entre duas cristas sucessivas passarem pelo mesmo referencial. As condições de uma onda, se afetada ou não pelo fundo, se na arrebentação ou de altura significativa, é definida por subscritos, respectivamente H_o; H_b; H_s sendo as medidas expressas no sistema MKS (Metro, Quilograma, Segundo). A representação da altura da onda em função de distribuição de sua energia é ressaltada na Figura 8, estando a média mais próxima do valor mais frequente, a média quadrática entre a altura média e significativa e a altura máxima representando o valor mais alto dentro de uma sequência. Entre estes parâmetros, a altura significativa é a mais representativa por se situar mais próxima da altura máxima, mas ainda com uma frequência de ocorrência capaz de definir a intensidade dos processos de transporte sedimentar.

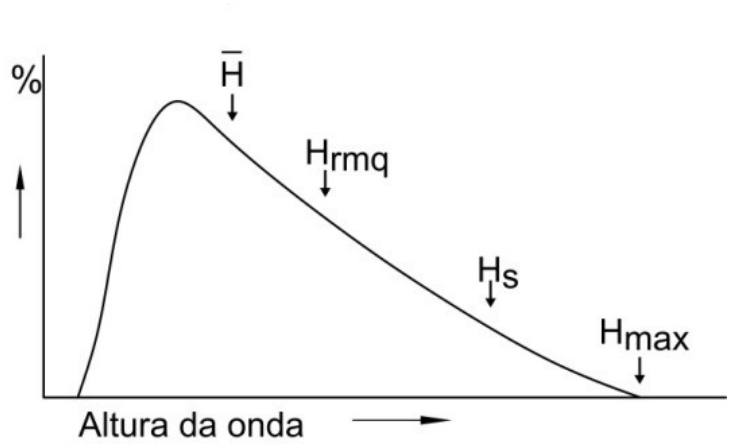


Figura 2.8: Parâmetros estatísticos de representação das alturas de um conjunto de ondas.
Fonte: adaptado de Komar, 1983.

Apesar de sua representação quantitativa ser complexa, quando não afetadas pelo fundo ou em águas muito rasas, suas características de altura e comprimento podem ser determinadas facilmente a partir do conhecimento de um dos parâmetros.

A equação que descreve uma onda pela teoria de Airy (1845) é expressa pela relação:

$$C_o = \sqrt{\frac{gL_o}{2\pi}\tanh\frac{2\pi h}{L_o}}$$

Onde **C_o** é a celeridade da onda, **g** a aceleração da gravidade (9,81 m^{-2}), **L_o** o comprimento da onda não afetada pelo fundo, π o valor do radiano (3,1416), e **h** a profundidade.

Como a tangente hiperbólica da segunda expressão tende a 1, a equação pode ser escrita como sendo:

$$C_o = \sqrt{\frac{gL_o}{2\pi}}$$

A partir desta relação todos os outros parâmetros podem ser calculados:

$C_o = 1{,}25\sqrt{L_o}$ ou $C_o = 1{,}56T$

$L_o = 0{,}64 C_o^2$ ou $L_o = 1{,}56 T^2$

$T = 0{,}81\sqrt{L_o}$ ou $T = 0{,}64 C_o$

Enquanto a altura e o comprimento de uma onda se alteram por efeito da fricção com o fundo, o período de uma onda não se altera. Assim, conhecendo o período pode-se determinar o comprimento que a onda tinha antes de alterar seu comprimento ao penetrar em águas rasas da zona costeira. Conhecida a altura, pode-se obter o parâmetro de esbeltes da onda, que é a relação entre a altura e o comprimento da onda. Numa relação de H/L>0,14 a onda se instabiliza e quebra.

A amplitude do movimento circular (orbital) da onda diminui com o aumento da profundidade, diminuindo gradativamente seu diâmetro até cessar por completo. Grosso modo uma onda não é afetada pelo fundo quando a profundidade for maior que a metade do seu comprimento. Assim, uma onda com período de 7s correspondente a um comprimento de $1{,}56 \times 7^2 = 76$ m, passa a ser afetada pelo fundo a partir de uma profundidade de 76/2=38 m. Próximo portanto ao limite de 50m da plataforma continental interna. As equações acima são, pois, válidas apenas para ondas não afetadas pelo fundo. No entanto, empregando, segundo Komar (1998), um critério menos rigoroso de definição da relação entre profundidade h e o comprimento da onda L_o, pode-se esticar o limite de emprego das equações para ondas não afetadas para ¼ do comprimento da onda. A Figura 2.9 exemplifica a redução do diâmetro orbital de uma onda de H_o=1 m, T=7s e L_o=76 m. Fica evidente que o diâmetro orbital para a metade do comprimento da onda é menor que 5 cm, e para ¼ do comprimento em torno de 20 cm portanto com pouca velocidade orbital para influenciar a propagação da onda e a mobilização de sedimentos de fundo.

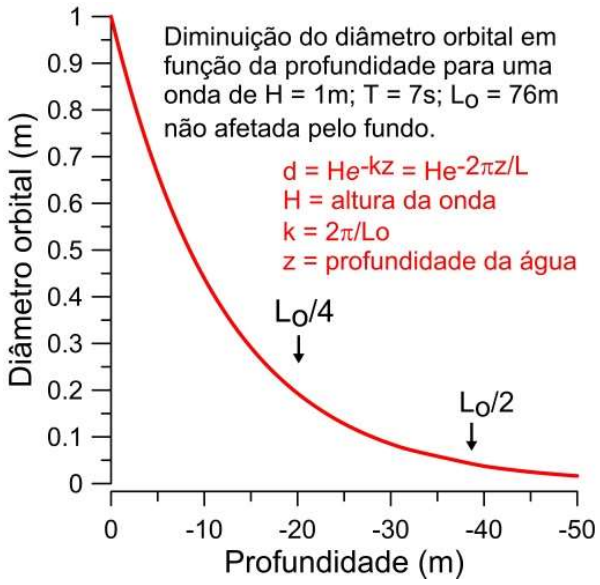


Figura 2.9. Redução do diâmetro orbital de uma onda em função da profundidade.

Fonte: o autor

Os limites de aplicação das equações são definidos pelas seguintes relações entre profundidade e comprimento da onda:

$\frac{h}{L_o} \geq 0{,}25$ água profunda (onda não afetada pelo fundo)

$0{,}25 > \frac{h}{L_o} \geq 0{,}05$ água intermediária (onda afetada pelo fundo)

$\frac{h}{L_o} < 0{,}05$ água rasa (onda afetada pelo fundo)

Para ondas em águas intermediárias pode ser empregada a relação empírica

$$L = L_o\left[\tanh\left(\frac{2\pi h}{L_o}\right)\right]^{1/2}$$

e para águas rasas a relação $C_s = \sqrt{gh}$ condicionado, pois, à profundidade da água.

A energia de uma onda está diretamente relacionada à sua altura pela expressão

$E = \frac{1}{8}\rho g H^2$

Sendo ρ a densidade da água e g a aceleração da gravidade. Sendo constantes, a energia é definida pela altura que, ao ser elevada ao quadrado, representa um ganho de energia considerável para cada incremento de altura. Por exemplo, a energia de uma onda de 2 m é quatro vezes superior à de uma onda de 1 m, e a de 3 m é nove vezes superior

Conhecida a altura da onda não afetada pelo fundo (Ho), sua altura na arrebentação pode ser avaliada, segundo Komar e Gaugham (1972) e, também, Weishar e Byrne (1978), pela relação respectivamente:

$H_b = 0{,}39 g^{0,2}(TH_o)^{0,4}$ ou $H_b = 0{,}563(H_o/(H_o/L_o)^{0,2}$,

conforme representado na Figura 10. Nesta, fica evidente que os resultados são bastante próximos, com a previsão ligeiramente mais elevada para a equação de Komar e Gaughan (1972).

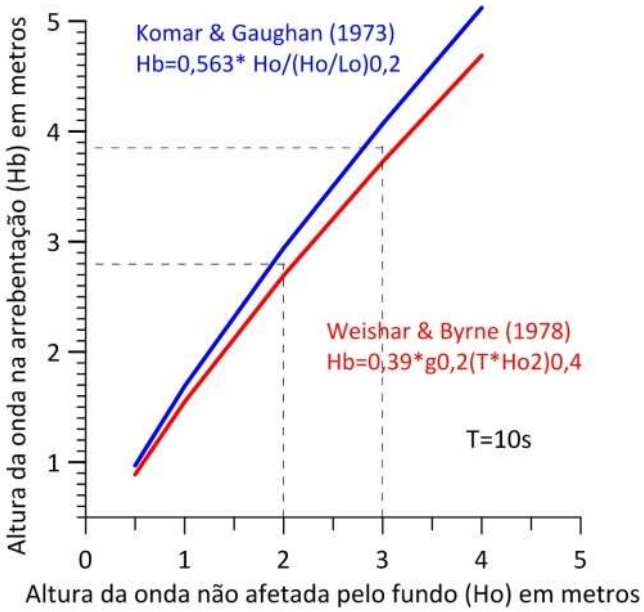


Figura 2.10. Relação empírica entre a altura de uma onda não afetada pelo fundo e sua altura na arrebentação.

Fonte: o autor.

Considerando um resultado intermediário entre as duas equações, verifica-se que uma onda não afetada pelo fundo, com período de 10s e 2 m de altura, típica de ressaca, chegaria na arrebentação com 2,8 m, e uma onda de 3m de altura chegaria com 3,8 m. É um aumento considerável de energia. Estes resultados podem ser largamente influenciados por efeitos de irregularidades topográficas do fundo marinho levando à convergência ou divergência de ortogonais das ondas, ou seja, concentração ou redução da energia num dado ponto da linha de costa com consequente ampliação ou redução da altura prevista.

A determinação da altura, período e direção de uma onda, ou a caracterização de um conjunto de ondas pela mais representativa, é fundamental para relacionar os processos de transporte sedimentar num dado momento. O que se vê, a partir da costa, é principalmente a arrebentação e a direção de incidência. Com alguma experiência pode-se estimar a altura da onda na arrebentação, havendo tendência intuitiva de caracterizar a altura pela altura significativa. Se várias pessoas fizerem a observação independentemente, a média costuma ser uma aproximação muito boa. O período pode ser determinado medindo o tempo gasto entre a passagem de onze cristas de onda por um mesmo ponto dividido por dez, expresso em segundos. Pode-se contar essa sequência na própria arrebentação ou através de um referencial fixo, preferencialmente uma pessoa, em algum ponto da zona de surfe. A incidência da onda em relação à linha de costa pode ser medida por meio de uma bússola. Com esses dados pode-se avaliar a velocidade e direção da corrente longitudinal (**V_l**) (*longshore current*) e o transporte longitudinal de sedimentos, utilizando a equação de Longuet-Higgins (1970), onde α_b é o ângulo entre a zona de arrebentação e a linha de praia.

$$\overline{V_l} = 1{,}19(gH_b)^{0,5} sen\alpha_b \cos\alpha_b$$

Com uma pequena modificação da equação acima (Komar, 1983) pode ser feita uma estimativa do volume de transporte de sedimentos ao longo da praia, na zona de surfe.

$$Q_s = 3{,}4(ECn)_b sen\alpha_b \cos\alpha_b$$

onde E = energia da onda, e C_n a celeridade do grupo de ondas que, em águas rasas se expressa por ($C = \sqrt{gd}$).

Se, de um lado, a medição do clima de ondas num dado momento de um levantamento de perfis de praia, de caracterização do estágio morfodinâmico ou da relação entre estágio morfodinâmico e meio ou macrofauna praial é extremamente útil, a caracterização do clima de ondas para avaliação de tendências e estudos de propagação de ondas necessita de observações longas e continuadas. Para isso são colocados ondógrafos para registros contínuos, ou é utilizada a reanálise de ventos para reconstituir o clima de ondas, o que permite retroagir para algumas décadas.

Morfometria e morfodinâmica do sistema praia-antepraia

- **Morfodinâmica de praia**

Há uma relação direta entre a esbeltez da onda e a ocorrência de erosão e deposição. Com esbeltez elevada ocorre, na zona de surfe, um transporte de sedimentos junto ao fundo, direcionado mar afora com tendência à formação de um ou mais bancos. Nesse processo a praia perde areia, fica mais vulnerável e sofre erosão com consequente retrogradação. A formação de um banco faz com que as ondas arrebentem a uma distância maior que no início do processo, o que reduz o processo erosivo levando a uma busca de equilíbrio. Em resposta a uma tempestade associada a uma maré de sizígia e ventos soprando em direção à costa, ocorreu um empilhamento da água junto à praia da Massambaba, entre Saquarema e Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, e a formação de um banco cujo volume de sedimentos era superior ao volume de sedimentos do campo de dunas frontais.

Allen (1985), testando a relação ($H_b/L_o = 2\pi\omega/gT$), entre a esbeltez da onda e a velocidade de decantação dos sedimentos (ω) formulada por Dean (1973), Figura 2.11, encontrou para o coeficiente de inclinação da reta um coeficiente K=2, para um acerto de 95% para eventos de erosão mas, apenas, 45% para deposição.

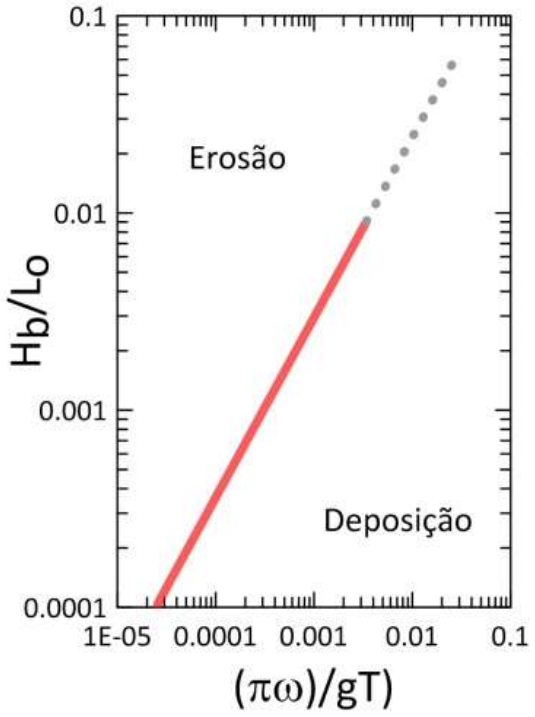


Figura 2.11. Limiar entre erosão e deposição a partir da correlação entre esbeltez e o parâmetro velocidade de decantação/período da onda conforme Dean (1973).
Fonte: Allen (1985) amplificado.

Colocando os dois parâmetros em equação com o coeficiente de regressão da reta de ajuste como sendo 2, chega-se, com alguma simplificação, à equação de definição do estágio morfodinâmico praial, empregado por Wright e Short (1983, 1984), e que passou a ser referência na caracterização destes estágios, definidos pelos extremos dissipativo e refletivo e os estágios intermediários, conforme classificação abaixo:

$$\frac{H_b}{L_o} = \frac{2\pi\omega}{gT}$$

$$\frac{H_b}{L_o} \div \frac{2\pi\omega}{gT} \geq 1 = erosion = \frac{H_b gT}{L_0 2\pi\omega}$$

considerando $\frac{g}{2\pi 1.56} \approx 1$, a equação se simplifica para

$$\frac{Hb}{T\omega} = \Omega$$

A transformação dos diâmetros granulométricos de ϕ para velocidade de decantação pode ser feita, com alguma aproximação, pela relação fornecida pelo Prof. Andy Short.

=((((16196.4*(mm*mm))/0.12)/18)/10000)

conforme Figura 2.12, devendo a velocidade ser expressa em m/s.

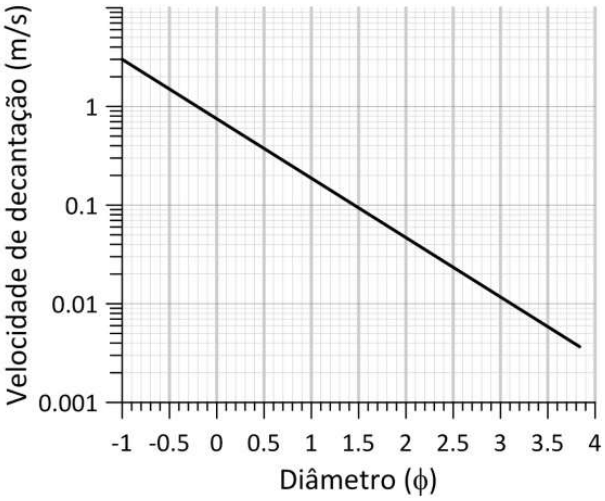


Figura 2.12. Transformação entre diâmetro granulométrico mediano e velocidade de decantação.
Fonte: o autor

Os limites do Ω para a classificação dos diferentes estágios são:

Estágio	$\overline{\Omega}$	**Desvio Padrão**
Refletivo		$\leq$1,5
Terraço de Baixa Mar (TBM)	2,40	0,19
Bancos Transversais (BT)	3,15	0,64
Banco e Praia de Cúspides (BPC)	3,50	0,76
Banco e calha longitudinal (BCL)	4,70	0,93
Dissipativo		>5,5

Não obstante sua aceitação universal, a classificação se refere ao estágio que a praia tende a atingir após algum tempo (dias) para a previsão do Ω, sem que, nesse espaço de tempo, haja alteração no padrão das ondas. O acerto, segundo os dados de Allen (*l.c.*) é de 95% para situação de erosão, mas se reduz, sob condição de acumulação, isto é, com baixa esbeltez, para apenas 45%.

Para reduzir esta imprecisão e, ao mesmo tempo, contornar a necessidade da análise granulométrica e sua transformação em velocidade de decantação, que representa outra imprecisão, é proposto por Muehe (1998) o parâmetro Δ, que se baseia na comparação entre a altura da onda na arrebentação e a altura do espraiamento da onda na face da praia, buscando uma identificação do estágio morfodinâmico no momento da observação (Figura 2.13).

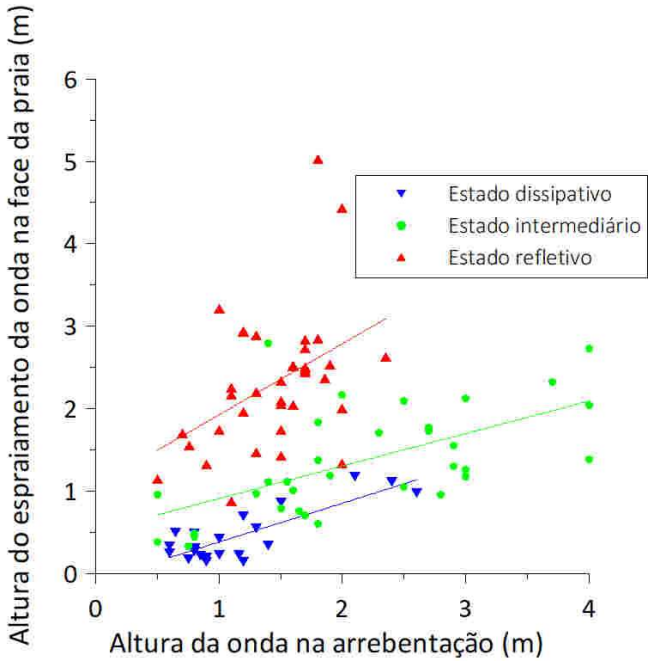


Figura 2.13. Correlação gráfica entre altura da onda na arrebentação e seu alcance em altura por espraiamento na face da praia e sua relação com os estágios morfodinâmicos. Medições baseadas em quatro praias de diferentes estágios morfodinâmicos.

Fonte: Muehe, D. (1998).

A largura e morfologia da zona de surfe são consideradas como caixa preta onde se processa parte do processo de dissipação de energia da onda, que aumenta com a largura da zona de surfe.

$\Delta = [(\text{sen}\beta\ D_{up})/H_b]/(T_{up}/T)$

onde β é a declividade da face praial, D_{up} a distância de espraiamento da onda na face praial, medida paralelamente à superfície, H_b a altura da onda na arrebentação, T_{up} o tempo de espraiamento da onda na face praial medido a partir do refluxo até o alcance máximo do espraiamento, e T o período da onda.

Os limites para identificação dos diferentes estágios são:

Dissipativo	<0.5
Banco e Calha Longitudinal	0.5-0.8
Bancos Transversais	0.8-1.0
Terraço de Baixa-Mar	1.0-2.0
Refletivo	>2.0

A precisão na identificação dos diversos estágios intermediários precisa ser melhorada através de uma melhor caracterização da zona de surfe, como largura, declividade e morfologia, mas da mesma forma que na previsão do Ω, pelo menos há uma razoável identificação do estágio intermediário como uma classe em si.

O alcance e a velocidade do espraiamento da onda na face da praia (*upwash*) ou do ciclo completo, espraiamento-refluxo, (*swash* (*upwash* e *backwash*)) é função da altura e período da onda e da declividade da face praial, por sua vez relacionada à granulometria e, consequentemente, ao estágio morfodinâmico. Quando o refluxo se completa antes da chegada de uma nova onda, ocorre uma boa renovação da água tanto em superfície como da água intersticial. No outro extremo o refluxo não se completa e parte da água permanece estagnada na

porção inferior da face praial. Essa dinâmica tem efeito sobre a fauna bentônica, especialmente a meiofauna, que se localiza nos interstícios entre os grãos e que forma a base da cadeia alimentar (McLachlan, 1990; McArdle e McLachlan, 1992).

Kemp e Plinstone (1968) estabeleceram a relação T_{up}/T, isto é a relação entre o período de espraiamento e o período da onda, para caracterizar o regime de fluxo na face da praia em:

$T_{up}/T < 0,5$ fase baixa
$0,5 < T_{up}/T < 1,0$ fase média
$T_{up}/T > 1,0$ fase alta

Nessa classificação é apenas medido o tempo de espraiamento (*upwash*) e não o tempo do ciclo completo espraiamento-refluxo (*swash*), por uma questão de simplicidade e até de precisão pois em regime em que o refluxo não se completa, devido à vinda de outra onda, fica difícil medir o tempo de refluxo.

Na fase baixa, o fluxo de espraiamento e refluxo se completam antes da chegada de uma nova onda. Na fase média, o ciclo é interrompido pela chegada de uma nova onda antes de completar o refluxo, gerando turbulência na parte inferior da face da praia. Na fase alta, não ocorre o refluxo pois a frequência de chegada das ondas é muito maior que o tempo para completar o ciclo de espraiamento-refluxo.

Em monitoramento da relação entre morfodinâmica e fauna bentônica, após um acidente de contaminação por resíduos de minério de ferro em praias a norte da desembocadura do Rio Doce no litoral do Espírito Santo, foi constatada uma significativa mudança no regime de espraiamento refluxo entre duas campanhas, passando na segunda campanha (Campo 4) a não mais apresentar o estado de fase alta, como decorrência de um aumento do período das ondas durante uma tempestade (Figura 2.14).

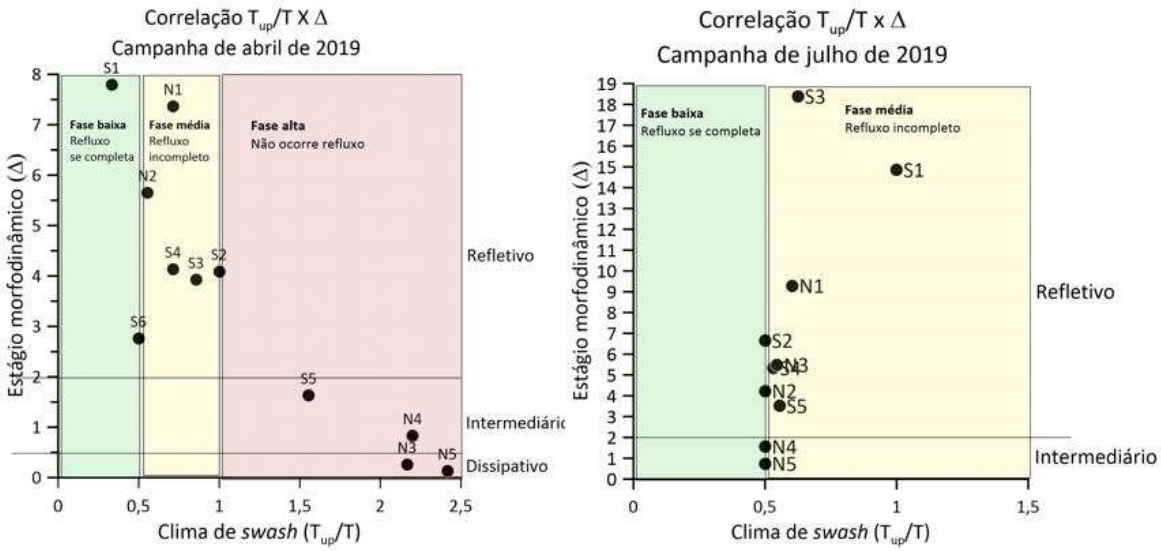


Figura 2.14. Correlação entre estágio morfodinâmico e clima de espraiamento antes (campo 3) e após uma ressaca com longo período das ondas (campo 4) em diversas praias a norte do Rio Doce-ES.

Fonte: medição em campo realizado pelo oceanógrafo Lucas Bermudes – pós-graduando UFES-ES.

O perfil de praia

O perfil de praia é o perfil topográfico transversal à praia. Serve para caracterizar a configuração morfológica e suas diferentes feições morfológicas, o volume de sedimentos, o estágio morfodinâmico, acompanhar a evolução e resposta a tempestades ou mudança do nível do mar. Sua extensão mar afora, englobando a antepraia, permite avaliar seu estado em termos de equilíbrio ou desequilíbrio sedimentar.

O método mais tradicional de levantamento é o nivelamento, feito por meio de nível topográfico, teodolito, estação total, GPS (GNSS-RTK) ou pelo método das balizas de Emery (Emery, 1961). Este último consiste no emprego de duas balizas fazendo-se a leitura da diferença de altura entre as duas, e consequentemente do terreno, ao fazer coincidir a linha do horizonte com o topo da baliza mais baixa e lendo a diferença na baliza mais alta (Figura 2.15). Apesar da simplicidade, rapidez e baixo custo o método tem sido, mais recentemente, desprezado em favor de equipamentos mais sofisticados e caros, na suposição de que tais equipamentos representam, proporcionalmente, um ganho de precisão.

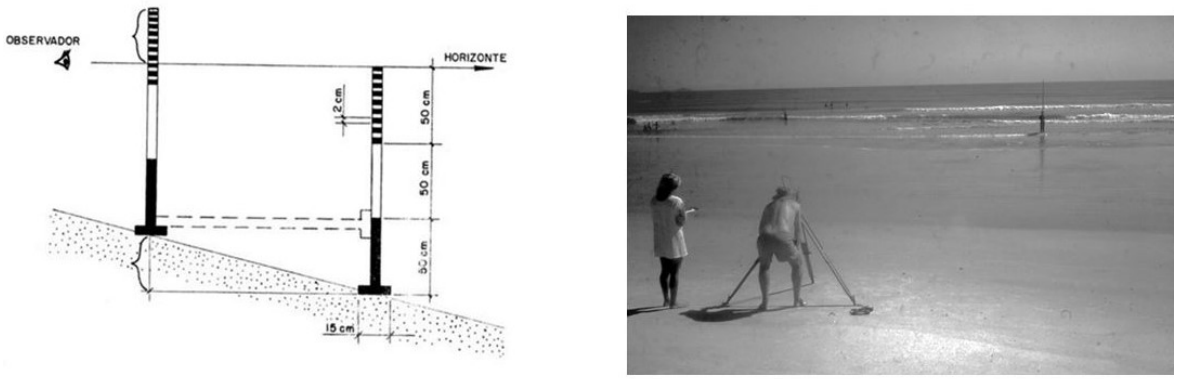


Figura 2.15. À esquerda um esquema do método das balizas de Emery e à direita levantamento com equipamento topográfico convencional (nível ou teodolito).

Fonte: esquema das balizas de Renato Kowsmann (1970). Foto equipe do Laboratório de Geografia Marinha da UFRJ.

O *datum* vertical para esses levantamentos pode ser estabelecido ao relacionar a posição do refluxo da onda na base da face da praia à previsão maregráfica, fazendo o ajuste para o nível médio do mar (Bigarella et al., 1961; Muehe et al., 2003). No caso do emprego do GPS geodésico (RTK) o ajuste altimétrico ao geoide corresponde aproximadamente ao nível médio do mar.

Uma comparação entre equipamentos, realizado por Muehe et al. (2019) mostrou que, considerando a precisão requerida para levantamentos topográficos da praia, onde uma simples pisada provoca alterações centimétricas pontuais de sua superfície, não há diferenças significativas entre os resultados obtidos entre os diferentes equipamentos, ganhando, tanto na comparação em velocidade entre levantamentos e pós-processamento, quanto em custo (Figura 2.16). Conclusão semelhante, em relação à precisão, também foi expressa por Krause (2004).

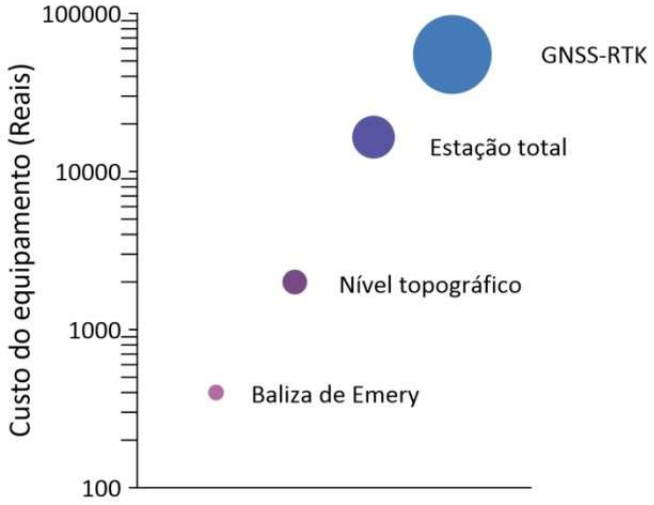


Figura 2.16. Comparação entre custo de equipamentos de levantamento topográfico.
Fonte: Muehe et al. (2020).

O perfil da antepraia

As diferenças mais significativas no emprego dos diferentes métodos ocorrem quando da extensão do perfil em direção à antepraia. No uso das balizas o avanço mar adentro é rapidamente limitado pela altura das ondas, que impedem a visão do horizonte. O emprego da estação total fica comprometido pela dificuldade de focar o prisma e a necessidade de proteção do mesmo de ser molhado pelas ondas. A mesma limitação, em relação à proteção, também ocorre na antena do GNSS-RTK. Para este tipo de levantamento o melhor método é o do nível topográfico ou do teodolito (Figura 2.15), que permite medidas angulares verticais. Sob condições de mar calmo, um bom nadador pode levar a mira até profundidades de 3 a 4 m, ou um pouco mais, empregando uma mira de 7 m de comprimento, já disponível no mercado (Figura 2.17).

Na Figura 2.18 é reproduzida uma superposição de perfis de praia e zona de surfe levantados por meio de baliza e nível topográfico, mostrando a ampla variabilidade horizontal e vertical do perfil expressa na variação de sua área e volume. Apesar da ampla variabilidade horizontal do perfil, não ocorreu um deslocamento permanente da posição da praia ativa, visto que a intercepção da face da praia com o nível médio do mar se manteve na mesma posição, considerando a média estatística.



Figura 2.17. Extensão do perfil topográfico para a antepraia. A profundidade medida no local pelo topógrafo localizado na praia, pode ser empregada para calibrar o ecobatímetro no caso de estender o perfil por meio de embarcação.

Fonte: foto do autor

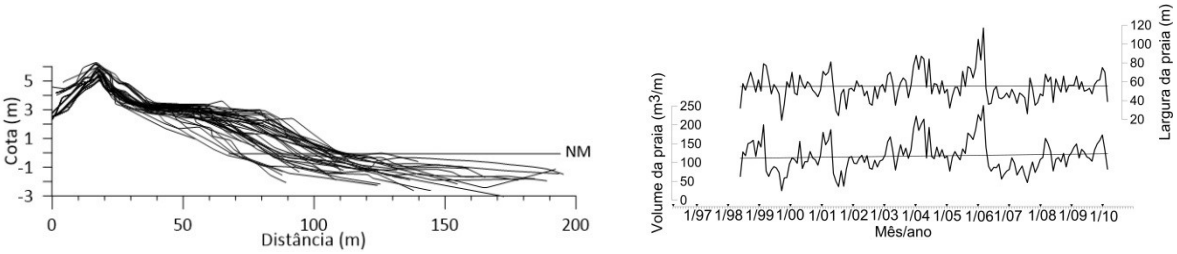


Figura 2.18. Lado esquerdo superposição de perfis de praia e, lado direito, sua variabilidade em área e volume. Praia da Massambaba, RJ.

Fonte: elaborado pelo autor

Para levantar o perfil batimétrico cobrindo toda a antepraia é necessário o emprego de embarcação, que pode ser desde um caiaque (Fig. 2.19), barco inflável, barco de alumínio, até embarcações maiores como lancha ou traineira. Estas últimas, porém, não podem ser lançadas a partir do local da perfilagem, tendo que vir de algum ancoradouro próximo, podendo implicar em longas distâncias.



Figura 2.19. Caiaque com ecobatímetro acoplado com GPS.
Foto: foto do autor

O acoplamento da batimetria do perfil de praia com o submarino pode ser feito por transferência da cota, conforme mostra a Figura 2.17 ou, se o perfil da praia estiver ajustado ao nível médio, pode se fazer a correção pela previsão da maré (Muehe, 2004; Belligotti e Muehe, 2012).

O perfil de equilíbrio

O perfil topográfico de equilíbrio da antepraia superior, foi expresso por Bruun (1954), e posteriormente confirmado por Dean (1977), após analisar 504 perfis levantados por Hayden et al. (1975) ao longo da costa atlântica dos EUA e do Golfo, tendo ambos encontrado a relação

$$h_x = Ax^{2/3}$$

$$A = 0.067\omega^{0.44}$$

onde h(x) é a profundidade da água a uma distância, X, da linha de praia, e "A", um parâmetro escalar, que depende das características do sedimento da face da praia em termos de tamanho mediano granulométrico ou, velocidade mediana de decantação (nesse caso expresso respectivamente em mm e cm/s) conforme gráfico apresentado por Dean (1991) (Figura 2.18).

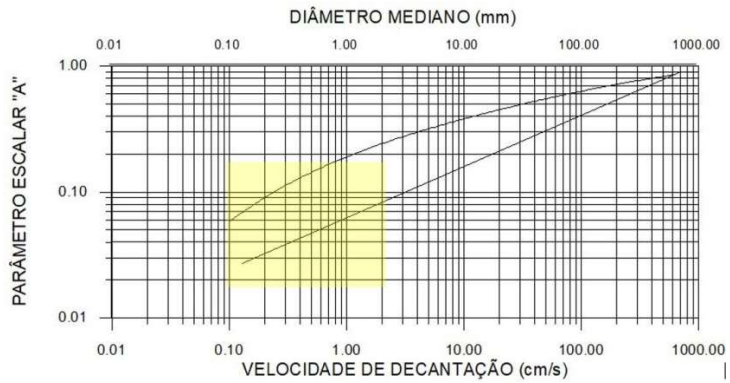


Figura 2.18. Gráfico de "A" em função do diâmetro mediano granulométrico dos sedimentos (curva superior), ou da velocidade de decantação (linha reta). A área ressaltada em amarelo se refere a sedimentos arenosos.
Fonte: Dean (1991).

Exemplo de aplicação é representado na Figura 2.19 com um perfil em equilíbrio e outro em desequilíbrio indicando falta de sedimentos.

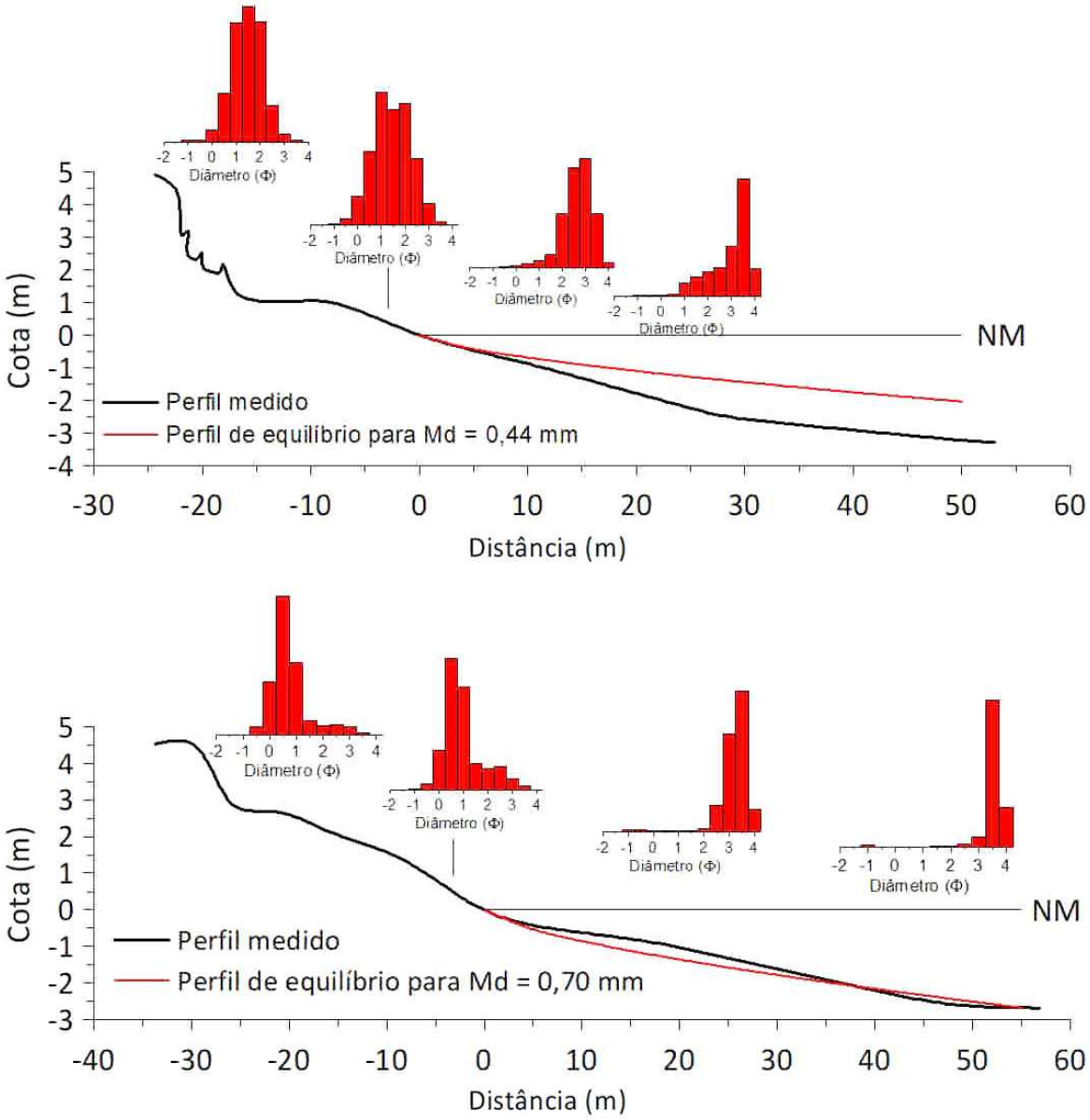


Figura 2.19. Perfil em equilíbrio à esquerda e com falta de sedimentos à direita. O diâmetro granulométrico mediano que controla o perfil de equilíbrio teórico é definido pelos sedimentos da face da praia. Os histogramas das distribuições granulométricas das outras feições da praia dão uma ideia da variabilidade encontrada e evidenciam a tendência de areias comparativamente mais grossas da face praial.

Fonte: levantamento feito pela equipe do Laboratório e Geografia Marinha da UFRJ.

Da representação em perfil para a representação em planta

Ao realizarmos um levantamento ao longo de vários perfis paralelos ou, pelo menos, distribuídos espacialmente, podemos obter uma visão espacial da morfologia para avaliar tendência de erosão ou progradação da linha de costa em segmentos distintos de um arco praial, e o comportamento da morfologia do fundo. Nesse sentido a Figura 2.20 representa uma imagem 3D de uma

antepraia superior com ocorrência de terraço formado por concreções lateríticas, resultante do recuo erosivo de falésias do Grupo Barreira no litoral do Espírito Santo.

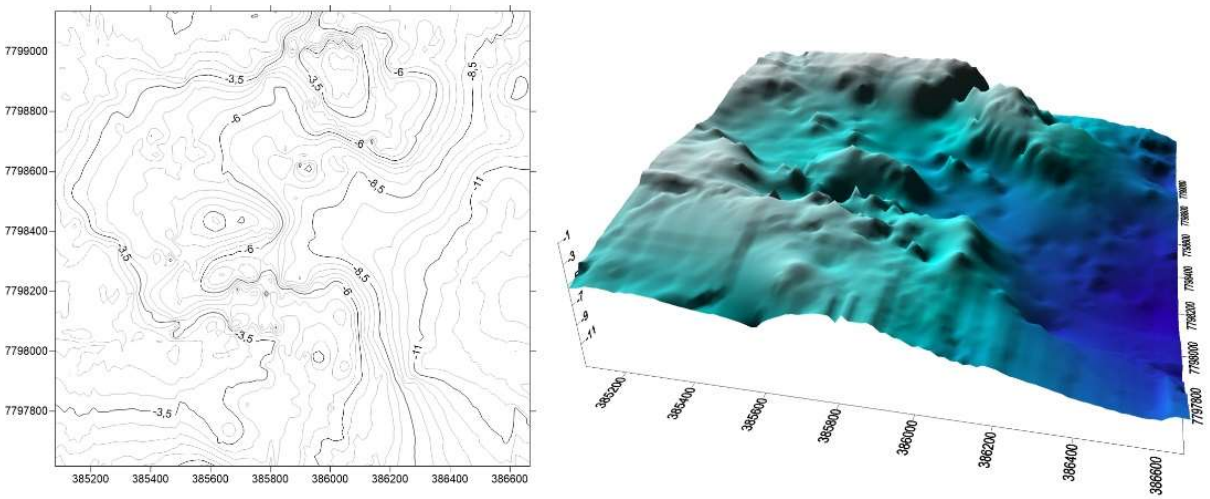


Figura 2.20. Representação 2D e 3D do relevo de um terraço laterítico da antepraia de Putiri no litoral do Espírito Santo

Fonte: levantamento realizado no âmbito do Projeto Terraços do Espírito Santo. Albino et al., 2020.

Representações desse tipo são facilmente obtidos a partir dos dados batimétricos por meio de programas específicos como por exemplo o *Surfer* da Golden Software, caso do exemplo acima, ou programas de geoprocessamento como o ArcGis, o Global Mapper, entre outros.

A variabilidade do perfil de praia ao longo do arco praial na comparação entre dois ou mais eventos pode ser feita também com programas específicos, sendo um dos mais empregados, disponibilizado gratuitamente no site do *US* Geological Survey (USGS), o *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS)[1], que trabalha na plataforma do ArcGis.

A Figura 2.21 exemplifica a resposta de uma praia após uma tempestade excepcional, que provocou erosão na metade sul do arco praial e progradação na metade norte indicando um processo de rotação desse arco praial.

[1] Disponível em https://www.usgs.gov/centers/whcmsc/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

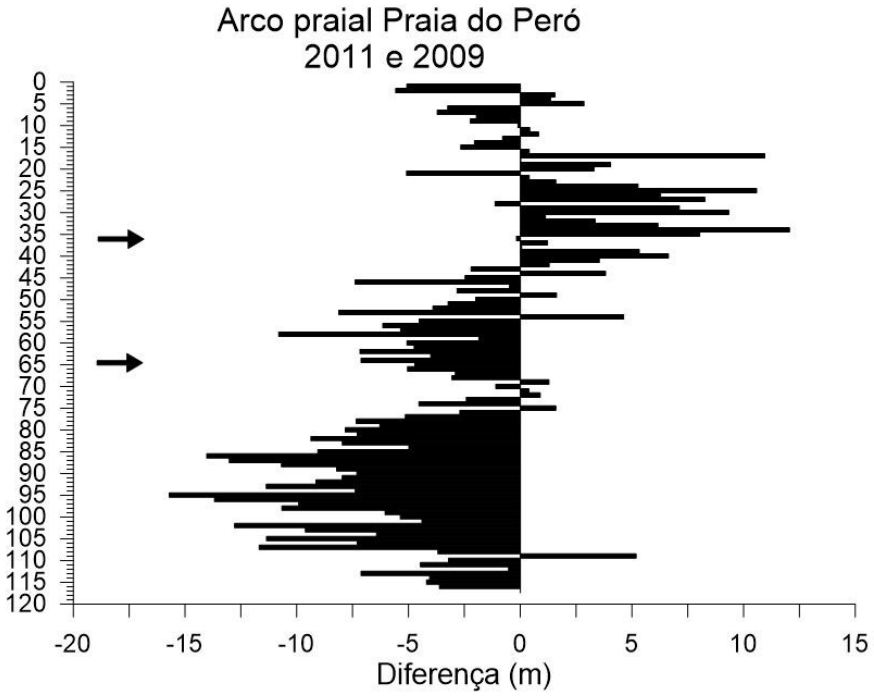


Figura 2.21. Rotação do arco praial com erosão no segmento inferior e progradação no superior
Fonte: modelagem feita por Klumb-Oliveira in: Muehe et al. (2015).

A distribuição desigual dos processos erosivos e deposicionais resulta em parte do transporte longitudinal dos sedimentos, como também da concentração da energia em pontos específicos de uma praia, dependendo da direção da onda e de processos de refração induzidos pela batimetria. São os *hot spots* de erosão. Essa concentração de energia ao longo de um arco praial pode ser simulada por modelagem computacional. Os programas disponíveis são geralmente caros, mas há programas de uso gratuito, como o SisBaHia da COPPE/UFRJ, que está sempre em desenvolvimento por alunos de pós-graduação, possui um módulo de refração, entre vários outros de uso mais complexo, e apresenta resultados excelentes, inclusive visualmente, ao usar a interface de saída com o Programa *Surfer* da *Golden Software*[2]. Condição de uso, entretanto, é a disponibilidade de uma batimetria com resolução adequada. Folhas de Bordo, que dão origem às cartas náuticas se limitam geralmente a áreas próximas a portos, restando então apenas as cartas náuticas de menor resolução e que geralmente não cobrem as áreas muito próximas da costa. Nesses casos há necessidade de um levantamento específico. A Figura 2.22 exemplifica o resultado de uma simulação para uma onda de SSE, 3 m de altura e período de 10s.

[2] Disponível em http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/

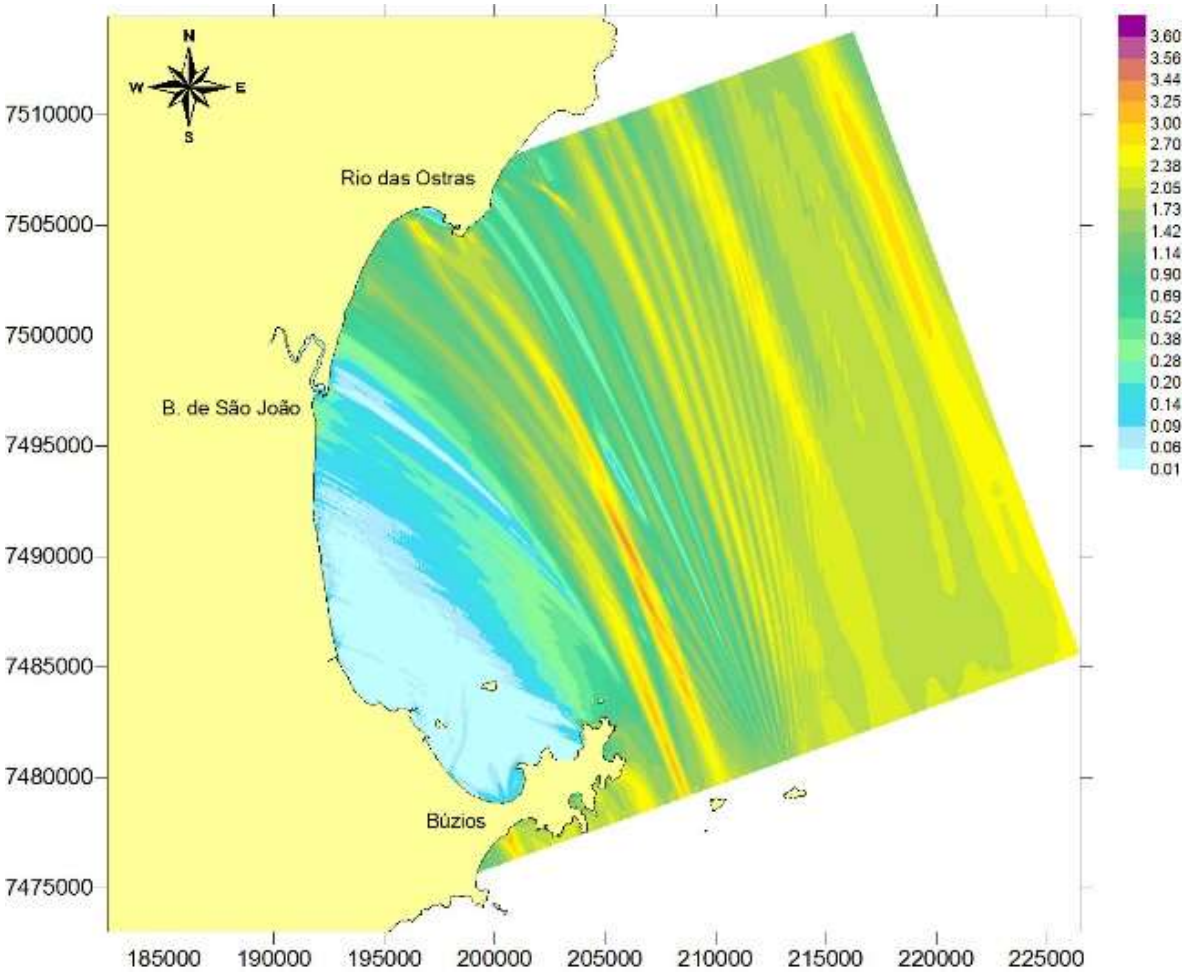


Figura 2.22. Modelagem computacional da refração de uma onda de SSE (160º), altura de 3 m e período de 10s. A trajetória da onda mais alta se destaca claramente assim como o *hot spot* resultante na linha de costa, associado a um ponto de erosão extrema.

Fonte: modelagem feita por Isabel Azevedo publicada em Muehe et al. (2011)

Resposta da praia à variação do nível do mar

O ajustamento da linha de costa à transgressão pós-glacial de uma ordem de grandeza de 100 m, correspondeu a um recuo mais ou menos da largura da plataforma continental, isto é, algo da ordem de dezenas de quilômetros. É assim justificável a ênfase dada aos potenciais efeitos de uma elevação do nível do mar, na faixa de decímetros, para as próximas décadas. Apesar das críticas, o modelo mais empregado, para ter essa resposta é, por sua simplicidade, o modelo de Bruun (1962), aplicado a praias arenosa. Nesse modelo o recuo é calculado geometricamente considerando a relação entre a altura da praia (ou da duna frontal) e a distância entre esse ponto e a profundidade de fechamento do perfil de praia. Essa relação se mantém, ocorrendo o recuo previsto, proporcionalmente à elevação do nível do mar:

$$R = \frac{SLG}{H}$$

onde “R” é o recuo previsto; “S” a elevação do nível do mar; “L”, a distância horizontal entre a parte mais elevada da praia ou duna frontal e a profundidade de fechamento; "H”, a altura do perfil; e “G”, a proporção de sedimento erodido que permanece no perfil, considerado, na

ausência dessa informação, como sendo 1. E é justamente a razão pelos erros resultantes desse desconhecimento.

Exemplificando, e desprezando o volume do material retido no perfil, uma berma de praia, ou duna frontal, com 5 m acima do nível médio do mar, profundidade de fechamento de 7 m, distância horizontal da praia à profundidade de fechamento de 500 m, e elevação de 0,5 m do nível do mar, a linha de costa deverá recuar cerca de 35 m. É suficiente para afetar grande parte das construções da orla costeira mais próximas ao mar. Daí o limite de pelo mesmos 50 m proposto na gestão costeira para áreas urbanizadas.

Considerações finais

Conforme já ressaltado, esse capítulo tem como objetivo apresentar um panorama das principais características morfológicas e morfodinâmicas de uma sistema praia-antepraia, os processos morfossedimentares atuantes e a terminologia das diferentes feições para que um geógrafo, ou outro profissional, sem conhecimento mais aprofundado do tema, tenha um ponto de partida para entender as principais questões que envolvem os diferentes ambientes do sistema analisado. Novas tecnologias de medição e análise surgem continuamente, além do emprego da inteligência artificial na identificação de formas e sua variabilidade, sísmica de subsuperfície na identificação de paleoformas, sensoriamento remoto por drones e satélites etc., delineando uma tendência de gradual afastamento das atividades de campo e, consequentemente, o distanciamento do pesquisador da realidade da natureza. Mas a experiência prática continua sendo fator importante na avaliação da coerência dos resultados obtidos, assim como a compreensão do significado da terminologia para uma comunicação e transmissão adequada dos conhecimentos.

Referências bibliográficas

AIRY, G.B. Tides and waves. **Encycl. Metropol**. London, p.241-396. 1845.

ALBINO, J.; Coelho, A.L.N.; MUEHE, D.; KLUMB-OLIVEIRA, L.; Dias, F.C. Mapeamento dos terraços de abrasão ao longo do litoral do Espírito Santo com uso de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, p. 33-44, 2020.

ALLEN, J.R. Field evaluation of beach profile response to wave steepness as predicted by the Dean model. **Coastal Engineering**, n. 9, p.71-80. Elsevier, Amsterdam. 1985.

BELLIGOTTI, F.M.; MUEHE D. 2012. Levantamento do perfil da antepraia (*shoreface*) com uso de ecobatímetro portátil e caiaque. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 12, n. 2, p.257-262. 2012. DOI:10.5894/rgci328.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; MARQUES F.O P.L. Método para avaliação do nível oceânico à época da formação dos terraços de construção marinha. **Boletim Paranaense de Geografia**, n.4/5. 1961.

BIRD, E. **Coastal Geomorphology**. 2nd ed. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, 2008. 411p.

DEAN, R.G. Heuristic models of sand transport in the surf zone. **Proceeding Conference on Engineering Dynamics in the surf zone**, Australia, p. 205-214. 1973.

DEAN, R.G. Equilibrium Beach Profiles: U.S. Atlantic and Gulf Coasts. Department of Civil Engineering, **Ocean Engineering Report No. 12**, University of Delaware, Newark, Delaware. 1977.

DEAN, R.G. Equilibrium beach profiles. Characteristics and applications. **Journal of Coastal Research**, n.7, p.53-84. 1991.

DEAN, R.G.; DALRYMPLE, R.A. **Coastal processes with engineering applications**. Cambridge University Press, 2002. 475p.

EMERY, K.O. A simple method of measuring beach profiles. **Limnological Oceanography**, v.6, p. 90-93, 1961. https://doi.org/10.4319/lo.1961.6.1.0090

FOLK, R.L. **Petrology of sedimentary rocks**. Hemphill's, Austin, Texas. 1968.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters**. Journal of Sedimentary Petrology**, n.27, p.3-26. 1957.

HALLERMEIER, R.J. A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. **Coastal Engineering**, v.4, p.253-277, 1981.

HAYDEN, B.; FELDER, W.; FISHER, J.; RESIO, D.; VINCENT, L.; DOLAN, R. Systematic Variations in Inshore Bathymetry. Department of Environmental Sciences, **Technical Report No. 10**, University of Virginia, Charlottesville, VA. 1975.

KEMP, P.H., PLINSTON, D.T. Beaches produced by waves of low phase difference**. Journal of the Hydraulics Division**—ASCE 94, 1183–1195. 1968.

KOMAR, P.D. Beach processes and erosion. In: P. KOMAR (ed.). **CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion**. p. 1-20. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 1983.

KOMAR, P.D. **Beach processes and sedimentation.** 2nd ed. Prentice Hall, 1998. 544 p.

KOMAR, P.D; GAUGHAM. Airy wave theory and breaker hight prediction. **Proceeding of the 13th Coastal Engineering Conference**, ASCE, p. 405-408. 1972.

KOWSMANN, R. Variações de curto e longo prazo de um perfil da praia de Copacabana, Rio de Janeiro. **Publicação do Instituto de Pesquisas da Marinha**, Rio de Janeiro, v. 39, 16p., 1970.

KRAUSE, G. The ‘‘Emery-Method’’ revisited - performance of an inexpensive method of measuring beach profiles. **Journal of Coastal Research,** v.20, n.1 p.340–346 2004.

KRUMBEIN, W. Size frequency distribution of sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**, n.4, p.65-77. 1934.

LONGUET-HIGGINS, M.S. 1970. Longshore currents generated by obliquely incident sea waves. **Journal of Geophysical Research**, n. 75, p.6778-6801. 1970

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS,G.; RANASINGHE, R. BAART, F. DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The State of the World’s Beaches. Scientific Reports**,** v. 8, n.: 6641, 2018. https://www.nature.com/srep/

MASSELINK, G.; HUGHES, M.G. Introduction to coastal processes & geomorphology. Arnold, 2003. 354p.

McLACHLAN, A. 1990. Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. **Journal of Coastal Research**, 6:57-71. 1990.

McARDLE, S.B.; McLACHLAN, A. 1992. Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. **Journal of Coastal Research**, v.8, n.2, p.398-407. 1992.

MUEHE, D.. Geomorfologia Costeira. In: Antônio José Teixeira Guerra; Sandra Baptista da Cunha. (Org.). **Geomorfologia - uma atualização de bases e conceitos**. 2aed.Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A., 1995. p. 253-308.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: Sandra Baptista da Cunha; Antônio José Teixeira Guerra. (Org.). **Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicação**. 1ed.Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A., 1996, p. 191-238.

MUEHE, D. Estado morfodinâmico praial no instante da observação: uma alternativa de identificação. **Revista Brasileira de Oceanografia**, Instituto Oceanográfico USP, v. 46, n.2, p. 157-169, 1998.

MUEHE, D.. Método de levantamento topo-batimétrico do sistema praia-antepraia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlandia, v. 5, n.1, p. 95-100, 2004.

MUEHE, D.; FERNANDEZ, G.B.; BULHÕES, E.M.R.; AZEVEDO, I.F. Avaliação da vulnerabilidade física da orla costeira em nível local, tomando como exemplo o arco praial entre Rio das Ostras e Cabo Búzios/RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.2, p45-58. 2011. Disponível em http://www. lsie.unb.br/rbg/in

MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F.M.; OLIVEIRA, J.F.; KLUMB-OLIVEIRA, L. Pulsos erosivos e resposta morfodinâmica associada a eventos extremos na costa leste do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, p. 369-386, 2015.

MUEHE, D. Pós-praia não deve ser traduzido como backshore – uma revisão da terminologia brasileira do sistema praia - antepraia. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 10, n.1 p. 40-43, 2019.

MUEHE, D.; CASTRO, L.B.; ALBINO, J. Perfis de praia: deve o método das balizas de Emery ser abandonado? **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, p. 209-215, 2020.

MUEHE, D.; FERNANDEZ, G.B.; BULHÕES, E.M.R.; AZEVEDO, I.F. Avaliação da vulnerabilidade física da orla costeira em nível local, tomando como exemplo o arco praial entre Rio das Ostras e o Cabo Búzios/RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, p. 45-58, 2011.

MUEHE, D; ROSO, R.H.; SAVI, D.C. Avaliação de método expedito de determinação do nível do mar como *datum* vertical para amarração de perfis de praia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 4, n.1, p.53-57. 2003.

SHORT, A. (ed.) **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. John Wiley and Sons Ltd. 1999. 379p.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo, SP: Editoras Edgard Blucher - EDUSP, 1973. 317p.

SWIFT, D.J.P. Continental shelf sedimentation. In: Stanley, D.J. e Swift, D.J.P., **Marine sediment transport and environmental management**, John Wiley & Sons, p.311-350, 1976.

TRICART, J. Problemas geomorfológicos do litoral oriental do Brasil**. Boletim Baiano de Geografia**, ano.1, n. 1, p.5-39. 1960.

WEISHAR, L.L.; BYRNE, R.J. Field study of breaking wave characteristics. **Proceedings of the 16th Coastal Engineering Conference**, ASCE, p.487-506. 1978.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. **Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In: Handbook of coastal processes and erosion**. (Paul D. Komar, ed.) pp. 35-64. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 1983.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. **Marine Geology**, n.56, p.93-118. 1984.

Dieter Muehe é geógrafo, Doutor em Ciências da Natureza pela Universidade de Kiel, Alemanha e Professor Titular aposentado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Participa atualmente do projeto de monitoramento do impacto dos rejeitos de minério na zona costeira sob influência do Rio Doce, ES, (RENOVA), junto ao Programa de Pós Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail dieter.muehe@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/6017845242163890

Capítulo 3

Análise do deslocamento da linha de costa e sua intensidade com base em produtos de sensoriamento remoto

André Luiz Nascentes Coelho

Introdução

O oceano cobre mais de 70% da superfície da Terra (Petersen et al., 2014), apresentando uma linha de costa *(shoreline)*, que é o contato da praia com a retroterra, diversa de formas e uma das mais dinâmicas do planeta (Muehe, 2001). Os elementos climáticos e oceanográficos regionais controlam a energia dos agentes de dinâmica costeira (Calliari et al., 2003; Albino et al., 2001) tendo como principal agente geomórfico as ondas de superfície (clima de ondas) formadas, em sua maioria, pelo vento na superfície marinha.

Essa mutação da linha de costa ocorre nas mais diversas escalas de tempo (minutos, diárias, sazonais, décadas e séculos) decorrentes de fatores de ordem natural, a exemplo da deriva litorânea repercutindo no balanço de sedimentos, da variação do nível marinho, de ondas de *Tsunamis*, dentre outros.

▪ COMO CITAR:
COELHO, A. L. N. Análise do deslocamento da linha de costa e sua intensidade com base em produtos de sensoriamento remoto. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 56-73. ISBN 978-65-992571-0-0

A posição de linha de costa também pode ser transformada pela interferência do homem, de forma direta, através de obras como enrocamentos longitudinais ou molhes paralelos à linha de praia, gabiões transversais, instalações portuárias, urbanização da orla, com parte expressiva dessas engenharias, destituídas de um estudo aprofundado que avalie a vulnerabilidade e o risco para construções e estruturas criadas, frente aos processos costeiros regionais, inclusive, em eventos climáticos e oceanográficos extremos.

Assim, o resultado da interação entre os fatores de ordem natural e/ou antrópica pode levar algumas orlas a uma gama de riscos, entre eles, o recuo ou erosão costeira. Sobre este aspecto, diversos pesquisadores como Muehe (2018, 2011, 2006), Albino et al. (2001, 2018), Souza (2009), Farias e Maia (2010), Lins-de-Barros (2005), e outros, afirmam que essas erosões, em grande medida, são induzidas pela ação do homem interferindo nos processos costeiros.

Muehe (2001) elucida que uma orla, marcada pela degradação ambiental de origem humana, é representada por uma faixa, derivada de ações de supressão da vegetação e construção de edificações/estruturas que em sua maioria interferem no processo de transporte sedimentar, tanto eólico como marinho, provocando desequilíbrios no balanço sedimentar e, consequentemente, na instabilidade da linha de costa.

Mentaschi et al. (2018), a partir de uma avaliação da morfodinâmica costeira global, com base em imagens de satélites ao longo de 32 anos (1984–2015), mensuraram o recuo da costa em 28.000 km², o dobro em relação ao processo de progradação e afirmam que a interferência antrópica emerge claramente como o principal fator dessa alteração da linha costeira. No Brasil, o documento síntese do I Simpósio Nacional sobre Erosão Costeira assinala também que: "(...) *no litoral do Brasil a erosão ocorre ao longo de toda a costa com predomínio sobre os processos de acreção*" (MMA, 2008).

Neste contexto, o processo de erosão costeira apresenta importância ambiental e ecológica fundamental ao exercer influência na alteração e, em alguns casos, até na supressão total de parte da biodiversidade da zona costeira, com impactos diretos e indiretos, causando prejuízos econômicos e sociais diversos.

Existem diversos métodos de monitoramento do deslocamento da linha de costa, que variam de acordo com as características do ambiente, estrutura, e extensão da área avaliada, tendo todos eles em comum a referência de dois ou mais períodos de averiguação do mesmo local. Exemplos como o uso de perfis topográficos transversais à praia (método das balizas de Emery) com elaboração de planilha de perfilagem (Muehe, 2002), técnica dos pinos de erosão com fixação de piquetes ou vergalhões transversalmente à praia ou margem fluvial (Cunha, 2002), uso de GPS geodésico L1-L2 dotado ou não de estação total-rtk (Muehe et al., 2020), emprego de drones/vants, compra de produtos de sensoriamento remoto de alta resolução espacial com recobrimento de pequenas orlas, são exemplos de ações, em sua maioria, pontuais e de elevados custos econômicos/logísticos, sobretudo, para órgãos públicos como prefeituras/governos, e até para algumas universidades.

O uso das ferramentas computacionais como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) integrado com dados acessíveis e técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) são, na atualidade, uma alternativa eficiente, com opções diversas de produtos e softwares, inclusive gratuitos, que oferecem uma ampla visão sobre a distribuição temporal e espacial desse fenômeno, em diferentes escalas, permitindo monitorar a dinâmica de linha de costa relacionada com fatores socioambientais.

Nessa perspectiva, os SIGs e os produtos de SR têm sido responsáveis por uma importante evolução nas técnicas de análise espacial, notadamente nos estudos ambientais, propiciando expressivos avanços na obtenção de dados, tratamento e geração de informações da cobertura terrestre e marinha (Coelho, 2017; Ross, 2009).

A propósito disso, Coelho e Goulart (2019) argumentam que o emprego das técnicas de SIG e SR devem ser efetuadas preferencialmente por um especialista, de maneira prudente. São consideradas instrumentos de apoio e não de decisão nas diversas modalidades de aplicação, tais como a geração de modelos que apontem orlas costeiras suscetíveis a erosões e/ou progradação. Esses instrumentos necessitam, portanto, de comprovação e aprovação com base em estudos pontuais e/ou campanhas de campo, após a elaboração da cartografia, viabilizando assim o tratamento mais eficiente do problema.

Sustentado nesses conceitos e realidades, torna-se importante compreender a variação espacial e sazonal do deslocamento da linha de costa em um recorte espacial, através da proposição de um produto síntese, de eficiente comunicação e compreensão, no sentido de estabelecer ações de monitoramento, controle e recuperação de orlas costeiras.

Nesta linha de discussão, este capítulo tem como objetivo colocar em evidência a importância do desenvolvimento da cartografia de erosão costeira, a partir de produtos de sensoriamento remoto acessíveis, aplicada na redução dos riscos causados por este fenômeno e aumento da resiliência da orla, apresentando um diagnóstico com os pontos de recuo, taxa média de erosão anual e intensidade, para os períodos 08/2016 a 06/2019, entre a desembocadura do Rio Itabapoana e desembocadura do Rio Itapemirim, no sul do estado do Espírito Santo, exemplificando o emprego de técnicas de investigação da orla costeira.

Busca-se também, responder as seguintes indagações: 1) É possível elaborar uma cartografia de suscetibilidade eficiente voltada à gestão costeira a partir de produtos de sensoriamento remoto de média resolução espacial, integrados em ambiente SIG? 2) A cartografia proposta é condizente com locais monitorados? 3) Qual é a taxa de recuo médio anual no trecho pesquisado? 4) É possível indicar os pontos em que as taxas de erosão foram mais expressivas?

Breve descrição do objeto de estudo e dinâmica costeira regional

A área em estudo está localizada no litoral sul do estado do Espírito Santo, na Região Sudeste do Brasil, entre os paralelos 21°05' e 21°19' de latitude sul e os meridianos 40°46' e 41°05' de longitude oeste, entre os limites da desembocadura dos rios Itapemirim e Itabapoana (divisa entre ES/RJ) abrangendo um segmento da ordem de 42 km de linha de costa.

De maneira geral a área é caracterizada geológica-geomorfologicamente nas adjacências da desembocadura do Rio Itabapoana, ao sul pela ocorrência de uma planície quaternária bem desenvolvida, enquanto no centro-norte por um fraco desenvolvimento de depósitos quaternários que terminam nos sopés das falésias inativas, havendo também trechos de falésias vivas de Formação Barreiras. As praias apresentam um padrão intermediário que predomina a dissipativo (Albino et al., 2006, 2018), este, mais suscetível aos processos erosivos, sobretudo, durante os eventos climáticos e oceanográficos excepcionais.

Os ventos predominantes na região são provenientes do nordeste (NE), e estão associados aos ventos alísios que sopram durante a maior parte do ano, sobretudo nos meses de outubro a março, associados a maiores índices pluviométricos. Nos meses de abril a setembro a região fica exposta aos ventos provenientes dos quadrantes Sudeste (SE) e Sul (S) (Albino et al., 2006). As ondas mais frequentes são de NE – E, seguidas das de SE – S, com as alturas variando em torno de 0,9 m e 0,6 m, podendo alcançar 1,5 m na passagem de frentes frias, e os períodos variando de 5s a 6s, podendo alcançar 9s. A amplitude de maré é da ordem de 1,40 m, alcançando 1,70 m por ocasião de marés meteorológicas (Albino et al., 2006).

No que se refere ao uso e cobertura da terra na orla e adjacências, o objeto de estudo é representativo, apresentando trechos marcados pela ocorrência predominante de restinga

conservada ao sul do litoral do município de Presidente Kennedy, trechos mistos com construções e faixa de restinga e/ou falésias (ativas e inativas) e porções da linha costa densamente constituída por residências e orla urbanizada com trechos de molhes paralelos a linha de praia e gabiões transversais.

Material e métodos

O encaminhamento metodológico do estudo abrangeu o referencial bibliográfico sobre o assunto, incluindo a caracterização da dinâmica costeira regional abordada por Albino et al. (2006, 2018). Em seguida, foi realizada a análise do segmento no período aproximado de três anos, utilizando os planos de informações, sintetizados na tabela 1.

Os dados vetoriais e matriciais (tabela 3.1), assim como o seu processamento, foram realizados através das ferramentas nativas do aplicativo computacional Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcMAP 10.5 licenciado junto ao Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias/UFES, empregando o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS-2000, Fuso 24 Sul, com o mapeamento produzido seguindo a padronização cartográfica segundo as propostas de Menezes e Fernandes (2013) e Slocum et al. (2008), no sentido de desenvolver uma comunicação cartográfica eficiente e objetiva.

A base utilizada para a delimitação e análise foi o traçado da linha de costa, derivado de imagens do satélite CBERS-4[3], com datas de passagens em 20/08/2016 e 29/06/2019, obtidas através do catálogo de imagens do INPE (2020) o qual disponibiliza gratuitamente em nível de correção L4[4].

[3] O Programa CBERS (*China–Brazil Earth Resources Satellite Program*) originou-se de uma parceria entre Brasil e China a partir da assinatura do protocolo de cooperação em 1988. O satélite CBERS-4, lançado em 7 de dezembro de 2014, é o quinto da série que coleta imagens com resolução espacial de até 5 m.

[4] Segundo o INPE (2004) o L4 *Level*/Nível 4 refere-se às imagens CBERS onde foram aplicados procedimentos de correção geométrica com o uso de pontos de controle com precisão compatível ao padrão de exatidão cartográfica na escala 1:50.000, elaboradas para aplicações que requerem uma modelagem cartográfica acurada em qualquer tipo de terreno. Na prática a confiabilidade posicional e correção geométrica das imagens CBERS-4 ainda são limitadas. Análises desses produtos com diferentes níveis de processamento indicam deslocamentos posicionais significativos, incompatíveis com o seu GSD - *Ground Sample Distance* (Akiyama, Marcato Junior e Tommaselli, 2018). Assim, foi necessário proceder com a correção geométrica baseado em ortofotos-mosaicos PEC “A” de Pixel 1 x 1 m (IEMA, 2008).

Tabela 3.1. Planos de Informações utilizados/Base de Dados Geográficos.

DADO	TEMA	FONTE	ANO(S)	ESCALA/ RESOLUÇÃO
Carta Topográfica	Topografia	GEOBASES	1967	1:50.000
Limite Estadual	UF	IBGE	2019	1:100.000
Limite Municipal	Município	IJSN	2019	1:1.000
Corpo d'água	Massa d'água	IBGE	2019	1:100.000
CBERS-4 PAN L4	Imagens bandas 2B, 4G e 3R	INPE	2016 e 2019	10 metros
CBERS-4 PAN L4	Imagens banda 1	INPE	2016 e 2019	5 metros

Fonte: o autor.

De posse dessas linhas vetorizadas (Figura 3.1a) foram gerados os polígonos de erosão praial, posteriormente transformados em nuvens de pontos de igual tamanho e distanciamento, seguidos da aplicação da Estimativa de Densidade *Kernel* (EDK) ou estimador de núcleo, que analisa o comportamento de todos os pontos da amostra ponderados pela distância em relação a um valor central ou raio de influência, destacando a magnitude do fenômeno, isto é, os pontos quentes (*hotspots*) para os processos mais intensos de erosão desencadeados (Figura 3.1).

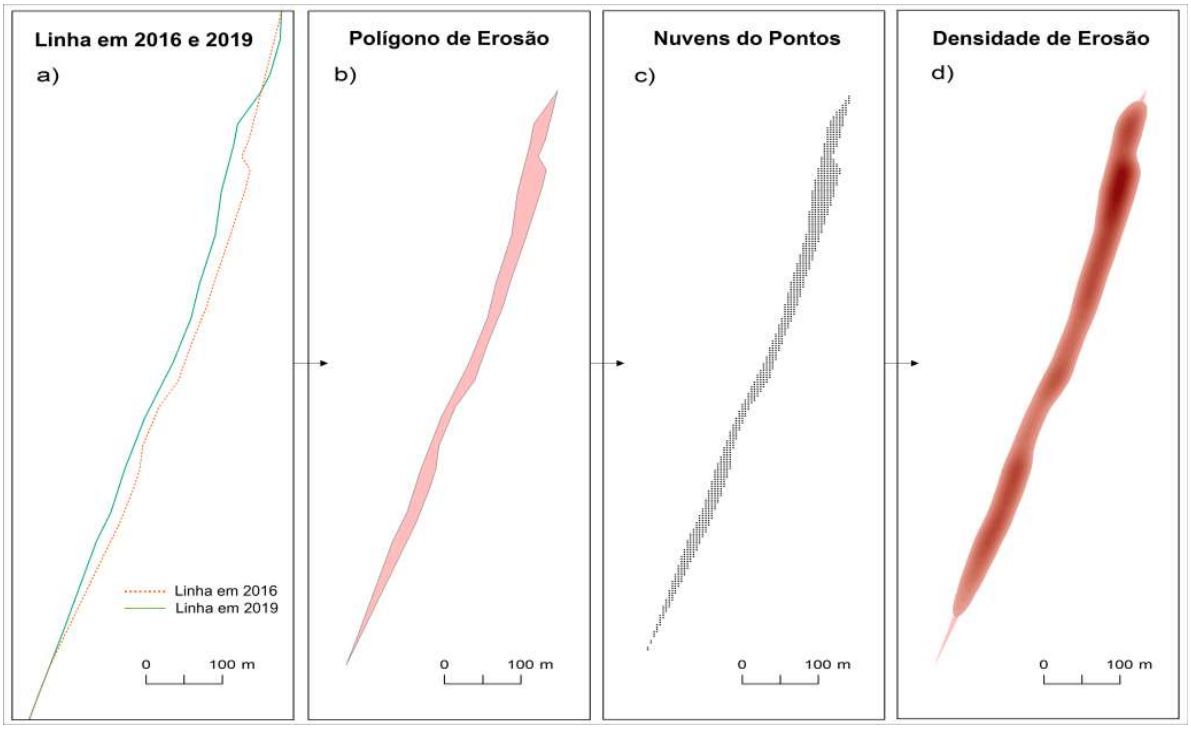


Figura 3.1. Etapas principais do estabelecimento dos polígonos de erosão e sua intensidade, em um mesmo trecho de praia, com base em imagens de SR. a) orlas delimitadas em 2016 e 2019, b) transformação em polígono, c) conversão em nuvens de pontos, d) densidade do recuo.

Fonte: o autor

Na cartografia de cada trecho em que o processo de erosão foi deflagrado e evidenciado pela densidade *Kernel*, esse recebeu um código iniciado por um número seguindo a ordem natural, partindo do Ponto 1, na desembocadura do Rio Itabapoana na direção norte até a desembocadura do Rio Itapemirim. São descritos outros procedimentos que incluíram:

a) divisão do trecho de análise em três setores de igual extensão (14 km), permitindo evidenciar e, sobretudo, comparar os pontos de erosão (Figura 3.2);

b) seleção de imagens de satélite com base em uma sequência de critérios lógicos e possíveis para a execução dessa aplicação, partindo da disponibilização e acesso a datas de passagens mais antigas sobre a área objeto de estudo, considerando também o baixo índice de cobertura de nuvens e qualidade das imagens (isenta de ranhuras/erro de bandas e disponibilidade dos canais do satélite);

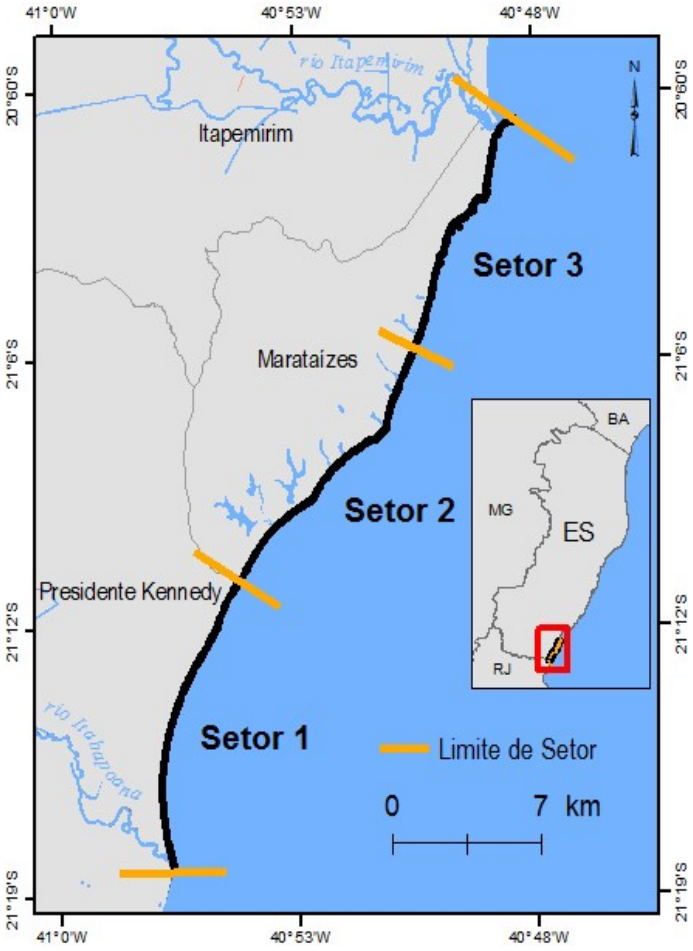


Figura 3.2. Objeto de estudo dividido em 3 setores.
Fonte: o autor.

c) delimitação da linha de costa, iniciando pela criação e edição do plano de informação/*shapefile* denominado *"*LC2019*"*, seguido da vetorização em escala máxima de 1:3.000, partindo das imagens do ano 2019 da série CBERS-4, composição falsa cor verde 2B, 4G, 3R + imagem pancromática, com resolução espacial final de 5 m[5], evidenciando melhor a linha de costa. O

[5] As principais características do sensor PAN (Banda 1) do CBERS-4 são: a faixa de imageamento latitudinal de aproximadamente 100 Km com a resolução temporal de 52 dias em sua órbita sol-síncrona.

procedimento para delimitação/vetorização da linha, dos anos 2016 e 2019, teve como referencial o contato da praia com a retroterra (Muehe e Klumb-Oliveira, 2014), observando os limites das seguintes feições costeiras: entre a vegetação e faixa de areia (o que predominou nas imagens, a exemplo da Figura 3.3), limite das falésias ativas e faixa de areia, área construída e faixa de areia (calçada, arruamento, espigões, píer e outras obras), lagunas e faixa de areia e costão rochoso. Este último teve como suporte ortofotos-mosaico de Padrão de Exatidão Cartográfica-PEC "A" (IEMA, 2008), de maior resolução espacial (1 m) que destacam essas características da linha de costa;



Figura 3.3. Captura de parte da tela do SIG destacando o procedimento de vetorização realizado - linha na cor vermelha em 2019 - com base nas nos limites das feições costeiras presentes: a) vegetação e faixa de areia, b) falésia ativa e faixa de areia.

Fonte: o autor.

d) com plano de informação *"*LC2019*"* traçado, foi salva uma cópia com o nome *"*LC2016*"* e realizado, em seguida, a edição vetorial com a redefinição da linha com base na imagem na imagem CBERS-4 do ano 2016, Nível 4 composição falsa cor verde 2B, 4G, 3R + imagem pancromática com resolução final de 5 m;

e) após uma criteriosa checagem das linhas traçadas com as imagens dos respectivos anos (2016 e 2019) foi realizado o procedimento de junção dessas linhas e transformação para polígono, seguido da extração do plano de informação "PE" (Polígono de Erosão);

f) na tabela de atributos/banco de dados geográficos do plano de informação *"*PE*"* foram criados cinco campos numéricos: Ponto (ponto de erosão), Setor, Perímetro em metros, Extensão da Erosão em metros, Área em metros quadrados, Erosão Média/Ano em metros; e

g) aplicação dos algoritmos:

$$Ep = \frac{Per}{2} \quad (1)$$

Onde, Ep = Extensão faixa de erosão praial em metros; Per = Perímetro em metros

$$Ema = ((\frac{A}{Per}) * 2) / D \quad (2)$$

Onde, Ema = Erosão Média/Ano em metros; A = Área em metros quadrados; Per = Perímetro em metros; D = Período de análise.

O produto cartográfico evidencia, nas tonalidades do vermelho, a intensidade da erosão derivados da densidade *kernel* com as cores mais escuras indicando os pontos em que o processo de recuo foi mais expressivo. Para cada setor/mapa, com um total de três, foram avaliados: a quantidade de pontos de erosão, o total da extensão de erosão ao longo da orla, o ponto com maior extensão de erosão, a área de erosão em hectares com o percentual entre os três setores, a taxa média de recuo linear por ano em metros, e para cada ponto/trecho de erosão, a taxa média recuo por ano em metros.

Resultados e discussão

A Tabela 3.2 apresenta as métricas/indicadores de cada setor a partir da aquisição e tratamento dos produtos de sensoriamento remoto com uso de SIG entre 2016 e 2019, revelando um total de 15 pontos de erosão cobrindo uma extensão de 10 km (23,8%) dos 42 km da linha de costa analisada e 61.000 m² de erosão.

Tabela 3.2. Métricas/Indicadores por Setores.

VARIÁVEL	SETOR 1/3	SETOR 2/3	SETOR 3/3	TOTAIS
Extensão em km da Linha de Costa em 2019	14 km	14 km	14 km	**42** km
Quantidade de Pontos de Erosão	2	8	5	**15**
Extensão em km do Segmento de Erosão (paralelo a praia)	3,1 km	4,0 km	2,9 km	**10** km
Percentual de km de Erosão nos três Setores	30,8%	39,9%	29,3%	**100**%
Área de Erosão em Hectares	2,1 ha	1,5 ha	2,5 ha	**6.1** ha
Percentual da Área de Erosão nos três Setores	34,4%	24,9%	40,7%	**100**%
Taxa Média Anual de Recuo da Orla	2,3 m	1,6 m	2,3 m	**2,1** m

Fonte: o autor.

Um confronto entre os três setores revelou quantidades distintas de pontos de erosão. Dois no Setor 1, oito no Setor 2, e cinco no Setor 3. Por outro lado, a extensão em quilômetros dos segmentos de erosão mostrou-se um pouco mais equilibrada, com uma média de 3,3 km, assim como a taxa média de recuo por ano com 2,1 m.

Análise do Setor 1/3

O Setor 1 se estende da desembocadura do Rio Itabapoana até a praia de Marobá, no município de Presidente Kennedy (Figura 3.4). A paisagem costeira é marcada pelo predomínio de vegetação de restinga relativamente conservada, que faz limite com a faixa de areia em um relevo adjacente caracterizado por cordões litorâneos extensos cortados por estradas não pavimentadas e por pequenos loteamentos que defrontam com a orla e, junto à desembocadura do Rio Itabapoana, há ocorrência de bosques de mangues.

As praias do setor apresentam tipologias intermediárias de sul para o centro-norte, enquanto no limite norte na praia de Marobá observou-se tipologias entre o intermediário para dissipativo, com alto grau de exposição em todo o Setor (Albino et al., 2018).

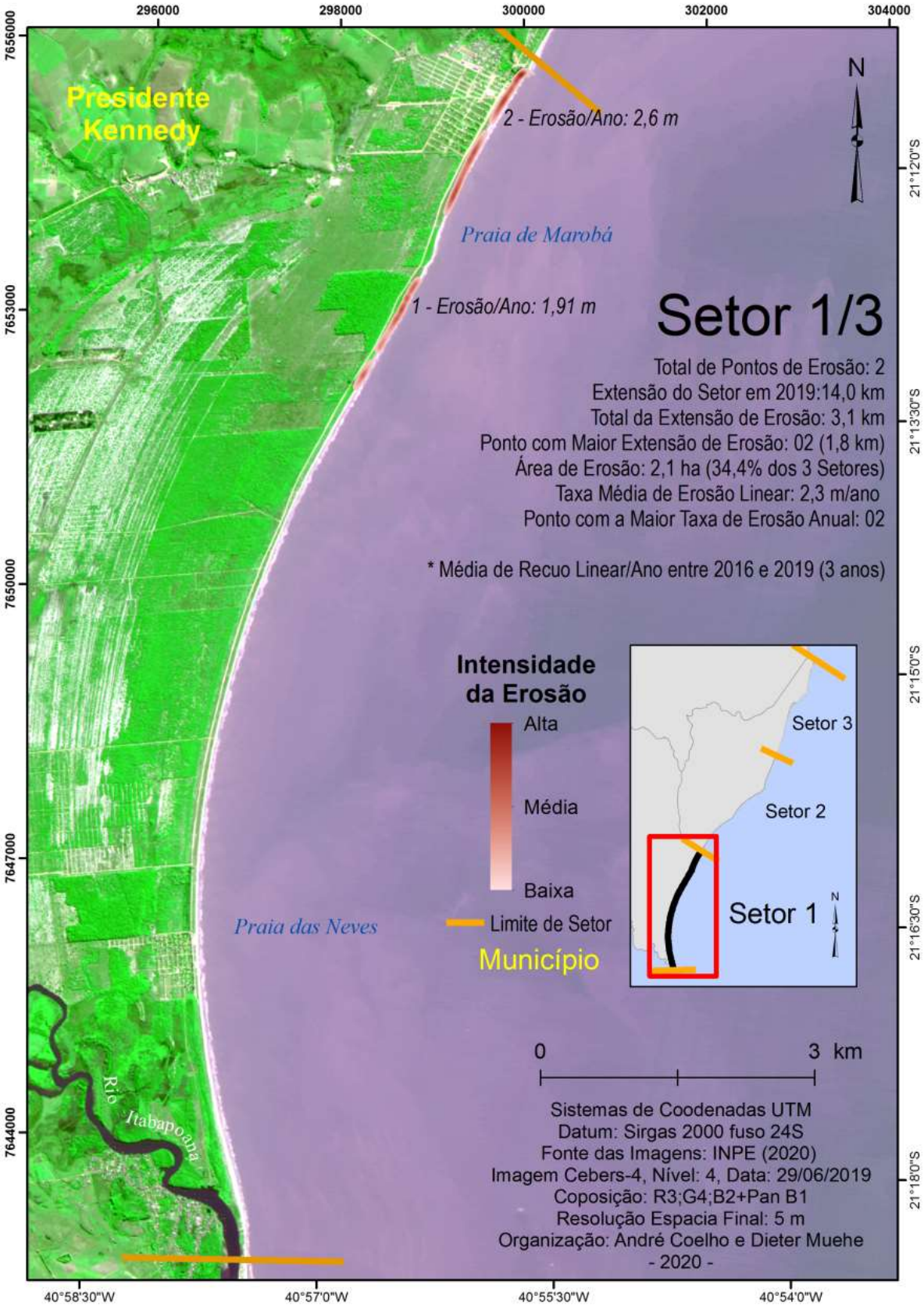


Figura 3.4. Setor 1/3 com a ocorrência de dois pontos de erosão costeira, situados na praia de Marobá ao norte da linha de costa analisada.

Fonte: o autor.

Constitui-se, entre os três setores de mesma extensão, o que possui o menor número de pontos de erosão, apenas dois, situados na porção norte. Porém, foi o que apresentou a maior extensão de faixa de recuo costeiro, com 1,79 km em um trecho da praia de Marobá.

A taxa de recuo médio anual da linha de costa no setor é da ordem de 2,3 m, com o ponto 2 apresentando a maior intensidade desse fenômeno (2,6 m), revelado pelo estimador de densidade *Kernel* localizado nas adjacências de um loteamento no qual um dos seus limites está situado sob as dunas frontais, praticamente na faixa de areia, suscetível aos processos costeiros - a exemplo da deriva litorânea -, e variações de maré, sobretudo nos eventos oceânicos extremos, com ondas de tempestade ou de ondulações de alta energia (Figura 3.4).

Análise do Setor 2/3

O Setor 2 parte do limite norte da praia de Marobá, finalizando nas adjacências da Lagoa do Siri no município de Marataízes, caracterizado por uma orla costeira de uso e cobertura mista, com a ocorrência de loteamentos que fazem limite com trechos de praia e, também com trechos de falésias ativas e inativas (Figura 3.5).

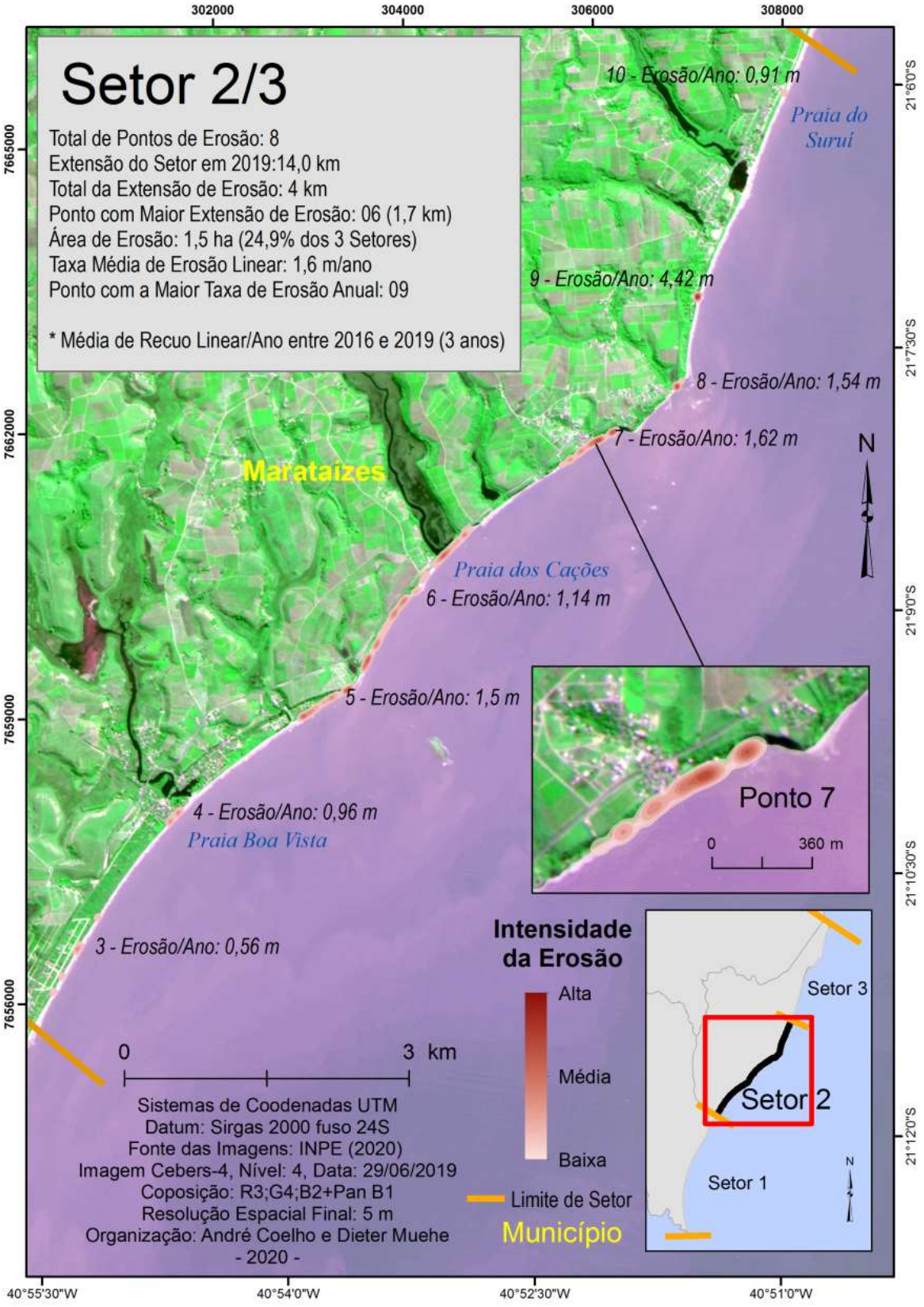


Figura 3.5. Setor 2/3 com pontos de erosão estando distribuídos em toda faixa costeira analisada.

Fonte: o autor.

Em relação ao relevo costeiro, é constituído por porções de planícies de cristas de praia estreita ao sul e norte do setor, enquanto no centro, há ocorrência de falésias em rocha sedimentar (ativas e também inativas) e diversas lagoas entre os vales entalhados de Formação Barreiras, apresentando o estado de praia intermediária em sua maioria, e poucos trechos de praia dissipativa, com alto grau de exposição para todo o setor (Albino et al., 2018).

É, dentre os três setores, o que registrou o maior número de pontos de erosão, totalizando oito, distribuídos ao longo da orla analisada, aproximadamente 1,7 km entre os trechos de recuo (Figura 3.5). Apesar do número elevado desses pontos de erosão, foi o setor que apresentou a menor taxa de recuo médio anual da linha de costa, com 1,6 m, com o Ponto 9 indicando a maior intensidade desse processo (4,42 m) nas adjacências da Lagoa das Pitas, em um processo erosivo pontual, de pouca extensão ao longo da praia, apenas 75 m.

A Figura 3.5 apresenta, adicionalmente, um recorte de maior detalhe da imagem CBERS-4 no Ponto 7, com a tonalidade de vermelho, representando o recuo da linha de costa identificado em um trecho de 690 m de planície costeira estreita, parcialmente constituída por equipamentos residenciais, com parte desses, susceptíveis aos processos erosivos. Já mais para o norte deste recorte verifica-se o trecho de falésia terciária ativa.

Análise do Setor 3/3

O Setor 3 se estende da praia do Suruí, adjacente à Lagoa D'Anta até a desembocadura do Rio Itapemirim, sendo marcado pela urbanização e pela alta balneabilidade em praticamente toda a linha de costa, sobretudo no trecho centro-norte da orla, onde está situada a sede municipal da Prefeitura de Marataízes (Figura 3.6).

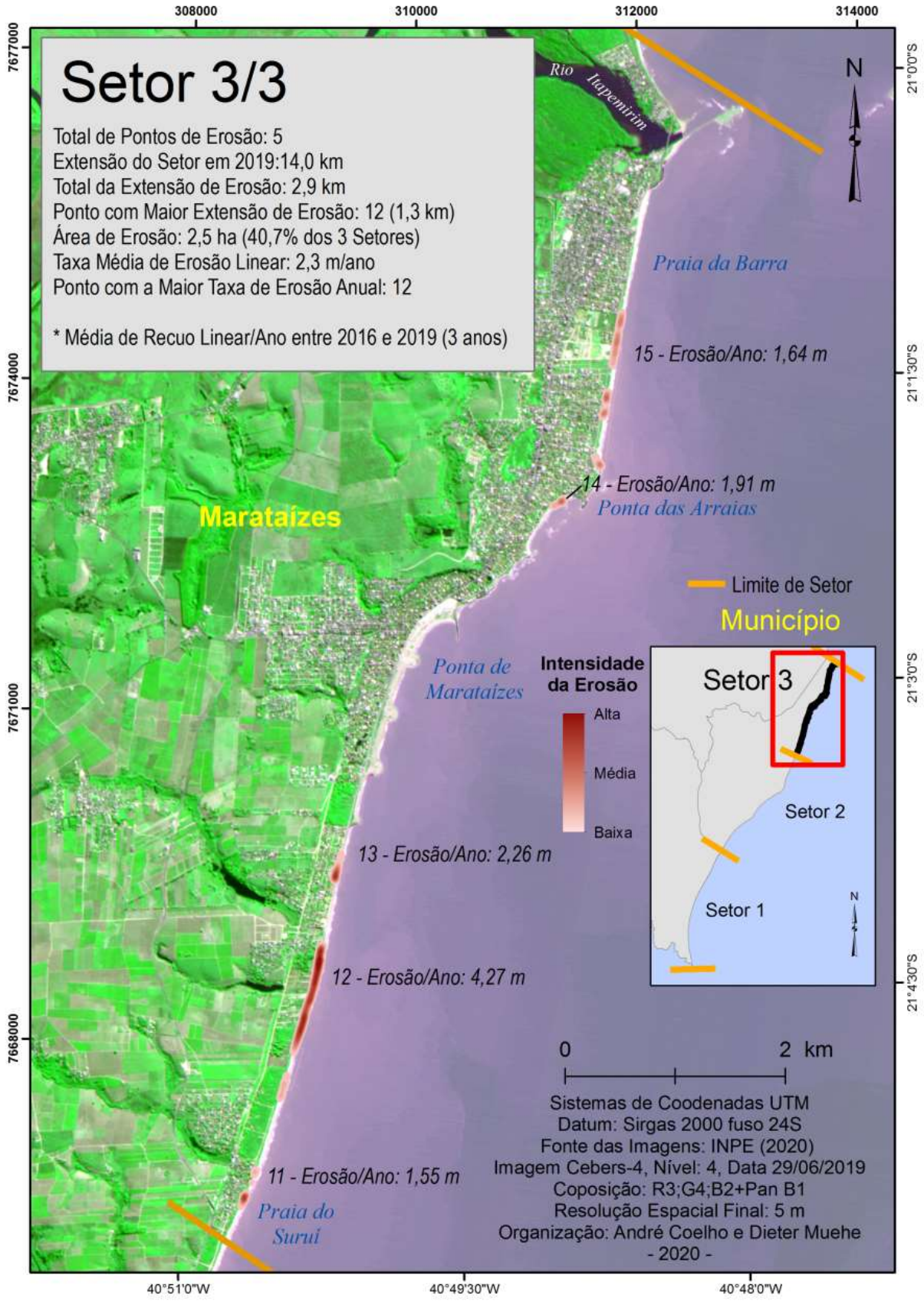


Figura 3.6. Setor 3/3 com o destaque para o Ponto 12 com recuo médio anual de 4,27 m.
Fonte: o autor.

Morfologicamente, é constituído por cordões litorâneos largos na praia do Suruí, enquanto na praia Central de Marataízes é formado por cordões litorâneos mais estreitos, limitados ao fundo por falésias inativas. Após este trecho de praia, o cordão se alonga novamente em direção à desembocadura do Rio Itapemirim, com trechos de pontal - a exemplo da ponta das Arraias- e com ocorrência de substrato sub-horizontal recoberto por concreções lateríticas (Albino et al., 2018).

Em relação ao estado da praia, o setor é caracterizado predominantemente por praias intermediárias e poucos trechos de praia dissipativa, com alto grau de exposição ao sul, e no centro-norte por grau semi exposto (Albino et al., 2018).

Em relação ao recuo da linha de costa o setor é marcado por cinco pontos, totalizando 2,9 km de extensão de faixa de erosão da orla. A taxa de recuo médio anual é de 2,3 m com o Ponto 12 apresentando a maior intensidade desse processo (4,27 m) nas adjacências da Lagoa Funda, na praia de Nova Marataízes (Figura 3.6).

É caracterizado por um trecho que está situado ao sul dos quatro molhes paralelos e enrocamentos longitudinais, localizados a norte na praia Central de Marataízes, com o propósito de conter o processo erosivo em um trecho praial com tipologia predominantemente dissipativa, com tendência de recuo nos eventos, sobretudo extremos, intensificados por ocasião das passagens das frentes frias (Albino et al., 2001) que influenciam o clima de ondas e a dinâmica sedimentar.

Conclusões e considerações

A análise espaço-temporal da variação da linha de costa com base em produtos de sensoriamento remoto do satélite de observação da Terra CBERS-4, possibilitou o monitoramento de 42 km de orla, podendo ser aplicada em outros recortes mais extensos. Configura-se como uma alternativa complementar, para avaliar tendências de recuo e/ou avanço da linha de costa, em uma análise preliminar. Possibilita também integrar dados e informações já realizadas no local, através de outras metodologias, como por exemplo, a medição de perfis topográficos da praia.

Outro aspecto positivo do emprego desta técnica está relacionado à acessibilidade dos produtos de SR e softwares de GIS gratuitos, pois utiliza imagens grátis da série CBERS, podendo ser empregadas demais plataformas gratuitas de sensores LANDSAT, RESOURCESAT, TERRA/ASTER, SENTINEL, etc., associado a um software de SIG/GIS de uso livre, como o QGIS, gvSIG, Grass GIS, SPRING, dentre outros, para o processamento das imagens e geração dos produtos cartográficos.

Ao mesmo tempo, os resultados derivados desta metodologia devem ser interpretados de maneira cautelosa, em função das limitações do próprio produto de sensoriamento remoto, especialmente as seguintes: resolução espacial da imagem, correção geométrica/georreferenciamento, processo de vetorização das linhas da orla, aplicação dos algoritmos calculando preferencialmente as médias de recuo linear, e intervalo temporal entre imagens analisadas que, em caso de eventos erosivos recentes, tendem a apresentar médias anuais menores. Por outro lado, esse pequeno intervalo temporal pode enfatizar também um processo erosivo o que se reflete numa média anual elevada[6]. O procedimento mais indicado é um levantamento contínuo, de quatro em quatro anos em um intervalo total 12 ou mais anos,

[6] Determinadas imagens de SR podem registrar um recuo momentâneo da linha costeira, decorrente de um evento climático e oceanográfico excepcional, havendo a resiliência do trecho impactado com passar de um período de tempo.

para verificar melhor comportamento da linha de costa. Outra limitação possível seria a checagem do produto elaborado sustentado em estudos prévios e/ou campanhas de campo.

A validação, neste caso, tomou como apoio os monitoramentos em parte da área de estudos realizados por Albino et al. (2006), que apontaram locais de erosão costeira que coincidem com as áreas identificadas pelas imagens, e destacaram que: *"(...)o uso e ocupação da costa intervêm no processo de transporte sedimentar, tanto eólico como marinho, provocando desequilíbrios no balanço sedimentar e consequentemente na estabilidade da linha de costa."* (Albino et al., 2006, p.1). Afirmam, ainda, que esses processos de recuo costeiro são intensificados por ocasião das passagens das frentes frias e ameaçam as dunas frontais restantes, as residências e calçadas à beira mar, além dos depósitos terciários de parcial destruição. Outro estudo realizado por Contti Neto et al. (2011) que tratou da vulnerabilidade geomorfológica da planície costeira do Rio Itabapoana apontou um trecho que coincide com o Ponto 2 identificado do Setor 1, com clara tendência de erosão.

Este capítulo não teve a pretensão de avaliar as causas e tendências dos processos de recuo costeiro, mas sugerem a continuidade desse fenômeno, com base nas imagens analisadas e monitoramentos empreendidos em partes do objeto de estudo (Albino, et al., 2006 e Contti Neto et al., 2011). Evidenciou, através do sensoriamento remoto, que muitas dessas erosões estão adjacentes e em locais caracterizados por intensa intervenção humana através da construção de estruturas que interferem, em grande medida, na dinâmica sedimentar e estabilidade da linha de costa. São exemplos os molhes paralelos à praia e enrocamentos longitudinais presentes na praia de Marataízes, as obras de urbanização realizadas junto à face da duna frontal como residências, comércio, ruas, lotes, área de lazer, entre outros, e os trechos de supressão de vegetação nativa com o destaque para a restinga. Revelou também, que os trechos mais longos de orla constituída por vegetação nativa, como o caso do trecho centro-sul do Setor 1/3, não apresentaram recuo.

O emprego desta técnica associada ao uso das geotecnologias se mostrou eficiente ao apontar, mensurar, e evidenciar a intensidade do recuo da linha de costa, através de um estudo temporal, oferecendo um produto complementar no qual podem extrair informações de locais mais suscetíveis a esse fenômeno, servindo de base para o direcionamento de ações de controle e monitoramento, sobretudo de orlas destituídas de análises/levantamentos dessa natureza.

O produto também pode auxiliar a revisão ou elaboração de projetos técnicos e acadêmicos, aprimorar planos de manejo costeiro, além de proporcionar, subsídios para análises espaciais, estatísticas e temporais dessas ocorrências e para os estudos dos efeitos ecológicos, atmosféricos e de mudanças climáticas.

Salienta-se, por fim, que a área em estudo é parte de um sistema maior e extremamente complexo, que envolve não apenas os agentes e processos de ordem natural, a exemplo do clima de ondas, dinâmica de rio e mar/estuário. Esse sistema compreende, também, outras escalas espaciais, outros agentes e processos socioeconômicos (decisões) que, por sua vez, influenciam no todo e que devem ser avaliados em um estudo integrado.

Referências bibliográficas

ALBINO, J.; COELHO, A. L. N.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. Espírito Santo. In: Dieter Muehe. (Org.). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. 1ed., v1 p. 433 – 477, 2018.

ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. Erosão e Progradação do litoral do Espírito Santo. In: Dieter Muehe. (Org.). **Erosão e Progradação do Litoral do Brasil**. Brasília: Ministério de Meio Ambiente, v. 1, p. 227 – 263, 2006.

ALBINO, J.; PASOLINI, A. ; MOURA, M.G ; SARDENBERG, E. R.; COELHO, B. A. . Erosão e estado morfodinâmico da praia central de Marataízes, sul do Espírito Santo. In: **Regional Conference on Geomorphology**, 2006, Goiania. Annals CD, 2006.

ALBINO, J.; PAIVA, D. S. ; MACHADO, G. M. V. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo. **Geografares**, Vitória, ES, v. 2, p. 63-69, 2001.

AKIYAMA, Thales S.; MARCATO JUNIOR. J.; TOMMASELLI, A. M. G. Correção Geométrica de Imagens CBERS-4/PAN com Modelos Generalizados Usando como Referência Dados do Sistema Nacional de Gestão Fundiária. **Anuário do Instituto de Geociências** - UFRJ - Vol. 41 - 2 / p. 358-368, 2018.

CALLIARI, L. J. ; MUEHE, D. ; HOEFEL, F. ; TOLDO, E. E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, v. 50, n.1/2, 2003.

COELHO, A. L. N.; GOULART, A. C. O. Cartografia de Queimadas e Incêndios Aplicados à Mitigação de Desastres e Conservação de Paisagens. **Percursos**, v. 20, p. 66-90, 2019.

COELHO, A. L. N. Prevenção e Mitigação de Desastres a partir do Mapeamento de Fragilidades in: MAGNONI JÚNIOR, L. et al. **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano**. São Paulo: Centro Paula Souza, p. 112-122, 2017.

CONTTI NETO, N.; ALBINO, J. ; COELHO, A. L. N. Geomorphology of Rio Itabapoana Coastal Plain (Espírito Santo, Brazil) And Application to Its Vulnerability. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário -Encontro do Quaternário Sul Americano, 2011, Armação de Búzios RJ. **Anais** do XIII Congresso da Associação Brasileira de Associação de Estudos do Quaternário, 2011.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia Fluvial. In: Sandra Baptista da Cunha; Antônio José Teixeira Guerra. (Org.). **Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicação**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 157-190. 2002.

FARIAS, E. G. G.; MAIA, L. P. - Uso de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 10(4):521-544. 2010.

Geobases 2.0 Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do estado do Espírito Santo - **Carta Topográfica Matricial 1:50.000 - Itapemirim SF-24-V-C-III-1 MI 2651-1,** ano 1967. [Acesso em 04/02/2020]. Disponível em <https://ide.geobases.es.gov.br/layers/geonode:scn_carta_topografica_matricial_itapemirim_sf_24_v_c_iii_1_50_000>. 1967.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas Interativos do IBGE** (2019): Base de Dados Geográficos. [Acesso em 04/02/2020]. Disponível em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/>. 2019.

IEMA - Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Vitória – ES - 2007-2008 - Levantamento Aerofotogramétrico, Apoio de Campo, Aerotriangulação - **Ortofotomosaicos do território do estado do Espírito Santo**, UTM, Datum WGS84, Zona 24s. 2008.

IJSN/CGEO - Instituto Jones dos Santos Neves / Coordenação de Geoprocessamento (2019) **Base de Dados Geográficos** [Acesso em 22/03/2020]. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/>.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - **Divisão de Geração de Imagens**, aquisição de imagens CBERS-4, datas de passagens: 20/08/2016 e 29/06/2019. [Acesso em 02/03/2020]. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>. 2020.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - **Política de Dados CBERS para Usuários Brasileiros**. [Acesso em 05/03/2020]. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/politica_de_dados_cbers_v.1.4_PT.htm>. 2004.

LINS-DE-BARROS, F. M. - Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia** 6(2):83-90, São Paulo, 2005.

MENEZES, P. L.; FERNANDES, M. C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MENTASCHI, L. et al. Global long-term observations of coastal erosion and accretion. **Scientific Reports**. v. 8, 12876, p. 1-11. 27 ago. 2018.

MMA - Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Mudanças Climática e Qualidade Ambiental. **Documento síntese do I Simpósio Nacional sobre Erosão Costeira**, Brasília, 2008.

MUEHE, D.; CASTRO, L. B.; ALBINO, J. Perfis de Praia: Deve o Método das Balizas de Emery ser Abandonado? **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, p. 209, 2020.

MUEHE, D. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 1. 759 pp. 2018.

MUEHE, D. Erosão costeira - tendência ou eventos extremos? O litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 11, p. 315-325, 2011.

MUEHE, D. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 1. 475 p. 2006.

MUEHE, D. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 35-44, 2001.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: Sandra Baptista da Cunha; Antônio José Teixeira Guerra. (Org.). **Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicação**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 191-238, 2002.

MUEHE, D.; KLUMB-OLIVEIRA, L. Deslocamento da linha de costa versus mobilidade praial. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, p. 121-124, 2014.

PETERSEN, James; SACK, Dorothy; GABLER; Robert E. **Fundamentos de Geografia Física**. Editora Cengage Learning, São Paulo, 2014.

ROSS, J. Paisagem, Configuração Territorial e Espaço Total: interação da sociedade com a natureza In: **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental.** São Paulo. Ed. Oficina de Textos, p. 47 – 61. 2009.

SLOCUM, T. A.; McMASTER, R. B; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. **Thematic Cartography and Geovisualization**, 3rd Edition, Ph. Series in Geographic Information. Science, Hardcover, 2008.

SOUZA, C. R. G. - A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 9(1) p.17-37 2009.

André Luiz Nascentes Coelho é geógrafo Professor Associado do Departamento e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo. Líder do grupo de pesquisa Geotecnologias, Ação das Águas e as Repercussões Sobre Território (GEOARSTE-UFES), Coordenador do Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias (LCGGEO-UFES), Membro do Laboratório de Gestão em Redução de Risco de Desastres (LabGR2D-UFES) e do Núcleo de Extensão e Pesquisas Sobre Desastres (CEPEDES-UFES).

Capítulo 4

Aspectos básicos da circulação estuarina e sua relação com o ambiente costeiro

Guilherme C. Lessa

Introdução

Definições clássicas consideram que estuários são ambientes costeiros de transição entre o domínio marinho e fluvial, influenciados pelas oscilações de maré (entendida como oscilações do nível d'água, com periodicidade conhecida e relacionada à movimentos astronômicos), e ao longo dos quais as massas d'água oceânica e continental tem suas características físicas (temperatura, cor, condutividade elétrica e turbidez) e químicas (salinidade, sólidos suspensos, concentração de gases, pH) alteradas (Pritchard 1952, McLusky 1993). A modificação frequente das características da água exige que a fauna e flora que habitam esta região tenham metabolismo peculiar, capaz de suportar grandes variações físico-químicas no ambiente em intervalos de horas, dias e meses. Este grande espectro temporal de variação está relacionado às oscilações diárias e quinzenais da maré (fases de sizígia e quadratura), assim como às oscilações sazonais da precipitação e descarga fluvial.

- COMO CITAR:

LESSA, G. Aspectos básicos da circulação estuarina e sua relação com o ambiente costeiro. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha**: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 74-103. ISBN 978-65-992571-0-0

Estuários são comumente relacionados à foz de rios, e desta forma deltas fluviais podem ser considerados como estuários pelo menos na região onde a mistura de águas marinha e fluvial é regularmente observada. Esse entendimento é comumente aplicado por profissionais que lidam com aspectos biológicos e ecológicos da zona costeira. No entanto, existe um aspecto conceitual relacionado às geociências que torna deltas, e até mesmo o baixo curso de vários rios próximo à costa, inelegíveis à condição de estuário: a invasão do mar, ou um processo localmente transgressivo inundando áreas deprimidas da zona costeira, conforme estabelecido por Dalrymple et al. (1992) e Boyd et al. (2006). A premissa de que deve existir um processo de invasão marinha define estuários como reentrâncias da zona costeira afogadas pelo mar, e não uma feição de progradação (quando a linha de costa avança sobre o mar) como ocorre com os deltas. Os estuários são assim espaços de acomodação/acumulação de sedimentos, que deixam de existir quando não mais tem a capacidade de armazenar sedimentos, permitindo que rios, quando existentes, transportem sedimentos até a antepraia.

Neste contexto transgressivo, os estuários podem existir na região do baixo curso fluvial onde a invasão marinha inundou amplas áreas marginais e gerou uma feição morfologicamente distinta, normalmente caracterizada por uma progressiva redução de sua largura em direção ao continente, se estendendo até onde a influência da maré deixa de ser sentida, quer no estabelecimento de fácies sedimentares quer no zoneamento ecológico. Estuários com estas características são os estuários clássicos (primeiros a serem descritos na literatura), denominados estuários de planície costeira. Suas dimensões tendem a ser estabelecidas pelo tamanho do vale fluvial afogado. São característicos de costas onde um processo transgressivo ainda é atuante, sendo largamente reconhecidos na costa leste norte-americana e costa noroeste europeia. No Brasil, esta categoria de estuários é encontrada na costa paraense (Figura 4.1), submetida a um processo transgressivo ao longo do Holoceno inferior (Souza Filho et al., 2009; Lessa et al., 2019).

Uma variante morfológica dos estuários de planície costeira ocorre em regiões com elevada taxa de transporte de sedimentos longitudinal à costa (deriva litorânea). Nestas regiões a entrada dos estuários pode ser parcialmente obstruída por esporões arenosos, gerando um estreitamento localizado que descaracteriza o afunilamento progressivo do estuário. Ao longo da costa setentrional do nordeste brasileiro, submetida a intenso processo de deriva litorânea impulsionada pelos alísios de sudeste, o Rio Coreaú exemplifica esta morfologia (Figura 4.1).

Fjords são os correspondentes morfológicos, em altas latitudes, dos estuários de planície costeira de regiões tropicais e temperadas. Correspondem aos vales escavados por geleiras e inundados pelo mar após o último máximo glacial. Se diferenciam dos seus pares de baixa latitude por seu relevo escarpado e seus vales com profundidades de várias dezenas a centenas de metros, e que tem sua profundidade diminuída próximo à saída para o mar por depósitos sedimentares glaciais (morenas).

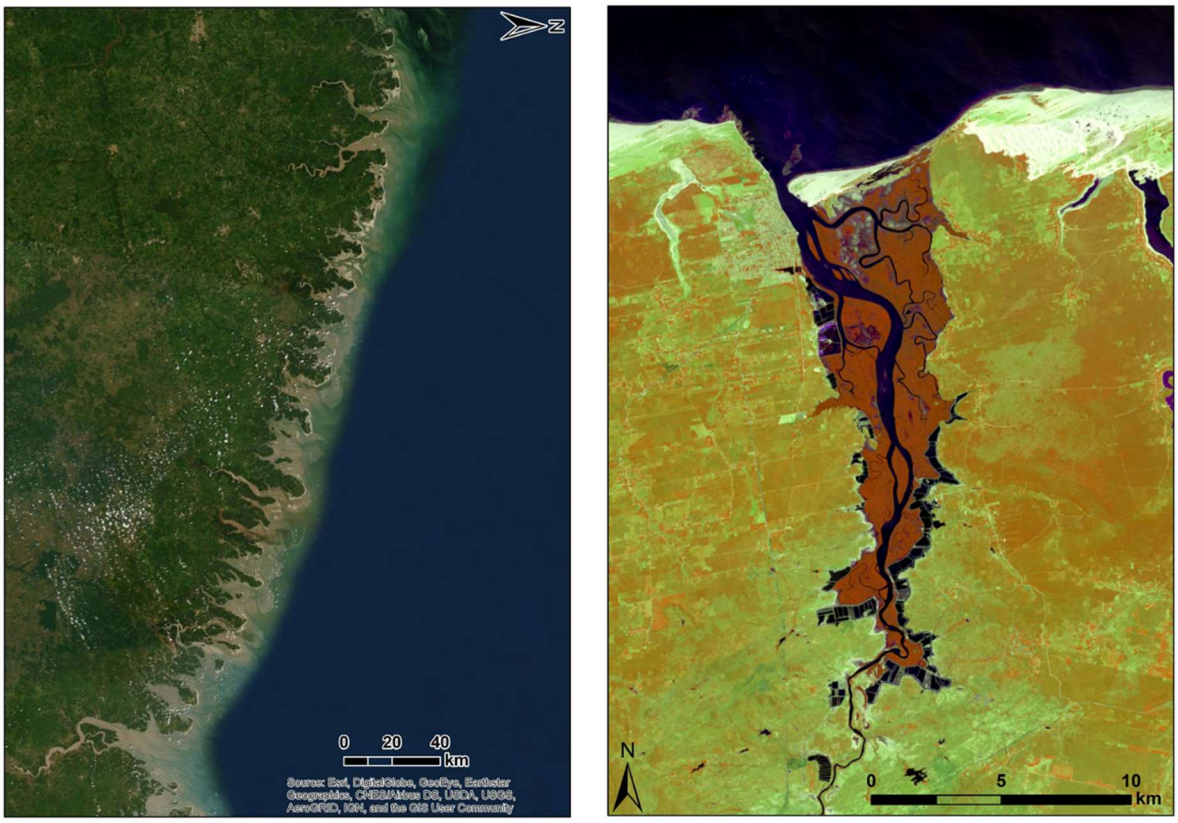


Figura 4.1. Estuários de planície costeira na costa Paraense, à esquerda, feições transgressivas com a inundação dos vales fluviais pela água marinha. Estuário do Coreaú, à direita, com foz parcialmente bloqueada pelo crescimento de um esporão arenoso fruto da deriva litorânea e transporte eólico.

Fonte: imagem da esquerda - *Esri high resolution imagery*. Imagem da direita: Imagens Landsat 7 - cortesia do Serviço Geológico Americano (USGS).

Uma rápida inspeção em imagens orbitais permite observar que muitos estuários não se assemelham a um vale fluvial afogado, com é caso da Baía de Guanabara ou Baía de Todos os Santos (Figura 4.2). Estes estuários apresentam contorno bastante irregular, maior largura em direção ao seu interior e baía secundárias, onde rios chegam a construir deltas internos ao estuário. A invasão marinha nestas reentrâncias costeiras se processou ao longo de depressões do relevo geradas pela subsidência de blocos do embasamento seccionados por falhas geológicas. Estes estuários apresentam profundidades variando de poucos metros a dezenas de metros, e são classificados como estuários tectônicos.

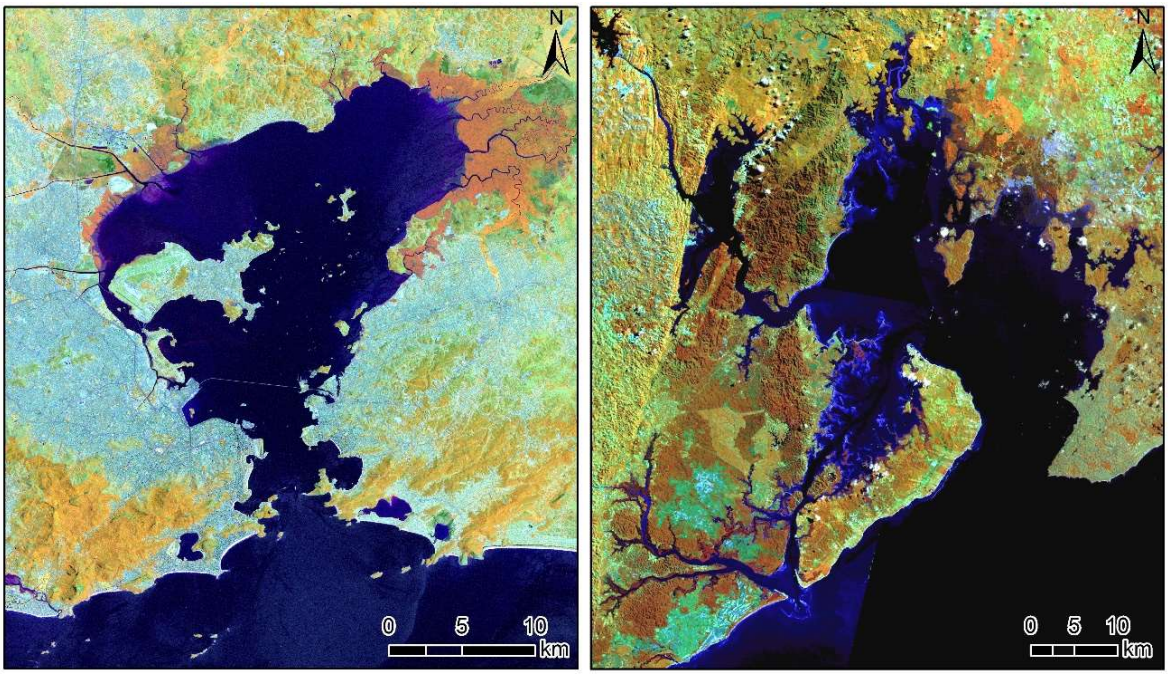


Figura 4.2. Exemplos de estuários tectônicos: Baía de Guanabara (à esquerda) e Baía de Todos os Santos (à direita). Não existe evidência de uma drenagem continental afogada.
Fonte: imagens Landsat 7

Existem ainda morfologias estuarinas peculiares associadas às lagunas e complexos de canais de maré ou sistemas estuarino-lagunares. Estes compõem uma classe de estuários cuja gênese está relacionada à construção de uma barreira arenosa à frente de um recuo da linha de costa. Mais uma vez, a morfologia destes estuários não espelha um vale fluvial afogado, apesar de poderem apresentar rios e desenvolvimento de pequenos deltas fluviais no seu interior. O eixo principal destes estuários é longitudinal, e não transversal à costa, e sua profundidade costuma ser restrita a poucos metros. Uma importante característica das lagunas, mas não dos complexos de canais de maré, é a influência da maré limitada à uma pequena extensão próxima à embocadura, onde o fluxo de água é canalizado. A importância da maré se perde com a expansão da laguna propriamente dita, onde o vento e ondas de superfície locais passam a ser os principais agentes motores da circulação interna e transporte de sedimentos. A Laguna de Araruama (RJ) (Figura 4.3), e a Lagoa dos Patos são exemplos de lagunas, enquanto o Mar de Cananéia e o Estuário de Santos (Figura 4.3) são representativos de complexos de canais de maré.

O entendimento exposto acima é bastante resumido e não exaure os tipos morfológicos relacionados na literatura. Uma discussão mais aprofundada da morfologia estuarina pode ser encontrada em Kjerfve e Magill (1989) e Perillo (1995).

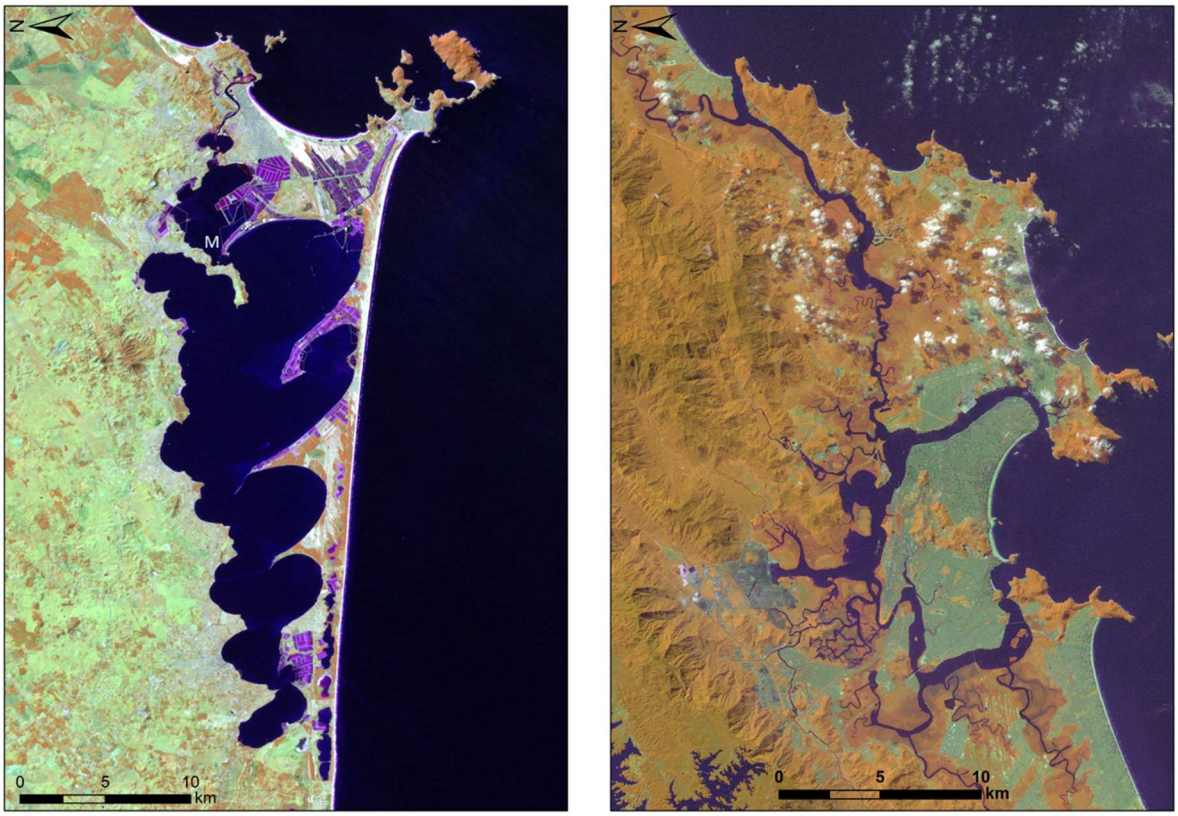


Figura 4.3. Laguna de Araruama, à esquerda, e sua restrita comunicação com o mar através do Canal de Itajuru. A máxima extensão da influência da maré ocorre no ponto M. Complexo de canais estuarinos de Santos-Bertioga, à direita.

Fonte: imagens Landsat 7

Circulação de maré

Marés são as oscilações do nível médio do mar causadas por variações da força de atração gravitacional da lua e do sol[1], e são sempre relacionadas como o principal motor da hidrodinâmica estuarina. As maré causam alterações do nível d'água na zona costeira, e com isso geram uma inclinação da superfície da água entre o oceano e o estuário, forçando o escoamento da água em direção ao continente na fase de subida da maré (gerando correntes de maré enchente), e para fora do estuário na fase de descida da maré (correntes de maré vazante). Este fluxo, com raras exceções, é unidirecional em um perfil vertical da coluna d'água, ou seja, o escoamento direciona-se para dentro e para fora do estuário em todas as profundidades.

A velocidade do escoamento é proporcional à altura da maré, e costuma variar entre dezenas de centímetros a poucos metros por segundo (10^{-1} a 10^{0} m/s). Como a oscilação da maré tem um período pré-estabelecido (12,4 horas ao longo do litoral brasileiro), quanto maiores forem as marés maior será a inclinação da superfície líquida, e mais rápidas serão as correntes de maré. Desta forma, para estuários de tamanhos similares, as correntes de maré serão mais rápidas

[1] A maré é um fenômeno astronômico, relacionada às posições da lua e do sol em relação à Terra. Como estas posições podem ser predeterminadas, assim também ocorre com a maré, que pode ser prevista. Variações do nível médio do mar podem também ser causadas por variações nas condições meteorológicas (campos de vento e pressão) na zona costeira, que geram ondas longas com vários decímetros de altura no litoral brasileiro. Essas ondulações são comumente (erroneamente) chamadas por marés meteorológicas, apesar de não possuírem clara periodicidade e nem serem causadas por fatores astronômicos.

naqueles situados em regiões de macro do que nas regiões de micromaré. Da mesma forma, para uma mesma região, as correntes serão mais intensas nas marés de sizígia do que nas marés de quadratura[2].

Outra questão morfológica importante na regulação das intensidades das correntes de maré é o prisma de maré, definido como o volume de água que pode ser armazenado, em todo o estuário, entre os níveis da baixa-mar e da preamar. Para uma mesma altura de maré, estuários com maior volume de água recebido na maré de enchente, ou liberado na de vazante, apresentarão velocidades de corrente maiores. Isso porque, por continuidade, se o volume de água a ser trocado em um mesmo intervalo de tempo (intervalo inimutável da maré) aumenta, a descarga tem que ser maior. Importante frisar: o que define o tamanho do prisma não é o volume de água armazenado abaixo do nível da baixa-mar ou a profundidade do estuário, mas sim o tamanho da área submetida ao processo de submersão na maré de enchente (ou emersão na maré de vazante). O prisma pode ser matematicamente aproximado pela equação $P = A \times h$, onde A é a área do estuário e h é a altura da maré. Desta forma, para uma mesma altura de maré estuários maiores apresentarão correntes mais velozes; por outro lado, como já exposto acima, estuários sujeitos a maiores alturas de maré apresentarão maiores velocidades de corrente do que estuários de tamanho similar, mas com menor altura de maré.

Assimetrias no escoamento de transporte resultante de sedimentos

As correntes de maré são muito importantes para o transporte de sedimentos arenosos (transporte por tração), cujo volume transportado é proporcional à velocidade da corrente elevada ao cubo (u^3). É muito comum observar nos estuários que um dos sentidos de escoamento da maré (vazante ou enchente) apresenta correntes mais velozes do que o outro. Desta forma, temos estuários dominados por correntes de maré enchente (quando a velocidade do fluxo de enchente é maior) e estuários dominados por correntes de maré vazante (quando o fluxo de vazante é mais vigoroso).

Estuários dominados pela maré vazante tendem a apresentar volumosos depósitos arenosos na antepraia, denominados de deltas de maré vazante, que são construídos pelo represamento temporário de sedimentos marinhos transportados pela deriva litorânea. É errado interpretar que os sedimentos tenham origem fluvial; estes ficam presos na cabeceira dos estuários, não alcançando a costa. Já estuários dominados pela maré enchente tendem a apresentar depósitos de sedimentos marinhos na região interna, imediatamente atrás do canal de entrada ou embocadura do estuário. Analogamente, estes depósitos são chamados de deltas de maré enchente. Os deltas de maré são facilmente identificados em fotografias aéreas, como mostra a Figura 4.4. Lessa et al. (2019) mostram que a maioria dos estuários brasileiros são dominados, em maior ou menor grau, pela maré vazante, e desta forma deltas de vazante são feições comuns na nossa costa.

O entendimento da direção resultante de transporte de sedimentos na saída de estuários é importante para o gerenciamento costeiro. Um estuário dominando por maré enchente retira

[2] Marés de sizígia relacionam-se a grandes oscilações do nível d'água, e ocorrem quando o Sol, a Terra e a Lua estão aproximadamente alinhados, coincidente com luas cheia e nova. Marés de quadratura se relacionam a menores amplitudes de oscilação da maré, e ocorrem quando a disposição do Sol, Terra e Lua formam um angulo de 90º. Nesta situação a Lua aparece como quarto minguante ou quarto crescente.

sedimentos da célula litorânea de circulação de sedimentos[3], enquanto estuários dominados por maré vazante facilitam a transposição dos sedimentos na embocadura do estuário (processo de *bypass*), da margem à montante para a margem à jusante da direção de transporte litorâneo. Modificações da dinâmica de circulação de maré nos estuários, causadas por processos naturais (longo prazo) ou antrópicos (curto a médio prazo), podem modificar o trânsito de sedimentos na zona costeira e impactar a dinâmica de sedimentar (como será visto abaixo).



Figura 4.4. A) Delta de maré vazante à frente do canal de Itaparica, desembocadura sul da Baía de Todos os Santos (BA) (detalhes em Bittencourt et al., 2001). B) Delta de maré enchente no estuário de Port Stephen (NSW, Austrália) (detalhes em Austin et al., 2009). **Fonte:** *Google Earth*

[3] Trecho do litoral ao longo do qual existe um contínuo do transporte de sedimentos, com fontes e sumidouro (veja detalhes em Inman, 2005).

Antes de discorrer sobre mudanças da hidrodinâmica, é importante pontuar o que causa o domínio de maré enchente ou vazante em um estuário. O assunto é bastante extenso, mas de modo resumido pode ser estabelecido que: estuários com canais relativamente profundos e com amplas áreas de inundação pela maré tendem a ser dominados por vazante; estuários relativamente rasos e com estreita faixa de inundação tendem a ser dominados por maré de enchente. O termo "relativo" empregado se deve à necessidade de considerar a altura da maré na avaliação da profundidade. Um estuário com canal de drenagem de 10 m de profundidade (H = 10 m) será um estuário relativamente mais profundo para uma maré com altura de 1 m (0,5 m de amplitude), do que com uma maré de 8 m de altura (4 m de amplitude). De acordo com critérios morfodinâmicos estabelecidos por Friedrichs e Aubrey (1988), caso a profundidade média do canal estuarino seja inferior a 3,3 vezes a amplitude da maré ($H < 3{,}3\ a$) o estuário tenderá a ser dominado por maré de enchente independentemente da extensão de sua área de inundação mareal. Isso se aplicaria, por exemplo, ao estuário do exemplo acima com 4 m de amplitude de maré, onde H (10 m) é menor que 3,3a (13,2 m).

A Figura 4.5 resume o morfodinamismo estuarino e serve como passo inicial para avaliação da direção resultante de transporte de sedimentos por tração em estuários. As isolinhas no gráfico indicam a proporção do volume de sedimentos transportados pela maré de enchente em relação ao transportado pela maré de vazante ao longo de um ciclo de maré. A razão na ordenada relaciona o volume (e não a área) de água armazenado na região de inundação mareal (V_S) ao volume do canal (V_C) relativo ao nível médio do mar. Quanto maior esta razão maior a importância do volume de água armazenado entre preamar e baixa-mar nas planícies marginais. A razão na abcissa relaciona a amplitude de maré (a) à profundidade média do canal (H). Quanto maior esta razão, maior será a altura relativa da maré e relativamente mais raso será o canal. Como antecipado, observa-se na Figura 4.5 que razões de a/H superiores a 0,3 se relacionam a maiores taxas de sedimentos transportados pela maré de enchente independentemente de variações da razão V_S/V_C. Em estuários bem rasos (a/H = 0,6), o volume de sedimentos transportados na enchente é aproximadamente 2,5 vezes o transportado por vazante. Já para estuários relativamente profundos, com a/H < 0,3, o gráfico sugere que quanto maior a razão V_S/V_C maior será o domínio da maré de vazante. O gráfico sugere ainda que uma transição entre domínios de maré vazante e enchente pode ocorrer se a razão V_S/V_C se tornar muito pequena. Inversamente, o câmbio de domínio de enchente para vazante pode ocorrer se esta mesma razão aumentar.

Os resultados da Figura 4.5 foram obtidos através de simulações numéricas do fluxo de maré em estuários idealizados, tendo como partida a realidade morfológica da costa leste americana, onde as marés variam de micro a mesomaré. Trabalhos publicados posteriormente mostraram, no entanto, que grandes volumes intermareais associados a estuários rasos (a/H > 0,3) em regiões de macromarés podem fazer com que o domínio de maré enchente seja alterado para domínio de maré vazante nas marés de sizígia, quando a extensão da inundação mareal aumenta (Lessa 2000, Fortunato e Oliveira 2005). Este fato é especialmente relevante para a avaliação morfodinâmica de estuários da Região Norte brasileira, onde as amplitudes de maré são superiores a 3 m.

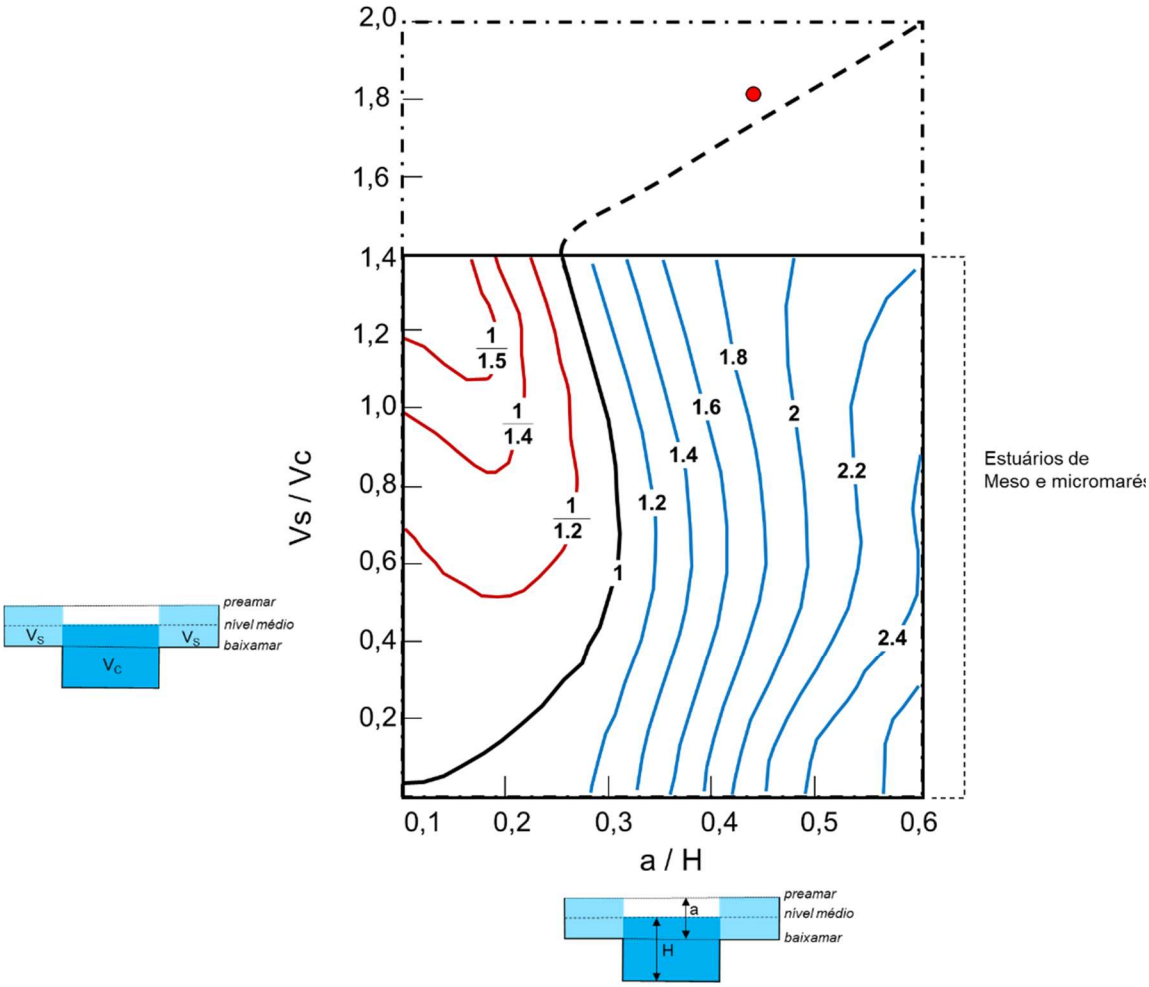


Figura 4.5. Diagrama relacionando a razão transporte de sedimentos pelas marés de enchente e marés de vazante (isolinhas) com a altura adimensional da maré (a/H) e o volume de água armazenado na zona de inundação de maré (V_S) relativo ao volume de água armazenado no canal (V_C). Linhas vermelhas (azuis) indicam transporte de maré vazante (enchente) superior ao de enchente (vazante). A figura original publicada por Friedrichs e Aubrey (1988) é estendida para incluir resultados obtidos em estuários rasos de micromaré (ponto vermelho) publicados por Lessa (1990).

Fonte: modificado de Friedrichs e Aubrey (1988).

Um exercício recente, com base em simulações numéricas, foi executado na Baía de Todos os Santos por Teixeira et al. (2020). Duas simulações foram executadas: uma utilizando a batimetria real da baía (Figura 4.6b) e outra com o aprofundamento das áreas rasas e intermareais para uma profundidade de 5 m (Figura 4.6a), removendo assim as áreas de inundação de maré, mas sem alterar o perímetro do estuário. Os resultados mostram que a inclusão das áreas de inundação de maré em um estuário inicialmente mais profundo nas regiões marginais fez com que o domínio de maré enchente fosse substituído por de maré vazante nas regiões mais internalizadas e próximas das áreas de inundação. Já o fraco domínio de vazante no corpo principal e mais fundo do estuário foi acentuado.

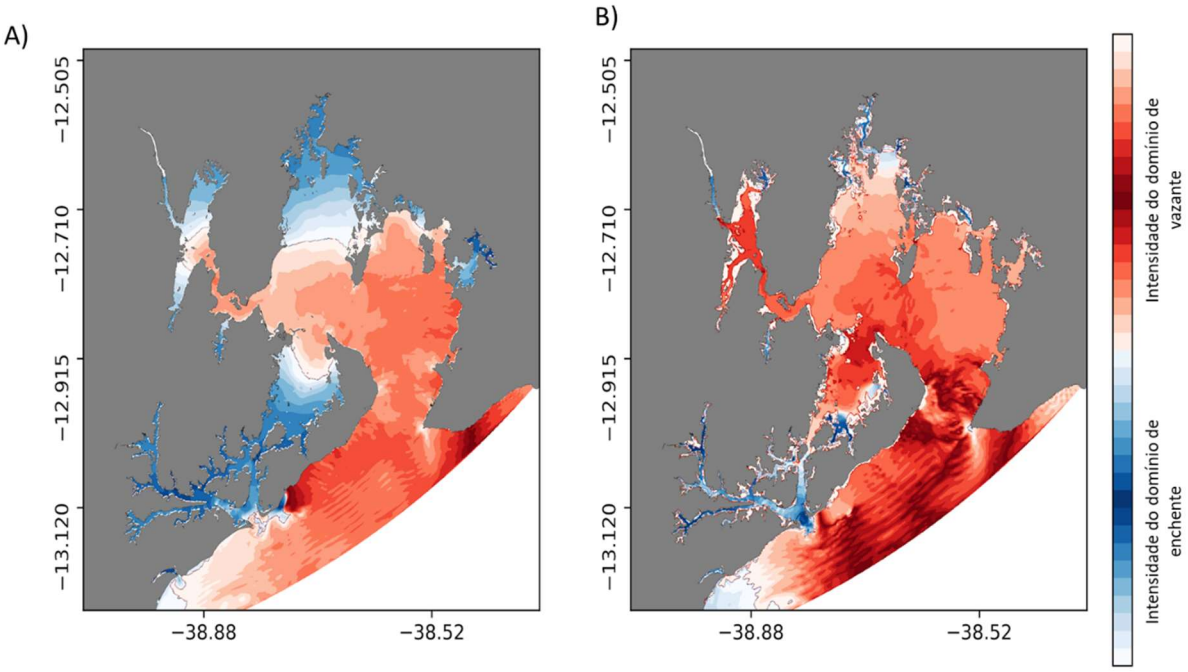


Figura 4.6. Variação da intensidade do domínio de marés de vazante (cores mais quentes) e de enchente (cores mais frias) na Baía de Todos os Santos considerando a inexistência (à esquerda) e existência (à direita) das áreas de inundação de maré.

Fonte: Teixeira et al. (2020)

Impactos de alterações antrópicas e naturais na morfologia estuarina

Pelo exposto acima, fica claro que modificações da morfologia do estuário causam alteração no transporte de sedimentos, podendo inclusive alterar a polaridade morfodinâmica do estuário, de domínio de enchente para domínio de vazante, ou vice-versa. Em intervalos geológicos de tempo (milhares de anos) esta possibilidade foi inicialmente aventada por Boon e Byrne (1981) a partir de exercícios numéricos em um estuário idealizado de micromaré. Os autores simularam o progressivo entulhamento sedimentar do estuário a partir de uma morfologia característica do domínio de maré enchente (sem áreas de inundação mareal). Com a expansão paulatina de áreas marginais de inundação, eles mostraram a possibilidade de ocorrência de um câmbio morfodinâmico, com o estuário passando para um domínio de maré vazante.

No mundo real, a aproximação deste momento de câmbio é sugerido por Moore et al. (2009) no estuário de Dee (Irlanda), e evidências da ocorrência desta inversão morfodinâmica são apresentadas por Lessa e Masselink (1995) e Lessa et al. (1998) no registro geológico dos estuários de Louisa Creek (Australia) e Baía de Paranaguá (PR), respectivamente. Estes dois estuários são atualmente dominados por maré de vazante, mas apresentam amplos depósitos de areias marinhas no seu registro geológico holocênico, indicadores de intenso transporte por marés de enchente em um passado recente, que de acordo com Lessa et al. (2000b) deve ter ocorrido há aproximadamente 2.000 anos em Paranaguá.

O Estuário de Paranaguá está inserido em uma célula de circulação litorânea que se inicia na Ponta do Vigia, no norte de Santa Catarina, e se estende pelo menos até o sul do estado de São Paulo (Lessa et al., 2000b) (Figura 4.7). Ao longo deste trecho litorâneo observa-se uma contínua ampliação da largura dos terraços marinhos holocênicos, que no extremo sul da célula de circulação litorânea são inexistentes, expondo terraços pleistocênicos à erosão costeira (Figura

4.7). Dois outros importantes estuários estão presentes ao longo deste trecho de compartilhamento de sedimentos, sendo eles o estuário da Baía de São Francisco, ou Babitonga, e o Estuário da Baía de Guaratuba, ambos com deltas de maré vazante bem desenvolvidos (Figura 4.7). O fato destes estuários serem dominados por maré de vazante permite o livre fluxo de sedimentos ao longo da costa e a formação e uma extensa célula de circulação.

Apesar de protegidas por lei, as regiões intermareais estuarinas sofrem grande pressão antrópica, sendo historicamente ocupadas por aterros urbanos e industriais, salinas e tanques de carcinicultura, estes últimos especialmente numerosos na Região Nordeste (Ferreira e Lacerda, 2016). A redução da superfície dos manguezais á particularmente notável. Os Estuários de Paranaguá (PR) e Sepetiba (RJ), por exemplo, perderam respectivamente 11% e 30% da área de mangues nas últimas décadas com a expansão de áreas urbanas/industriais (Caneparo, 2001; Araújo et al., 2017). O aterro ou isolamento das áreas de inundação mareal pode causar a diminuição da intensidade do domínio de vazante e permitir que estuários passem a importar os sedimentos arenosos transportados pela deriva litorânea. Essa nova situação pode gerar duas consequências graves: i) problemas erosivos na costa à jusante (relativo à direção da deriva) do estuário, e ii) assoreamento do canal de entrada do estuário, promovido pela diminuição do prisma de maré e velocidade das correntes, além da chegada de maior volume de sedimentos. Dado que portos importantes se situam dentro de estuários, como os porto de Paranaguá, Santos e Vitória, o assoreamento do canal estuarino pode comprometer a viabilidade de operações portuárias e aumentar o tempo de residência[4] do estuário, com várias consequências biológicas, econômicas, sanitárias e sociais.

Exemplo do impacto antrópico no equilíbrio morfodinâmico recente de estuários é dado por Gao et al. (2014) na Baía de Jiaozhou (China), cuja área de inundação mareal foi reduzida em mais de 30% desde 1930. Como consequência, o domínio de maré enchente foi fortemente aumentado. Lessa (1990), através da análise de documentos históricos, sugere que uma situação de domínio de maré vazante no canal de entrada da Laguna de Araruama (RJ) foi alterada para domínio de maré enchente após bloqueio da entrada do canal e posterior erradicação da quase totalidade da área de inundação mareal. A Figura 4.8a-c mostra uma sucessão de 3 mapas históricos da região abrangendo 300 anos, 1575, 1788, e 1862. O mapa mais antigo, de Vau de Claye (Figura 4.8a), mostra o contorno do litoral fluminense com especial detalhe entre Cabo Frio e Baía de Guanabara. O texto escrito na entrada da Laguna de Araruama indica a existência de um porto com capacidade para cinco naus de 200 toneladas, as quais teriam pelo menos 4 m de calado (Lessa 1990). Esta descrição é contrastante à situação de completo assoreamento observada no local do dito porto (Figura 4.8d), cuja existência pode ser comprovada por registros arqueológicos, onde atualmente um delta de maré enchente ocupa mais de 80% da sua antiga área. A causa deste aparente câmbio morfodinâmico residiria na obstrução parcial da entrada do canal no início do século 17, e no aterro de grandes áreas de inundação nos séculos 19 e 20.

[4] Tempo de residência e tempo de descarga são tradicionalmente utilizados para indicar, respectivamente, o tempo de retenção de uma massa d'água dentro do estuário e a capacidade de renovação das águas de um estuário. Para mais informações ver Monsen et al. (2002)

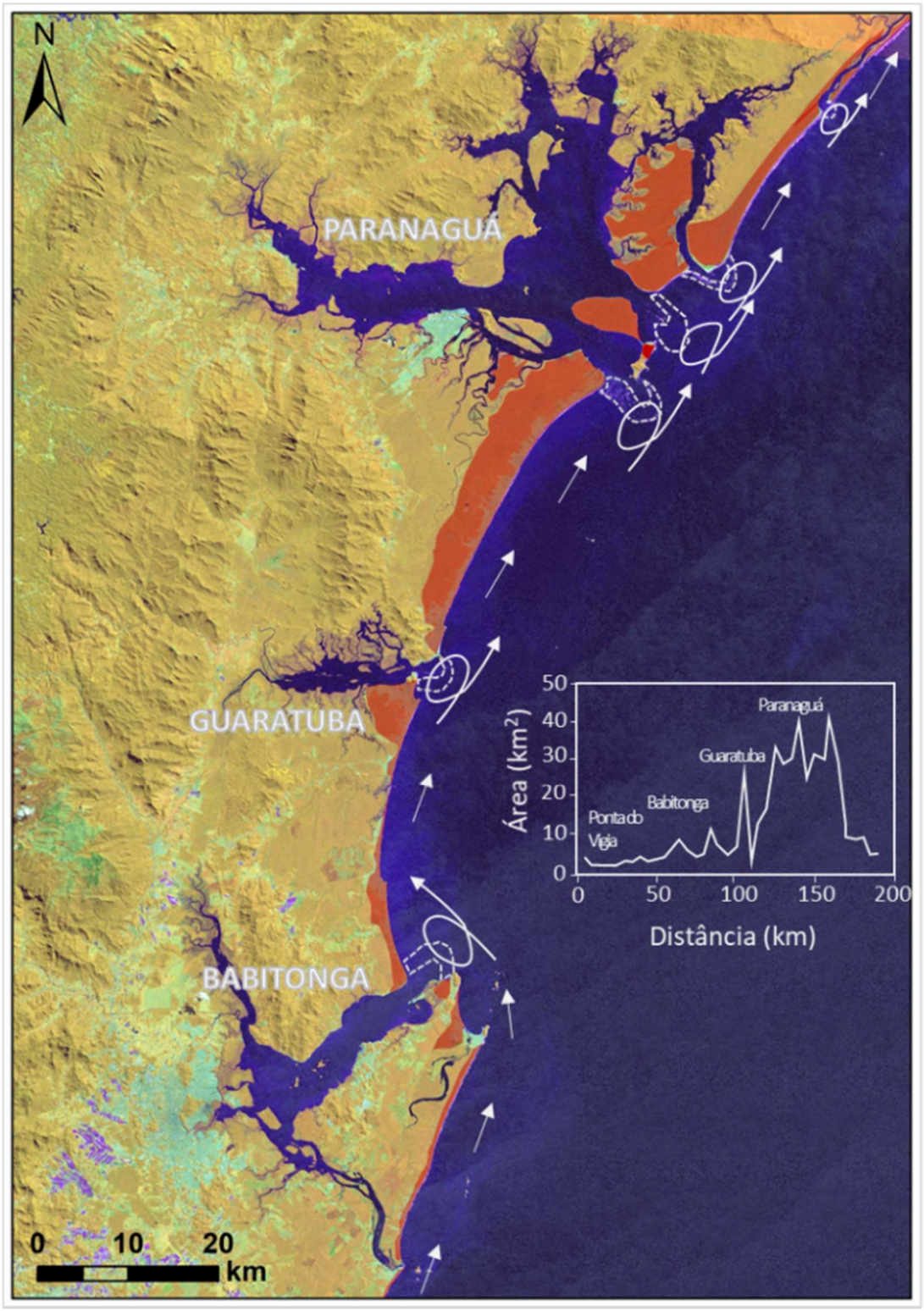


Figura 4.7. Célula costeira de circulação de sedimentos entre o litoral de Santa Catarina e Paraná. Os estuários apresentam deltas de maré vazante junto à foz (linhas tracejadas), à frente dos quais os sedimentos são temporariamente retidos antes da transposição. As setas indicam o sentido da deriva litorânea e as regiões em laranja a extensão dos terraços marinhos holocênicos. O gráfico mostra o aumento da área correspondentes a estes terraços do sul para o norte.

Fonte: modificado de Lessa et al. (2000)

E por que isso ocorreu? Para evitar o contrabando do pau-brasil retirado da margem continental da Laguna de Araruama, os portugueses destruíram uma pequena fortificação em 1615 e depositaram o material na saída do canal, de modo a dificultar a entrada de navios piratas (Cunha e Leite, 1994). Este acúmulo de detritos encontra-se bem marcado no mapa de 1862, obstruindo pelo menos metade da seção de entrada do canal. Esta redução da seção de escoamento certamente causou uma impedância hidráulica, ou seja, um aumento do atrito no escoamento e redução da vazão. Uma menor quantidade de água entrando na laguna durante a maré de enchente diminuiu a altura da maré do lado interno, bem como a extensão da inundação mareal. Lessa (1990) calcula que a obstrução da entrada do canal acarretou em uma redução de 10% do prisma de maré e alterou a assimetria da maré, de domínio de vazante para domínio de enchente. Desta forma, em 1788 um delta de maré enchente já é mapeado (Figura 4.8b), que aparece acrescido no mapa de 1862 com o nome de Ilha das Pombas (Figura 4.8c). Na Figura 4.8b uma extensa área de apicum (manguezais) aparece margeando o canal, mas seu efeito na manutenção do fluxo de vazante foi anulado pela redução da seção de entrada do canal e diminuição da extensão de inundação mareal.

Por intervenção do Barão de Mauá, a entrada do canal foi desobstruída já no fim do século 19. Talvez então houvesse possibilidade de restabelecimento da dinâmica de circulação original. No entanto, a quase totalidade das regiões de inundação mareal já haviam sido tomadas pela atividade salineira, conforme mostra a Figura 4.8d, e o canal continuou sob o domínio das marés de enchente. Nestas últimas décadas foram realizadas várias intervenções de dragagem no canal de laguna, de modo a facilitar a troca de água e diminuir a insalubridade de suas águas.



Figura 4.8. Cartografia da entrada Laguna de Araruama. A) Mapa de 1575 de Vau de Claye mostrando a Baía de Guanabara (1) e Laguna de Araruama (2). Detalhe da entrada da laguna com texto informando a existência de um porto com capacidade para cinco naus de 120 toneladas; B) Planta da cidade de N. Sra. de Assumpção de Cabo Frio, de 1788, de autoria de Fabrício S. Desterro, onde é indicada a presença de banco arenoso interno ao canal C) Carta náutica produzida por Vital de Oliveira em 1862, sugerindo a expansão do banco arenoso (Ilha das Pombas) e indicando o bloqueio de pedras na entrada do canal. D) fotografia aérea da entrada da Laguna de Araruama mostrando a cidade de Cabo Frio e antigas salinas. Linha tracejada mostra contorno aproximado das margens do canal natural.
Fonte: A) Cunha, 2004); B) Fotocópia fornecida por Marcio Werneck da Cunha; C) Superintendência de Navegação; D) Google Earth.

Circulação de baixa frequência ou não-mareal

- **Circulação residual de maré**

A circulação de maré, apesar de bastante intensa, tem efeito relativamente limitado no estabelecimento de trocas entre diferentes compartimentos do estuário e entre este e a zona costeira. Ou seja, tem efeito limitado na renovação da água no estuário. As correntes de maré tendem a gerar movimentos de ida e de vinda, promovendo um efeito mais difusivo do que advectivo[5]. Ao longo de um ciclo completo de maré, as correntes tendem a deslocar material para frente e de volta ao mesmo lugar, análogo ao funcionamento de um pistão, causando pouco deslocamento residual ou efetivo ao final do ciclo. Quando existe uma assimetria das correntes de maré, pode ocorrer o estabelecimento de uma circulação residual[6] de maré, unidirecional na coluna d'água (correntes fluindo em uma mesma direção da superfície ao fundo). Desta forma, a posição de uma partícula ao final de um (ou mais) ciclos completos de maré, estará espacialmente deslocada em relação à posição inicial. A distância entre estas duas posições, dividida pelo tempo considerado, é a velocidade da circulação residual, a qual é também denominada por bombeamento de maré.

Um esquema ilustrando a corrente residual de maré é apresentado na Figura 4.9a-b, assumindo um estuário dominado por maré enchente e com descarga fluvial nula. Duas morfologias estuarinas são ilustradas: uma com contorno suave (Figura 4.9a_1) e outra com contorno bastante irregular (Figura 4.9a_2), o qual promove variações espaciais na velocidade das correntes de maré e acabam por gerar grandes discrepâncias na direção e intensidade dos vetores de correntes residuais (Figura 4.9a_2,b_2). Em alguns casos, vórtices residuais podem ser criados, como indicado por setas em cinza na Figura 4.9a_2, os quais se associam a direções variadas (até mesmo opostas) da corrente residual em diferentes locais (Figura 4.9b_2). Um exemplo de campo de correntes residuais de maré é apresentado na Figura 4.9c, produzido pela promediação de um mês de dados horários (simulados numericamente) das velocidades de superfície na Baía de Todos os Santos, com circulação forçada apenas pela maré astronômica (Santana et al., 2018). Círculos ressaltam a posição de vórtices residuais. A magnitude da corrente residual é máxima na entrada da baía, onde um extenso vórtice gera uma circulação no sentido horário. A presença deste vórtice explica uma grande acumulação de resíduos (lixo urbano e algas) normalmente encontrada na extremidade sudeste da Ilha de Itaparica. As cores na Figura 4.9c mostram a variação do nível médio da água, com uma depressão de 5 cm na saída do estuário onde as correntes de maré são mais intensas. Esta depressão localizada é resultado do efeito de Bernoulli, relacionado ao adelgaçamento da camada de fluxo com o aumento da velocidade.

[5] Difusão é o processo de deslocamento aleatório de partículas causado pela turbulência. Advecção é o transporte de partículas por um fluido em movimento.

[6] Correntes residuais representam a média dos valores de corrente após 1 ou mais ciclos completos de maré. Arbitrariamente, pode-se estabelecer um sinal negativo (-) para as velocidades de maré enchente, e positivos (+) para as de maré vazante. Se ao longo de 12,5 horas (ou 25, 50...) de monitoramento tivermos um uma média com valores positivos, obviamente o resíduo será de vazante. Este cálculo pode ser feito para a média da velocidade em toda coluna d´água ou por intervalos de profundidade.

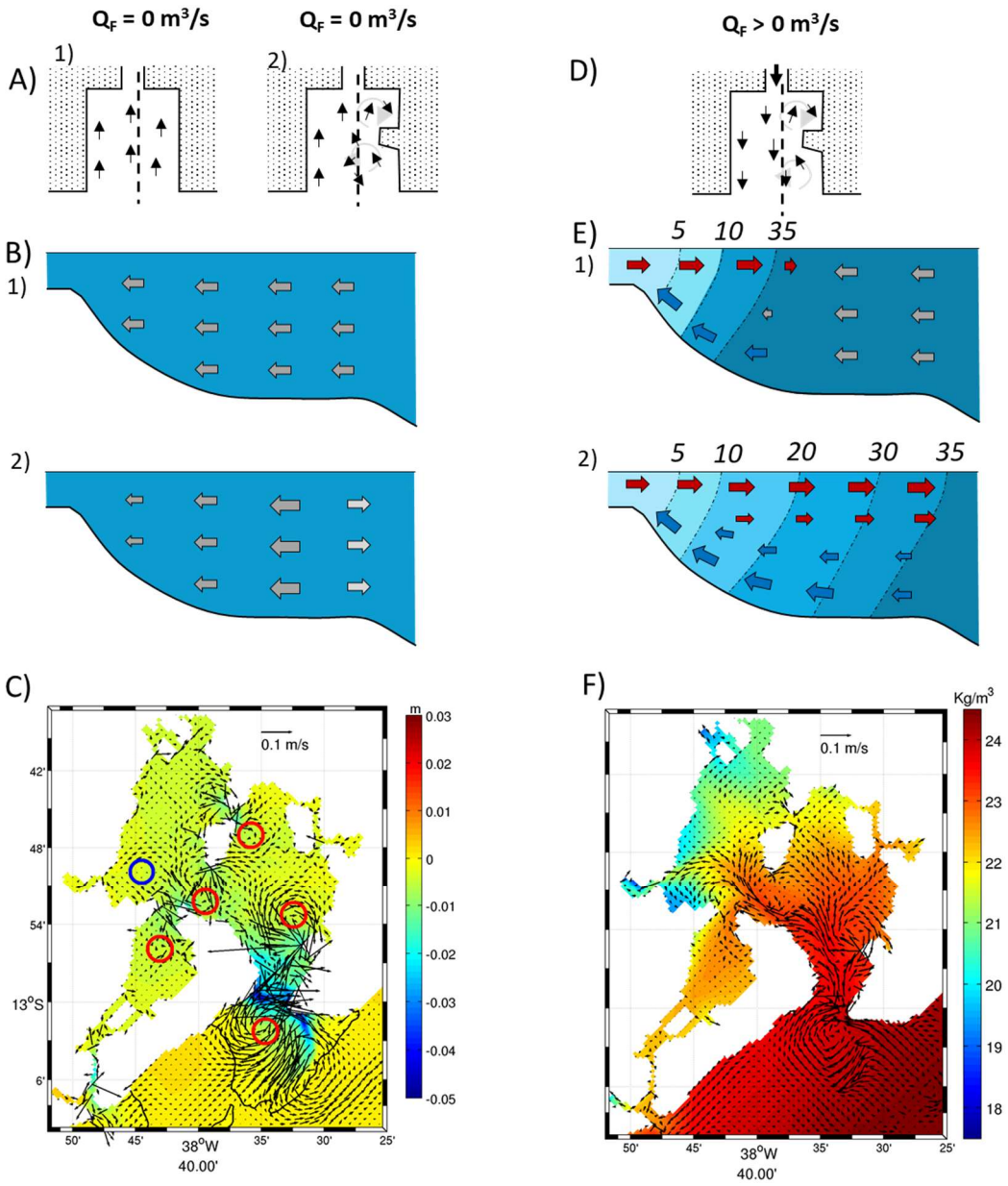


Figura 4.9. A) Esquema mostrando os vetores residuais de corrente em um estuário dominado por maré enchente, em uma situação de fluxo fluvial nulo e pequeno gradiente longitudinal de salinidade (densidade). O esquema A_1 mostra um estuário sem grandes irregularidades do contorno, e um campo uniforme de correntes residuais em planta. O esquema A_2 mostra um contorno estuarino irregular e o aparecimento de vórtices (em cinza claro) devido à variação espacial da velocidade e direção das correntes. (B) Perfil da coluna d'água ao longo de uma seção longitudinal ao eixo estuarino (linha tracejada acima), com vetores residuais da corrente. B_1) corresponde ao esquema A_1), e B_2) corresponde a A_2). Vórtices residuais geram localmente a inversão da corrente residual de maré em B_2. C) Vetores residuais da corrente de maré de superfície e nível médio da água (cores) na Baía de Todos os Santos. Círculos marcam a posição de vórtices, com cor vermelha indicando rotação no sentido horário (modificado de Santana et al., 2018). D) Mesma situação de A_2) mas com descarga fluvial constante. A circulação gravitacional altera a direção do escoamento residual. E) como em $B_{1\text{-}2}$) mas com gradientes longitudinais de salinidade (e densidade) se desenvolvendo ao longo do tempo (de E_1 para E_2) com a manutenção da descarga fluvial. F) Vetores residuais da circulação junto ao fundo e densidade da água (cores, em kg/m^3 acima de 1000 kg/m^3). Resultado de simulação considerando marés e gradientes de densidade. Correntes tendem a se direcionar para dentro do estuário, mas ainda sofrendo influência dos vórtices residuais gerados pelas fortes correntes de maré na entrada da baía.

Fonte: figuras C) e F) modificadas de Santana et al. (2018).

Circulação gravitacional

Os fluxos advectivos em estuários, responsáveis por reais trocas de água e materiais em suspensão e solução, são causados pelo vento e, principalmente, por diferenças longitudinais da densidade da água. Como a massa d'água dentro do estuário é menos densa, quer por diluição do sal ou aumento da temperatura em regiões internas mais rasas, sua presença lado a lado com a massa d'água oceânica gera uma instabilidade gravitacional, que para ser cancelada requer a superposição das massas d'água. Para que esta ocorra, fluxos em direções contrárias precisam ser estabelecidos, com o deslocamento da massa d'água oceânica para dentro do estuário em um nível inferior, e deslocamento da massa d'água estuarina para fora em um nível superior. Essa estrutura de circulação estratificada da água é chamada de circulação estuarina, e dado que sua força motriz é a gravidade, ela é também conhecida por circulação gravitacional.

A circulação gravitacional não pode ser medida diretamente, pois se encontra subposta (ou está mascarada) pela circulação mais vigorosa da maré. A velocidade do fluxo gravitacional é uma a duas ordens de magnitude inferior às velocidades da corrente de maré, e desta forma sua presença é observada através da variação da magnitude das correntes de maré ao longo da coluna d'água. Para ser investigada é necessário que se faça uma promediação dos dados de velocidade ao longo de um ou mais ciclos completos de maré, de modo a remover os efeitos desta. A Figura 4.10a apresenta um esquema ilustrativo do monitoramento de correntes executado com um ADCP[7] fundeado (obtendo registros da velocidade em apenas um local ao longo do tempo) e um ADCP rebocado por uma embarcação (obtendo registros da velocidade ao longo do percurso navegado). Perfis esquemáticos de velocidade obtidos com correntômetro fundeado mostram a medição em dez níveis verticalmente equidistantes na coluna d'água (Figura 4.10b-c). Na figura são indicados 12 perfis executados em intervalos horários, sendo seis na maré enchente e seis na vazante. A Figura 4.10b mostra a variação temporal dos perfis de velocidade associados apenas ao efeito da maré, que neste exemplo apresenta velocidades de enchente ligeiramente mais velozes que as de vazante em todas as profundidades. A média das velocidades em cada um dos níveis gera um perfil de correntes residuais unidirecional, o qual indica que no local de monitoramento ocorre um maior deslocamento de água para dentro do estuário em todas as profundidades, ilustrando o bombeamento de maré.

A Figura 4.10c apresenta perfis de velocidade associados ao efeito combinado da corrente de maré e circulação gravitacional, a qual modula a intensidade das correntes de maré. Na superfície, o escoamento da massa d'água estuarina menos densa para fora do estuário acelera as correntes de maré vazante, mas o escoamento da massa d'água oceânica mais pesada para dentro do estuário freia as correntes de maré vazante próximo ao fundo. O oposto ocorre com as velocidades de maré enchente, que são aceleradas no fundo e retardadas na superfície. Desta forma, o perfil de correntes residuais mostra um fluxo médio cisalhado ou estratificado, característico da circulação estuarina.

O vigor da circulação gravitacional depende da quantidade de água doce que adentra ao estuário e de processos de resfriamento e aquecimento das águas. Ela pode se estabelecer permanentemente onde o fluxo fluvial é relativamente constante, como nos estuários no noroeste da Europa (Stanev et al., 2019) ou ser algo temporário, ocorrendo apenas quando o gradiente longitudinal de densidade é estabelecido (Becherer et al., 2016). A Figura 4.9d-e mostra o esquema de um estuário com descarga fluvial e contorno complexo, onde resíduos da corrente de maré e circulação gravitacional se somam para gerar um escoamento médio. Se o fluxo de água doce é mantido a circulação gravitacional se estabelece em uma extensão cada vez maior do

[7] ADCP é acrônimo para *Acustic Doppler Current Profiler*, ou perfilador de correntes por efeito Doppler. É um correntômetro acústico capaz de investigar a velocidade e direção do fluxo em vários intervalos de profundidade simultaneamente. Para mais detalhes sobre instrumentação, consulte Calazans e Griep (2015)

estuário Figura 4.9e$_1$- e$_2$, mascarando a circulação residual da maré. Devido a processos de mistura, parte da descarga do fluxo próximo ao fundo entranha-se[8] na superfície e aumenta a descarga do fluxo superficial em direção ao mar, como primeiramente relatado por Pritchard (1955). Desta forma, o volume de água que flui em direção ao oceano é sempre maior do que a descarga fluvial. Um exemplo da combinação da circulação residual da maré e circulação gravitacional é dado na Figura 4.9f, onde observam-se os vetores residuais das correntes de fundo, resultados da promediação de 30 dias de dados numericamente simulados da circulação forçada por maré, vento e gradientes de densidade gerados por fluxos de calor, água (evaporação – precipitação) e descarga fluvial (Santana et al., 2018). As cores na figura se referem à densidade média da água no fundo, e indicam a redução da densidade para dentro da baía. Observa-se que o escoamento é preferencialmente direcionado para dentro do estuário, mas que três vórtices relacionados aos resíduos das correntes de maré (Figura 4.9c) continuam bem marcados.

[8] De acordo com Miranda et al. (2002), entranhamento se refere ao arraste, pelo escoamento da água doce estuário abaixo, de algum volume da massa d'água mais salina e profunda para a superfície. É um processo de transferência contínuo e unidirecional, enquanto houver circulação gravitacional.

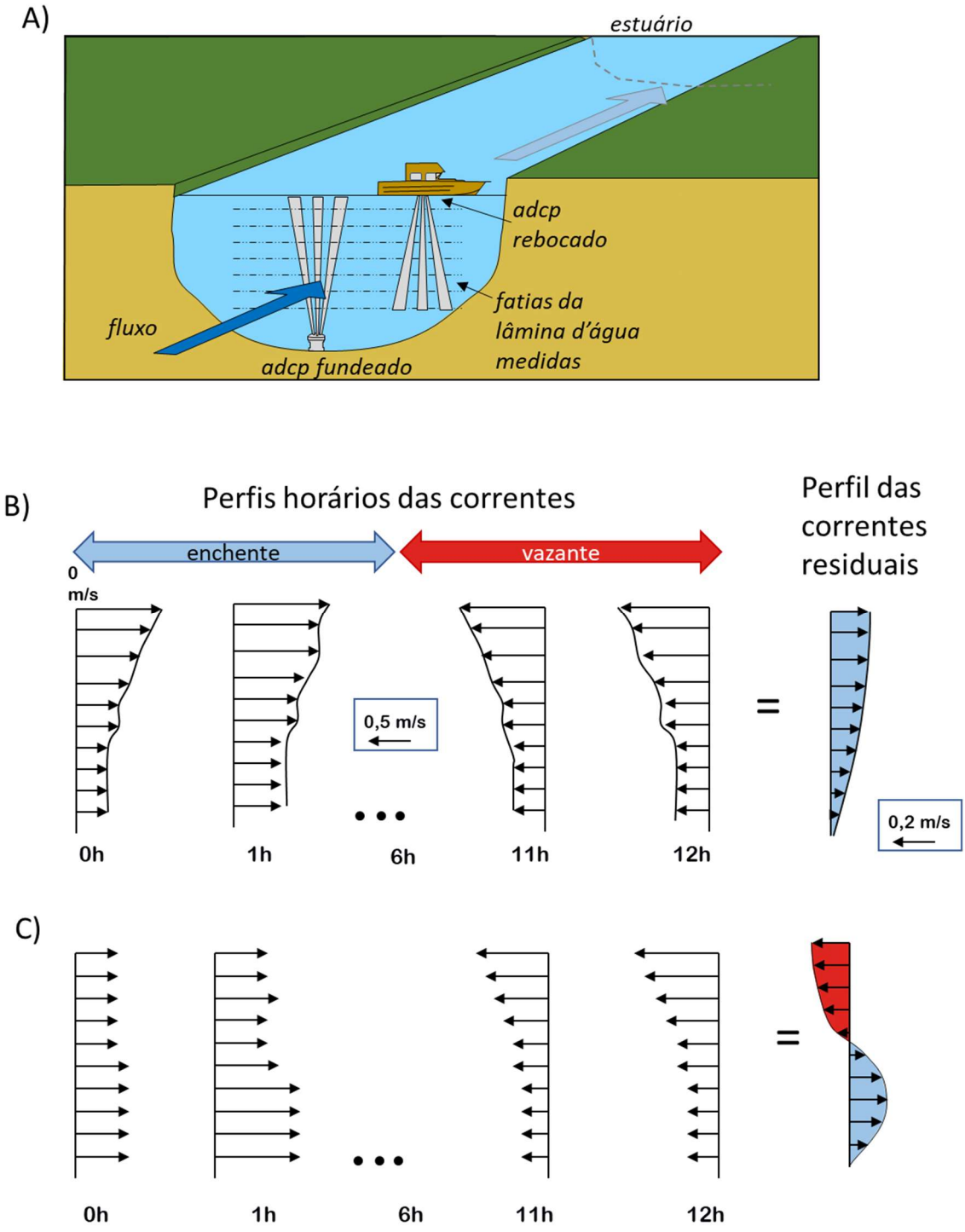


Figura 4.10. Perfis verticais da velocidade das correntes em intervalos de uma hora no centro do canal. As correntes têm a mesma direção em todas as profundidades, direção esta sendo invertida entre fases de enchente e vazante. Os perfis superiores ilustram a variação das correntes causadas apenas pela maré, e os inferiores pela sobreposição de correntes de maré e circulação gravitacional. A média das velocidades em cada nível gera o perfil de correntes residuais, o qual é unidirecional (de enchente) em uma situação onde não existe circulação gravitacional (resultado do bombeamento da maré) e bidirecional ou estratificado onde a circulação gravitacional é atuante. A escala de velocidade dos perfis residuais esta exagerada para facilitar a visualização.

Fonte: o autor.

Estuários negativos e inversos

Estuários localizados em regiões áridas e semiáridas normalmente apresentam concentrações de sal superiores às do oceano, e são chamados de estuários negativos, em alusão ao balanço hídrico negativo (precipitação + descarga fluvial - evaporação) necessário para que essa situação ocorra. Se porventura o aumento da salinidade não é acompanhado por uma elevação da temperatura, a densidade dentro do estuário também será maior que a do oceano, e uma situação de circulação gravitacional oposta à tradicional é estabelecida. Neste cenário o estuário é classificado como estuário inverso, onde a água estuarina mais pesada flui junto ao fundo em direção ao mar e a água marinha mais leve adentra pela superfície.

Fluxos gravitacionais permanentemente inversos ocorrem em regiões áridas com mínimo aporte fluvial. Este é o caso do Golfo de Spencer, no sul da Austrália, ilustrado na Figura 4.11. O diagrama TS mostra a variação mensal da temperatura, salinidade e densidade (linhas pretas diagonais) da água em cinco estações ao longo do estuário (cores das elipses correspondentes aos pontos no mapa), de acordo com Nunes-Vaz et al. (1990). Observa-se uma grande amplitude dos valores de temperatura, a qual aumenta estuário adentro, mas oscilando em torno de uma mesma média (entre 17°C e 18°C) em todas as estações. Os maiores valores de temperatura ocorrem entre janeiro e março. A salinidade aumenta para dentro do estuário, e apresenta maiores amplitudes sazonais nas estações interiores, com maiores valores sendo alcançados entre abril e maio. A salinidade e densidade médias na parte superior do estuário são sempre superiores à oceânica. Os valores máximos são 10 g/kg e 9 kg/m^3, respectivamente, superiores às medidas oceânicas.

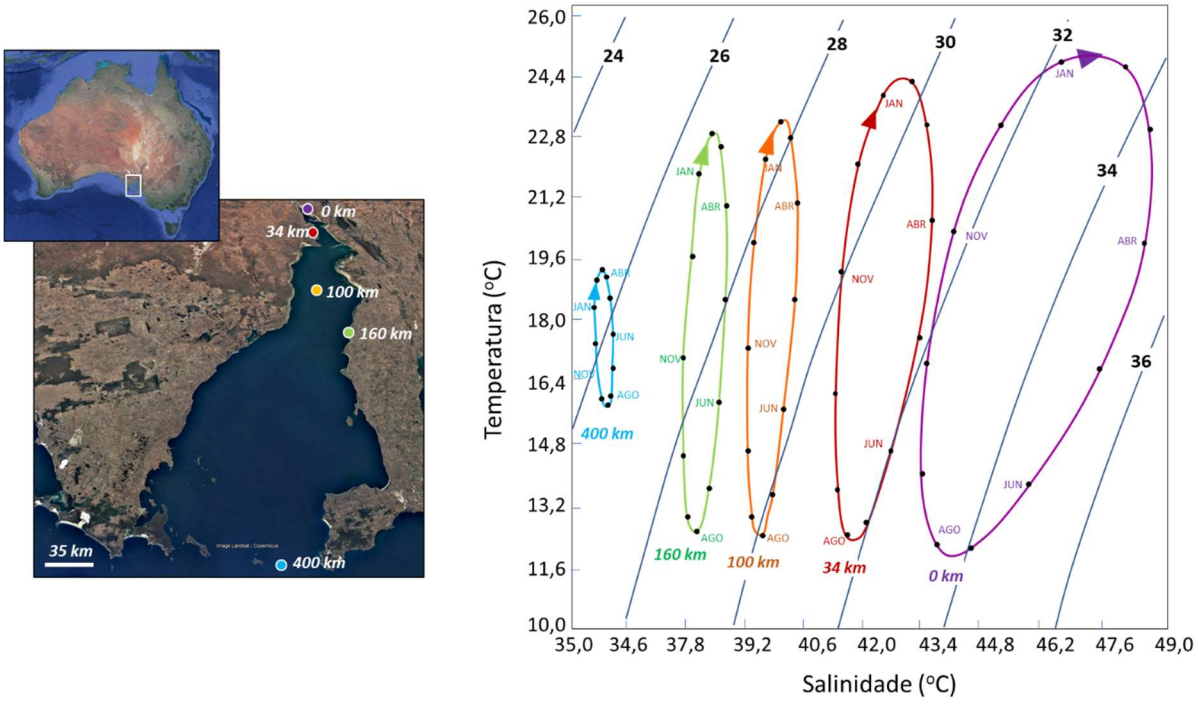


Figura 4.11. Golfo de Spencer, sul da Austrália, com fluxo estuarino permanentemente inverso. Diagrama de temperatura e salinidade, com densidade sigma (densidade da água – 1000 kg/m3) correspondente. Elipses mostram a variação sazonal das três grandezas em cinco estações marcadas no mapa, indicando progressivo aumento da densidade da água estuário acima.

Fonte: modificado de Nunes-Vaz et al. (1990).

É bastante comum observarmos estuários inversos apenas sazonalmente em regiões áridas e semiáridas com clima tipo Mediterrâneo, com invernos úmidos e verões secos. Nestes locais um déficit hídrico é bem estabelecido no período seco, favorecendo o aumento da salinidade e consequentemente da densidade. Essa situação é comumente observada nos estuários da Região Nordeste. Um exemplo é o Estuário de Mossoró (RN), estudado por Valle-Levinson e Schettinni (2016), onde grandes variações de salinidade ocorrem ao longo do ano. A Figura 4.12 ilustra a circulação residual em uma seção transversal (linha branca na Figura 4.12a) ao canal estuarino, onde o monitoramento do fluxo foi executado com correntômetro rebocado em embarcação (ver esquema na Figura 4.10 a) em intervalos horários durante um ciclo completo de maré no período seco e úmido (Valle-Levinson e Schettinni, 2016). Os valores médios de salinidade ao longo do estuário (Figura 4.12b) indicam uma situação de estuário negativo (desta forma hipersalino) no período seco, com valores máximos de salinidade cerca de 10 g/kg acima da salinidade oceânica. A estrutura da circulação correspondente a este período é estuarina inversa, como mostra a Figura 4.12c, com a massa d'água estuarina fluindo em direção ao oceano junto ao fundo. A salinidade foi profundamente alterada no período úmido, com concentrações médias de sal dentro do estuário cerca de 30 g/kg inferior à oceânica. Nestas condições a estrutura da circulação média no estuário foi estuarina clássica, com a massa d'água estuarina tendendo a escoar em direção ao mar pela superfície.

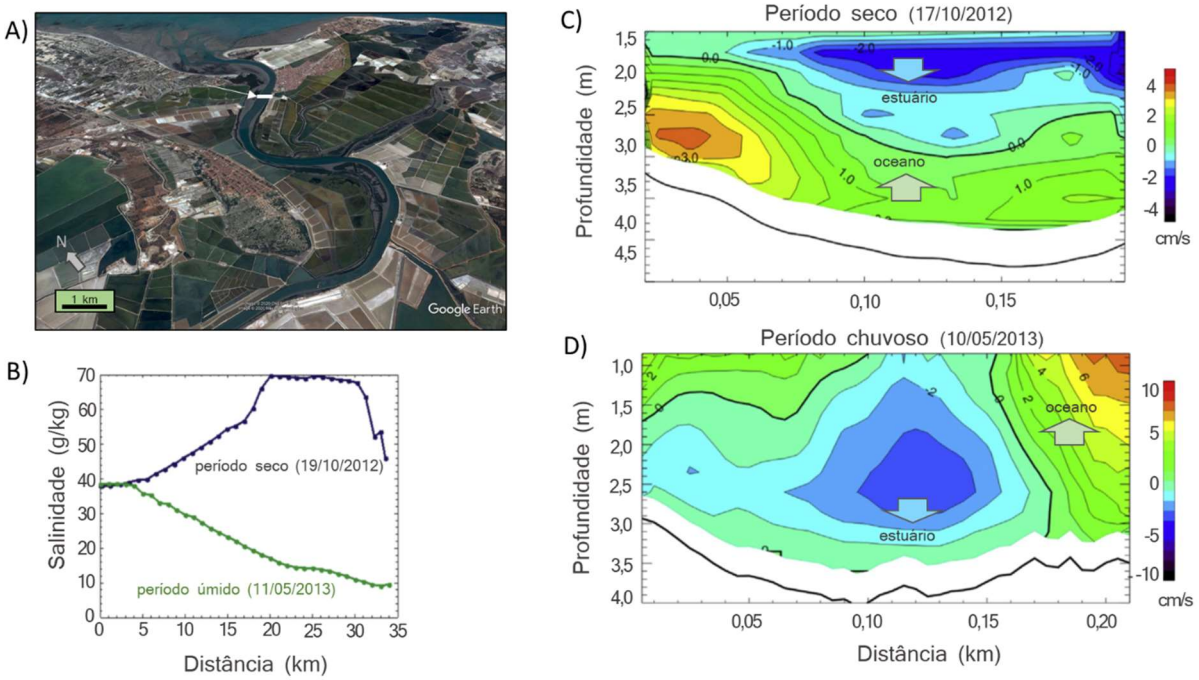


Figura 4.12. A) Estuário de Mossoró (RN) com localização da seção de monitoramento de fluxo. Bastante notáveis são as áreas de inundação mareal tomadas por salinas. B) Perfil longitudinal de salinidade no período seco e úmido. C) Estrutura da circulação residual na seção transversal ao canal após monitoramento de um ciclo completo de maré no período seco. Estrutura característica de estuário inverso. Fluxos positivos em direção ao mar na parte inferior da camada d'água, e negativos em direção ao oceano na parte superior. D) Similar à C, mas no período úmido, com estrutura de circulação estuarina clássica.

Fonte: modificado de Valle-Levinson e Schettinni (2016), figuras 4.2, 4.5 e 4.8.

Para que uma circulação estuarina inversa se estabeleça no período seco, é importante que não haja aumento expressivo da temperatura da água, pois esta se opõe ao efeito da maior

concentração de sal no aumento da densidade. Caso a temperatura da água aumente, o estuário se torna apenas negativo, mas sem uma estrutura de circulação média inversa à estuarina. A Baía de Todos os Santos (Figura 4.13) é um exemplo de estuário normalmente positivo (Lessa et al., 2018b), mas que apresenta grande variabilidade interanual das suas características hidrográficas. O verão é seco no litoral, porém coincidente com o período de chuvas no interior, o que faz com que o Rio Paraguaçu, responsável por 76% de toda descarga fluvial, tenha significativa importância na manutenção da circulação gravitacional. No verão de 2013, o mais seco ao longo de uma série histórica de dados meteorológicos e fluviométricos cujos inícios datam da década de 50-60, a descarga média diária do Rio Paraguaçu foi reduzida a menos de 3% do seu valor médio para o período, e a Baía de Todos os Santos se tornou hipersalina[9]. No entanto, devido ao simultâneo aumento da temperatura da água dentro do estuário, este permaneceu apenas como um estuário negativo (Lessa et al., 2019), com um padrão estuarino de distribuição de densidade e circulação gravitacional clássica, conforme ilustra o perfil longitudinal de densidade (Figura 4.13c). Em 2013 a estação chuvosa, que se inicia normalmente em abril, só se estabeleceu em maio, permitindo que as águas hipersalinas se resfriassem (Figura 4.13b) com a diminuição da radiação solar no outono, gerando um pico nos valores de densidade no meio do estuário (Figura 4.13d). Esta situação levou ao desenvolvimento de uma rolha de densidade[10], que durante quase um mês promoveu a partição da circulação gravitacional em dois segmentos convergentes: um interior com circulação estuarina clássica, e outro exterior com circulação estuarina inversa.

Estudos recentes sugerem que as mudanças climáticas observadas na Região Nordeste brasileira desde o século passado estão gerando aumento da aridez, especialmente no verão e, com isso, maior frequência de eventos de hipersalinidade (Lessa et al., 2019). Na Baía de Todos os Santos, eventos de hipersalinidade aparentemente passaram a ocorrer a partir do início da década de 1990. A Figura 4.13 mostra a evolução da salinidade média desde 1963, obtida com base em um modelo de regressão múltipla aplicado por Mariani et al. (2020). A tendência de aumento da salinidade, representada pela linha tracejada, é de 0,25 g/kg por década, o que significa que nestes últimos 56 anos haveria sido adicionado mais de 10 mil toneladas de sal (cerca de 100 caminhões basculantes) ao estuário.

[9] O conceito de hipersalinidade é relativo. Um estuário é considerado hipersalino quando sua salinidade média é maior do que a do oceano adjacente.

[10] Rolha de densidade é um termo alternativo à 'rolha de sal', expressão cunhada por Wolansky (1986) para indicar a presença de uma região onde a hipersalinidade conduz ao aumento localizado da densidade e consequente estabelecimento de duas células convergentes de circulação gravitacional. O termo 'rolha de sal' é regularmente encontrado na literatura, mas que pode conduzir ao errôneo entendimento de que apenas a hipersalinidade no estuário seja suficiente para gerar a segmentação da circulação gravitacional.

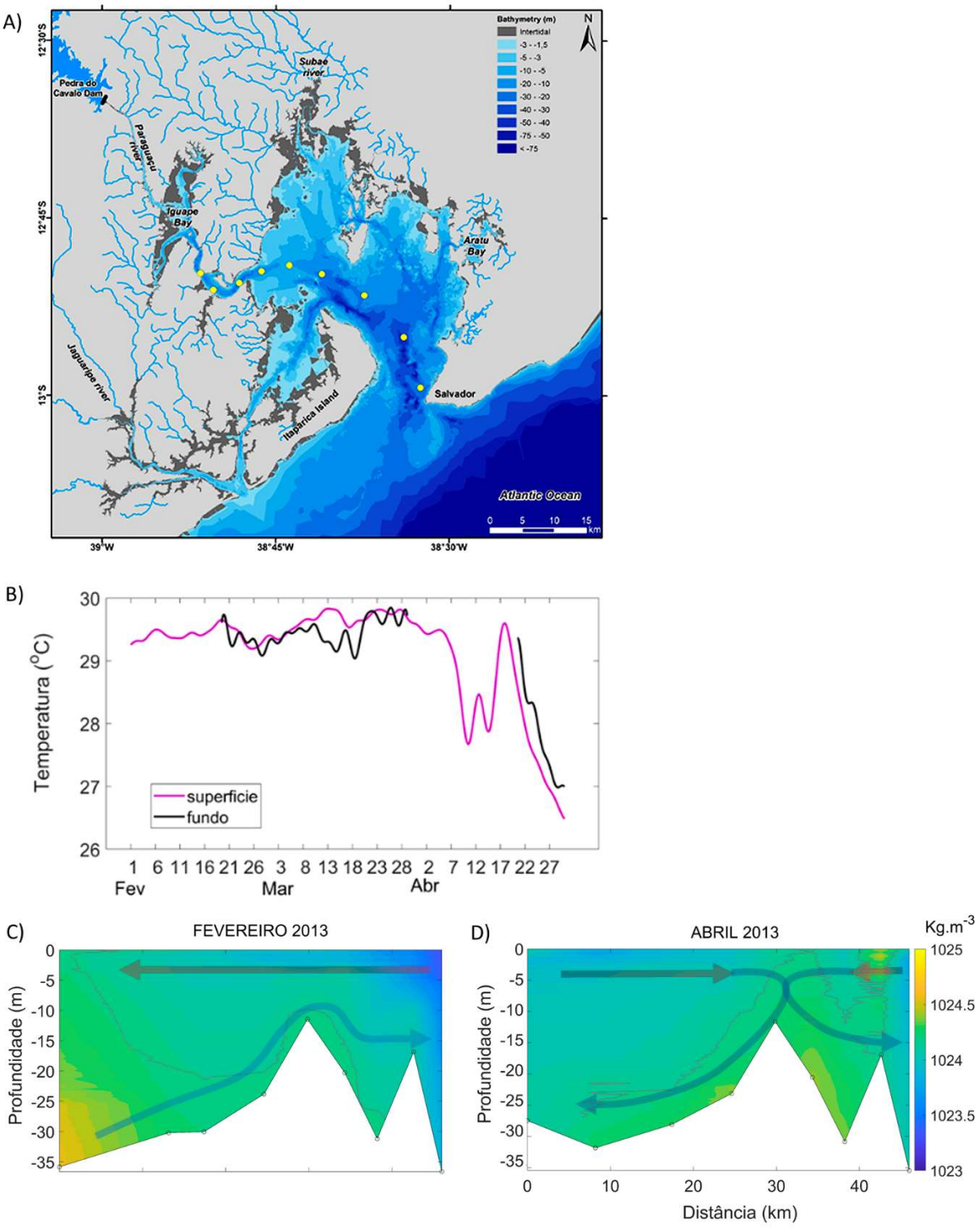


Figura 4.13. A) Mapa da Baía de Todos os Santos com batimetria e localização das estações de perfilagem com CTD. B) variação da temperatura da água na superfície e fundo no centro da baía (próximo à 3ª estação) entre fevereiro e abril de 2013. C) Perfil longitudinal de densidade da água, com relevo do fundo indicado pela profundidade em cada estação de perfilagem. A progressiva diminuição da densidade para dentro do estuário sugere uma estrutura de circulação estuarina clássica, como indicado pelas setas. D) Perfil longitudinal de densidade da água ao final do verão, antes do início da tardia estação chuvosa. Ocorre uma rolha de densidade no meio do estuário, a qual segmenta a circulação média em dois ramos: um voltado para o oceano com estrutura estuarina inversa, e outro voltado para o interior do estuário com circulação estuarina clássica.

Fonte: painéis C) e D) modificados de Lessa et al. (2019).

Uma pergunta recorrente na comunidade científica é se os impactos de obras e alterações físicas nos sistemas naturais são maiores que os efeitos do aquecimento climático. No caso da Baía de Todos os Santos foi verificado que a implantação da represa de Pedra do Cavalo no Rio Paraguaçu em 1986, 15 quilômetros acima do estuário, não teria sido a responsável pelo estabelecimento de episódios de hipersalinidade no estuário. Apesar da coincidência de períodos e do fato da represa ter causado significativos impactos na descarga do Rio Paraguaçu ao estuário (Genz e Lessa 2015), sua presença parece ter apenas acentuado um processo natural, como mostra a linha azul na Figura 4.14.

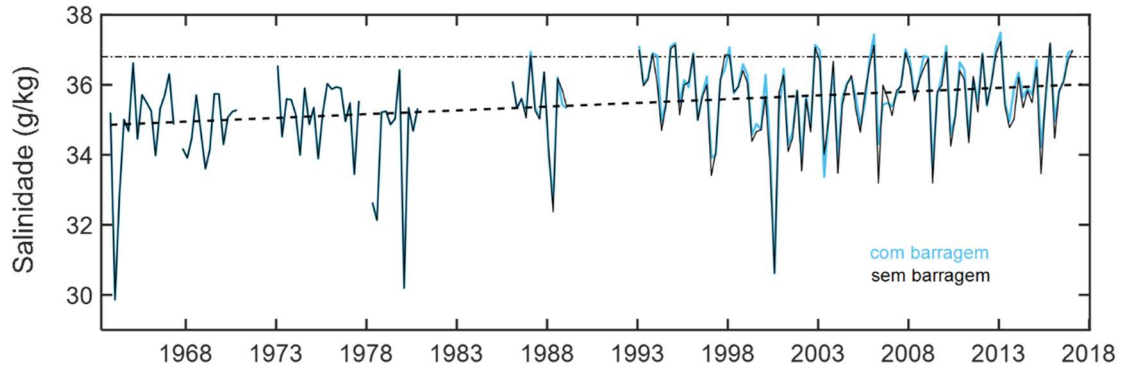


Figura 4.14. Variação da salinidade média superficial no centro da Baía de Todos os Santos, resultado de modelo de regressão múltipla. Em preto foi considerado o fluxo de água natural do Rio Paraguaçu, e em azul o fluxo alterado pela presença da barragem de Pedra do Cavalo após 1986.
Fonte: Mariani et al., 2020

A circulação gravitacional e o transporte de materiais em solução e suspensão

Diferente das correntes de maré, as correntes induzidas pela circulação gravitacional não geram tensões cisalhantes de fundo altas o suficiente para deslocar a carga de leito. No entanto, assumem grande importância no transporte de material em suspensão e trocas de elementos em solução entre o estuário e a plataforma.

As partículas sedimentares em suspensão têm sua velocidade de decantação aumentada em até quatro ordens de magnitude (de 10^{-3} mm/s a 10^{1} mm/s) quando sofrem processos de floculação (coalescência de várias partículas individuais) no ambiente estuarino. Isso faz com que os sedimentos tendam a estar mais presentes próximo ao fundo do que próximo à superfície, e desta forma sujeitos a um transporte de volta para dentro do estuário quando a circulação gravitacional está operante. Em estuários com elevado aporte fluvial, como os de planície costeira, este retrofluxo de sedimentos gera o aparecimento de uma zona de turbidez máxima próximo ao limite de intrusão salina (Burchard et al., 2018). A turbidez máxima é causada por uma convergência no transporte de sedimentos, sendo espacialmente limitada. A zona de turbidez máxima não é observada em estuários com pequeno aporte fluvial, como é normalmente o caso dos estuários brasileiros, salvo a Lagoa dos Patos. No entanto, o retrofluxo de sedimentos acaba gerando o aparecimento de depósitos lamosos dentro dos estuários, mesmo em regiões onde o hidrodinamismo é elevado. Estes depósitos são observados na maioria dos estuários brasileiros onde o mapeamento dos sedimentos de fundo foi realizado (Figura 4.15). A compreensão deste processo de trânsito dos sedimentos é importante para o gerenciamento costeiro, uma vez que

obras de dragagem geram enorme ressuspensão da carga de fundo, tanto no processo de dragagem em si como no de descarte do material dragado.

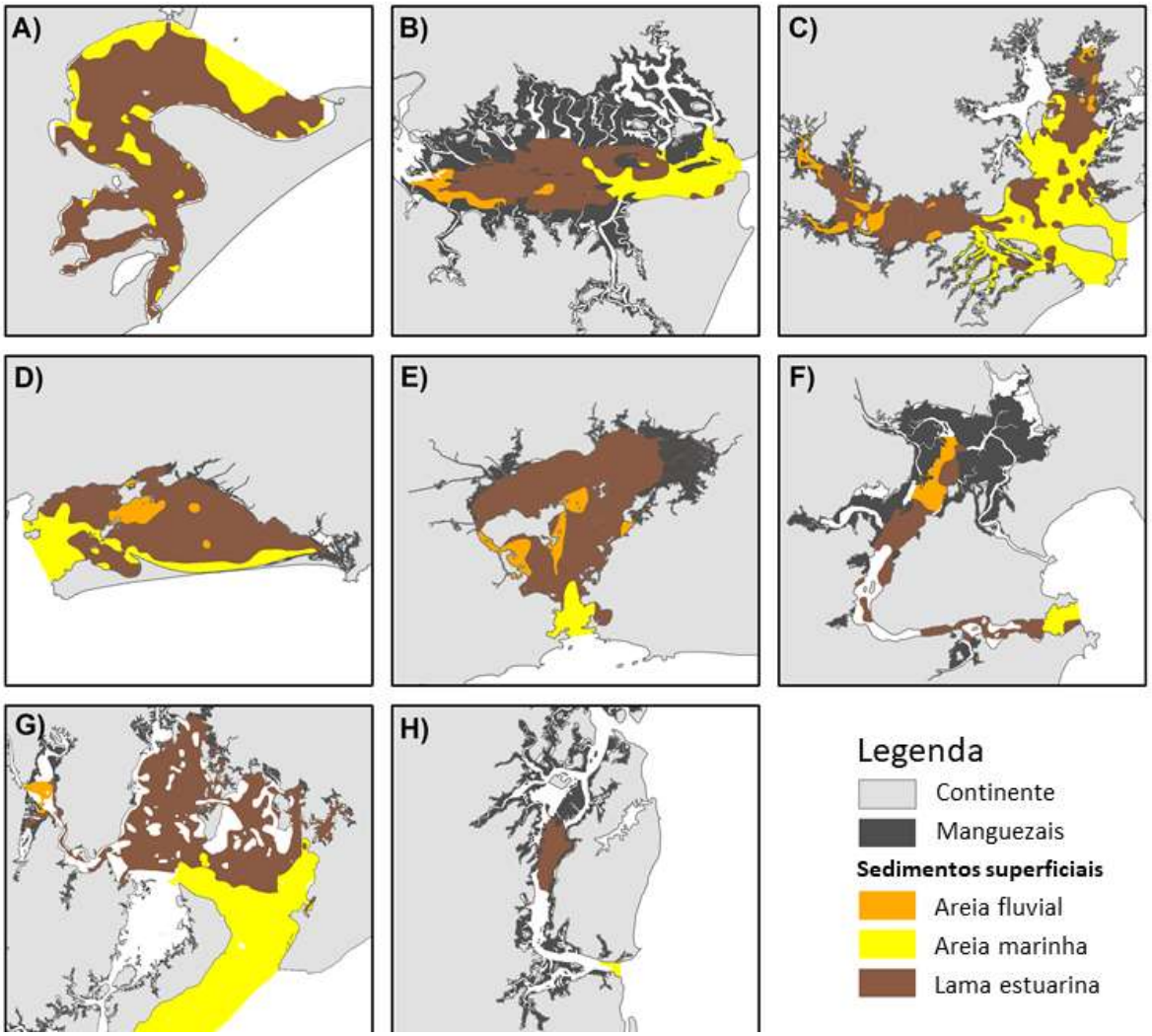


Figura 4.15. Mapeamento do sedimento de fundo em estuários brasileiros, mostrando a presença de sedimentos lamosos separando zonas com sedimentação arenosa de origem marinha e fluvial. A) Baía da Babitonga. B) Baía de Guaratuba. C) Baía de Paranaguá. D) Baía de Sepetiba. E) Baía de Guanabara. F) Baía de Vitória. G) Baía de Todos os Santos. H) Baía de Itamaracá.

Fonte: Lessa et al. (2018a).

Por sua natureza advectiva, a circulação gravitacional é importante também para trocas de material em solução, como por exemplo metais pesados e vários compostos químicos, e até mesmo para o trânsito do plâncton e o fechamento de ciclos de vida marinha. Como exemplo, Armor e Herrgesell (1985) mostram que a extensão da penetração e quantidade de larvas e peixes oceânicos na Baía de São Francisco é diretamente proporcional à magnitude da circulação gravitacional. A maior troca de água entre a plataforma e o estuário reduz o tempo de permanência de parcelas de massa d´água dentro do estuário, facilitando por exemplo a remoção de cargas tóxicas do ambiente estuarino. Um exemplo da importância da circulação gravitacional nestes processos de troca é dado por Lessa et al. (2018b) na Baía de Todos os Santos. Com a ajuda de simulações numéricas, o fluxo do estuário foi simulado ao longo de um ano utilizando alguns cenários dinâmicos, dentre eles a circulação forçada apenas pela variação da maré e a ação dos

ventos, e a circulação forçada por estes mesmos fatores somados à variações de densidade causadas por mudanças de temperatura da água (resultado do balanço de calor entre atmosfera e oceano) e salinidade (resultado do balanço hídrico e descarga fluvial). Utilizando centenas de flutuadores virtuais distribuídos em pontos espaçados em 500 m dentro de todo o estuário, os autores mostraram que o tempo de residência é reduzido pela metade com a presença da circulação gravitacional. A Figura 4.16 mostra a distribuição dos tempos de residência com a circulação forçada apena pela maré e ventos (Figura 4.16a) e com a inclusão da circulação gravitacional (Figura 4.16b). Observa-se que na parte mais interna do estuário, o tempo de residência foi reduzido de mais de 330 dias para menos de 150 dias.

Como mencionado na seção acima, a tendência de aumento da aridez climática na costa nordestina deverá reduzir o vigor da circulação gravitacional nos estuários ao longo dos anos, aumentando assim o tempo de residência. Este fato deve ser levado em consideração em iniciativas de planejamento costeiro regionais.

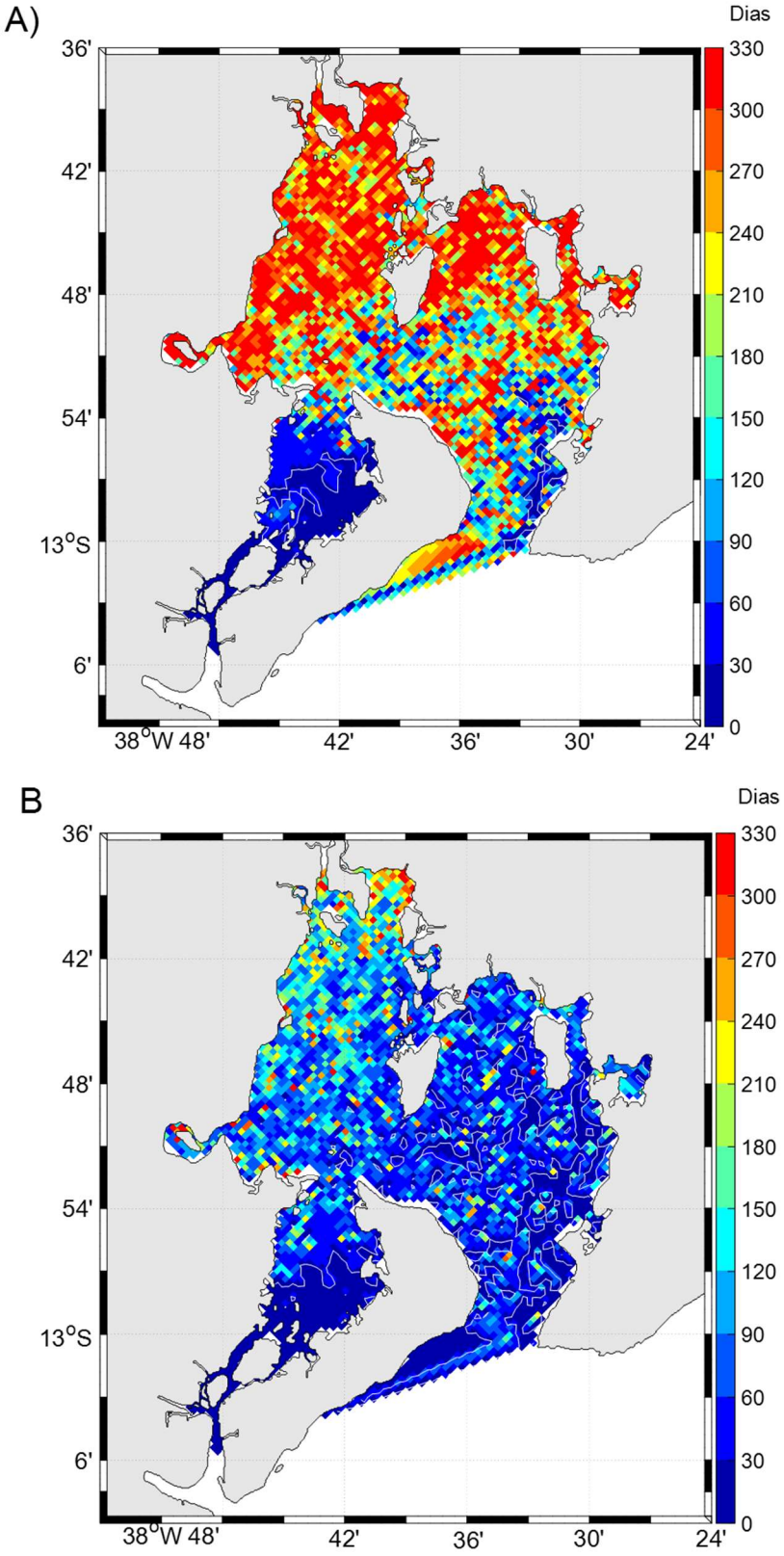


Figura 4.16. Tempos de residência para partículas de água localizadas em pontos equidistantes em 500 m no início da simulação. A) modelo executado utilizando apenas a variação da maré e vento como forçantes da circulação. B) modelo executado incluindo também variações espaciais de densidade e presença da circulação gravitacional.

Fonte: Lessa et al. (2018b).

Referências bibliográficas

ARAÚJO, D. F.; PERES, L. G. M.; YEPEZ, S.; MULHOLLAND, D. S.; MACHADO, W.; TONHÁ, M.; GARNIER, J. Assessing man-induced environmental changes in the Sepetiba Bay (Southeastern Brazil) with geochemical and satellite data. **Comptes Rendus Geoscience**, 349(6-7), 290–298. 2017. doi:10.1016/j.crte.2017.09.007

ARMOR C.; HERRGESELL P.L. Distribution and abundance of fishes in the San Francisco Bay estuary between 1980 and 1982. **Hydrobiologia**, v. 129, p. 211-227. 1985.

AUSTIN T. P.; SHORT A. D.; HUGHES M. G.; VILA-CONCEJO A.; R. RANASINGHE. Tidal Hydrodynamics of a Micro-tidal, Wave Dominated Flood-tide Delta: Port Stephens, Australia. Journal of Coastal Research Special Issue No. 56. **Proceedings of the 10th International Coastal Symposium ICS 2009**, v. I, p. 693-697. 2009.

PRITCHARD, D.W. Estuarine hydrography. **Advances in Geophysics**. v. 1, p. 243–280.

BITTENCOURT A.C.S.P.; LESSA, G.C.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; VILAS BÔAS, G.S.; FARIAS F.F. High and Low Frequency Erosive and Constructive Cycles in Estuarine Beaches: an example from Garcez Point, Bahia/Brazil. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 4, p.600-610. 2001.

BECHERER, J.; FLÖSER, G.; UMLAUF, L.; BURCHARD, H. Estuarine circulation versus tidal pumping: Sediment transport in a well-mixed tidal inlet. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 121, n.8, p. 6251–6270. 2016. doi:10.1002/2016jc011640

BOON, J. D.; BYRNE, R.J. On basin hyposmetry and the morphodynamic response of coastal inlet systems. **Marine Geology**, v. 40, n.1-2, p. 27–48. 1981. doi:10.1016/0025-3227(81)90041-4

BOYD, R.; DALRYMPLE, R.W.; ZAITLIN, B.A. Estuarine and incised-valley facies models. In Posamentier, H.W., and Walker, R.G., Eds. **Facies Models Revisited**: SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication 84, p. 171–235.2006. doi:10.2110/pec.06.84.0171

BURCHARD, H.; SCHUTTELAARS; H. M.; & RALSTON; D. K. (2018). Sediment Trapping in Estuaries. Annual Review of Marine Science, 10(1), 371–395. doi:10.1146/annurev-marine-010816-060535

CALAZANS, D.; GRIEP, G.H. Instrumentação Oceânica. In: J.P. Castello.; L.C. Krug, Eds. **Introdução às Ciências do Mar**. Editora Textos, Pelotas, pp. 540-600. 2015.

CANEPARO, S. C. Análise da dinâmica espacial e dos impactos ambientais causados pela ocupação antrópica em áreas de manguezais de Paranaguá – Paraná, através de técnicas de geoprocessamento. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** (SBSR), 10., 2001, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, p. 561-566. 2001.

CUNHA, M.W; LEITE, P.S. A cidade de Cabo Frio entre 1615 e 1696. In: Belmira Finageiv, Ed. **Carta à Cidade de Cabo Frio**. Instituto Brasileiro de Patrimônio Cultural, Rio de Janeiro, p 13-27. 1994.

DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. A.; & BOYD, R. Estuarine facies models; conceptual basis and stratigraphic implications. **Journal of Sedimentary Research**, v.62, n. 6, p. 1130–1146. 1992. doi:10.1306/d4267a69-2b26-11d7-8648000102c1865d

FERREIRA, A. C.; LACERDA, L. D. Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. **Ocean & Coastal Management***,* v. 125, p. 38–46. 2016. doi:10.1016/j.ocecoaman.2016.03.011)

FORTUNATO, A. B.; & OLIVEIRA, A. Influence of Intertidal Flats on Tidal Asymmetry. **Journal of Coastal Research**, v. 215, p. 1062–1067. 2005. doi:10.2112/03-0089.1

GAO, G. D.; WANG, X. H.; & BAO, X. W. Land reclamation and its impact on tidal dynamics in Jiaozhou Bay, Qingdao, China. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 151, p. 285–294. 2014. doi:10.1016/j.ecss.2014.07.017

GENZ, F.; LESSA, G.C. Twenty-six years of uneven changes in low flows due to different uses and operation of a large dam in a semiarid river. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n.2, p. 523–532. 2015. doi:10.21168/rbrh.v20n2.p523-532.

HAYES, M.O.; FITZGERALD, D.M. Origin, Evolution, and Classification of Tidal Inlets. **Journal of Coastal Research**, v. 69, p. 14–33. 2013. doi:10.2112/si_69_3

INMAN, D.L. Littoral Cells. In: Schwartz M.L., Ed. **Encyclopedia of Coastal Science**. Encyclopedia of Earth Science Series. Springer, Dordrecht, p. 594–599. 2005. doi:10.1007/1-4020-3880-1_196

KJERFVE, B; MAGILL, K.E. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. **Marine Geology**, v. 88, p. 187–199. 1989. Doi: 10.1016/0025-3227(89)90097-2.

KJERFVE, B.J. Estuarine geomorphology and physical oceanography. In: J.W. Jay; C.A.S. Hall; W.M. Kemp; A. Yanes-Aramcibia, Eds. **Estuarine Ecology**. John Wiley & Sons, Nova Iorque, p. 44-78. 1989.

KJERFVE, B.; SCHETTINI, C. A. F.; KNOPPERS, B.; LESSA, G.; & FERREIRA, H. O. Hydrology and Salt Balance in a Large, Hypersaline Coastal Lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 42, n.6, p. 701–725. 1996. doi:10.1006/ecss.1996.0045.

LESSA, G.C. **Hidráulica e Sedimentação do Canal de Itajuru – Laguna de Araruama (RJ)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 120 p. 1990.

LESSA, G.; & MASSELINK, G. Morphodynamic evolution of a macrotidal barrier estuary. **Marine Geology**, v. 129, n. 1-2, p. 25–46. 1995. doi:10.1016/0025-3227(95)00103-4

LESSA, G.C.; MEYERS, S.R.; MARONE, E. Holocene stratigraphy in the Paranagua Bay estuary, southern Brazil. **Journal of Sedimentary Research**, v. 68, n. 6, p. 1060–1076. 1998. doi:10.2110/jsr.68.1060

LESSA, G.C. Morphodynamic Controls on Tides and Tidal Currents in Two Macrotidal Shallow Estuaries, NE Australia. **Journal of Coastal Research**, v. 16, n. 4, p. 976-989. 2000a.

LESSA, G.C.; ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.; ARAÚJO, A.D. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. **Marine Geology**, v. 165, n. 1-4, p. 87–108. 2000b. doi:10.1016/s0025-3227(99)00130-9

LESSA, G.C.; SANTOS, F.M.; SOUZA FILHO, P.W.; CORRÊA-GOMES, L.C. Brazilian Estuaries: A Geomorphologic and Oceanographic Perspective. In: Lana P., Bernardino A., Eds. **Brazilian Estuaries**. Brazilian Marine Biodiversity. Springer, Cham, p. 1-37. 2018a. doi:10.1007/978-3-319-77779-5_1

LESSA, G.C.; SOUSA M.L.; MAFALDA JR., P.; GOMES, D.; SAMPAIO, C.; TEIXEIRA, C.E.P.; DE SOUZA, J.R.L.B.; ZUCCHI M. Variabilidade intra-anual da oceanografia da Baía de Todos os Santos: evidências de 3 anos de monitoramento. In: V. Hatje; J. Bittencourt (eds), **Baia de Todos dos Santos**. Capitulo 5, EDUFBA, Salvador, 38 p. 2018b. Disponível em http://www.institutokirimure.pro.br/wp-content/uploads/2018/09/BTS3_digital.pdf, acesso em 30/05/2020.

MARIANI R.; LESSA G.C.; MARTA-ALMEIDA, M. Long-term variability of the salinity field in a large tropical, well-mixed estuary in northeast Brazil: the influence of climatic trends. **Regional Environmental Change**, (submetido). 2020.

MONSEN, N.E.; CLOERN, J.E.; LUCAS, L.V.; MONISMITH, S.G. A comment on the use of flushing time, residence time and age as transport time scales. **Limnology and Oceanography**, v. 47, n. 5, p. 1545-1553. 2002. doi: 10.4319/lo.2002.47.5.1545.

MOORE, R.D.; WOLF, J.; SOUZA, A.J.; FLINT, S.S. Morphological evolution of the Dee Estuary, Eastern Irish Sea, UK: A tidal asymmetry approach. **Geomorphology**, v.103, p. 588–596. 2009. doi: 10.1016/j.geomorph.2008.08.003.

MCLUSKY, D. S. Marine and estuarine gradients — An overview. Netherlands **Journal of Aquatic Ecology**, v. 27, n. 2-4, p. 489–493. 1993. doi:10.1007/bf02334809

PERILLO, G.M.E. Definitions and geomorphologic classifications of estuaries. In: G.M.E. Perillo, Ed. **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries**. Developments in Sedimentology, v 53. Elsevier, Berlin, p. 12–47. 1995. doi: 10.1016/S0070-4571(05)80021-4.

PRITCHARD, D.W. Estuarine circulation patterns. **Proc. Amer. Soc. Civil Eng.**, v. 81, n. 717, p. 1-11. 1955.

SANTANA, R.C.; TEIXEIRA, C.E.P.; LESSA, G.C. The impact of different forcing agents on the residual circulation in a tropical estuary: Baia de Todos os Santos, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 34, n.3, p. 544–558. 2018. doi: 10.2112/JCOASTRES-D-17-00044.1.

SOUZA-FILHO, P. W. M.; LESSA, G. C.; COHEN, M. C. L.; COSTA, F. R.; & LARA, R. J. The Subsiding Macrotidal Barrier Estuarine System of the Eastern Amazon Coast, Northern Brazil. **Lecture Notes in Earth Sciences**, 347–375. 2009. doi:10.1007/978-3-540-44771-9_11

TEIXEIRA, C.E.P.; LESSA, G.C.; FRANKLIN, T; MARTA-ALMEIDA, M. The influence of intertidal zones on the simulations of tidal asymmetries and residence time of a large, well-mixed estuary. (em preparação).

WOLANSKI, E. An evaporation-driven salinity maximum zone in Australian tropical estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.22, n. 4, p. 415–424. 1986. doi:10.1016/0272-7714(86)90065-x

---

GUILHERME C. LESSA. Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais (1985), mestrado em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1990) e doutorado em Ciências Marinhas – University of Sydney (1994). É professor Associado IV da Universidade Federal da Bahia. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em circulação, sedimentologia e estratigrafia de estuários e da zona costeira. E-mail: gclessa@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/9096928137653565.

Capítulo 5

Dinâmica geomorfológica e fitogeográfica do estuário do Rio São Mateus (ES): estudo de caso

Cláudia Câmara do Vale; Jurandyr Ross; Marta Oliver-Batalha; Thayana Caus Wanderley

Introdução

O manguezal constitui ecossistema costeiro tropical e subtropical composto por plantas halófilas facultativas que colonizam distintas feições geomórficas deposicionais da costa, como estuários, deltas e lagunas, além de ambientes carbonáticos costeiros, possuindo adaptações que as permitem desenvolver-se em estreita relação com os terrenos morfológicos que ocupam (Cintrón-Molero e Schaeffer-Novelli, 1984; Thom, 1982; 1984; Woodroffe et al., 2016).

Os manguezais encontram-se distribuídos nas ecorregiões marinhas do mundo tropical e subtropical, em ambos os hemisférios (Duke, 1992; Spalding et al., 2007). Schaeffer-Novelli et al. (2005) propõem uma escala hierárquica dos manguezais da costa brasileira desde os "Grandes Ecossistemas Marinhos" (LME) até a "Parcela" (*Site*). Ainda quanto à distribuição, podem-se considerar duas grandes regiões de manguezais no planeta – os manguezais orientais e os ocidentais, cuja principal diferença é a riqueza de espécies que cada uma delas apresenta (Tomlinson, 1994).

▪ COMO CITAR:
VALE, C. et al. A Dinâmica geomorfológica e fitogeográfica do estuário do Rio São Mateus (ES): estudo de caso. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha**: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 104-128. ISBN 978-65-992571-0-0

A área total desse ecossistema sobre a Terra até 2010 era de aproximadamente 150.000 km^2, representando menos de 1% das florestas tropicais em todo mundo (Spalding, 2010; Giri et al., 2011). Indonésia, Austrália, Brasil, Nigéria e México detêm, juntos, 48% da área global dos manguezais (FAO, 2007).

O Brasil é o maior representante da região ocidental quanto à área de manguezais, dispondo de aproximadamente 13.000 km^2, equivalente a 8,6% dos manguezais do mundo, distribuídos desde 04^{0}20'N, no Amapá, até os 28^{0}30'S, no estado de Santa Catarina, e podem apresentar um *continuum* de diferentes recursos (feições), dependendo do perfil da costa e da amplitude das marés (Schaeffer-Novelli, 2018; Schaeffer-Novelli et al., 1990; Schaeffer-Novelli et al., 2005). O único estado costeiro do Brasil que não possui manguezais é o Rio Grande do Sul, cujas condições climáticas o substituem pelas pradarias de marismas.

Embora os manguezais sejam distribuídos numa ampla zona latitudinal, o seu habitat sobre a Terra é exíguo, limitando-se às zonas costeiras, com certas adaptações requeridas para se desenvolver e se manter. Desse modo é possível identificar um arranjo de ambientes definidos por condições geofísicas, geomorfológicas e biológicas, as quais podem se repetir, em diferentes escalas espaciais e temporais, sobre as paisagens onde ocorram os manguezais. Dessa forma, numa visão sistêmica e hierárquica que rege e organiza todos os fatores sobre a Terra, Odum (1967 apud Cintrón-Molero e Schaeffer-Novelli, 1985) propôs o termo assinatura energética, que confere a cada manguezal sua "impressão digital" (Schaeffer-Novelli et al, 1990; Twilley, 1995; Twilley et al., 1996).

Dentre as condições obrigatórias para que os manguezais se desenvolvam estão as temperaturas do ar e da água dos oceanos, a amplitude térmica anual e mensal, a morfologia dos ambientes costeiros, o aporte dos sedimentos, a amplitude das marés, o aporte de água doce, as condições do substrato, dentre outros.

Ocorrendo na interface entre os ambientes continentais e oceânicos, os manguezais constituem zona de amortecimento dos processos erosivos e deposicionais proporcionados pelas correntes, ondas e marés, que podem causar danos sociais e econômicos de diversas magnitudes. Troncos e raízes dos mangues retêm sedimentos e poluentes advindos dos ambientes continentais e oceânicos, proporcionando o *input* de águas mais limpas aos sistemas adjacentes, como ao próprio estuário e a plataforma costeira, constituindo verdadeiros filtros biológicos (Schaeffer-Novelli, 2018).

Os manguezais são sistemas altamente produtivos, cuja complexa cadeia alimentar, que se inicia nas folhas das árvores ainda presas à planta, sustenta uma variedade de formas de vida estuarinas e marinhas, envolvendo um número extraordinário de espécies decompositoras, herbívoras e carnívoras. Estas contribuem significativamente para a fertilidade das regiões estuarinas e costeiras, devido à exportação de grande quantidade de matéria orgânica dissolvida ou transformada em partículas de detritos, utilizadas como alimento para grande número de organismos consumidores de elevado valor comercial.

Ainda do ponto de vista ecológico e econômico, os manguezais constituem verdadeiros berçários que abrigam diferentes formas de vida, tais como peixes, moluscos, crustáceos, mamíferos, aves, dentre outros, que passam toda a vida ou pelo menos uma parte de seus ciclos vitais, seja para se reproduzir, se alimentar ou se proteger contra os predadores.

Outros serviços ecossistêmicos são ofertados pelos manguezais, tais como madeira para construção e combustível para populações tradicionais, além de produtos não madeireiros como tanino, mel e cera. Os manguezais são uma rica fonte de alimentos, quer seja para subsistência de pescadores e coletores, quer seja para atividades comerciais, como por exemplo a do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus* L.), que ocorre de norte a sul do Brasil. São também ambientes propícios para o turismo, a recreação e a educação ambiental, além de fundamentais para a manutenção da

biodiversidade.

Ainda quanto aos serviços ecossistêmicos, o sequestro e armazenamento do carbono (CO_2) antropogênico pelos manguezais, conhecido como *blue carbon*, tornou-se objeto de investigação por inúmeros cientistas que discutem a sua importante função para mitigação das mudanças climáticas globais e consequente elevação do nível dos oceanos (Alongi, 2008, 2015; Krauss et al., 2013; Schaeffer-Novelli et al., 2016; Feller et al., 2017).

Como um ecossistema transicional, os manguezais indicam taxas de acreção vertical e de mudanças morfológicas, sobretudo aquelas relacionadas à elevação do nível do mar, pois os mesmos respondem rapidamente a quaisquer alterações em seus regimes hidrodinâmicos e sedimentológicos, causando perceptíveis reajustes na distribuição das espécies vegetais, apresentando-se com sistema altamente resiliente (Cintrón-Molero; Schaeffer-Novelli, 1992; Alongi, 2008; Woodroffe et al., 2016).

A despeito de sua relevância os manguezais são um dos ecossistemas mais afetados pelas diversas atividades humanas. Em vários países, extensos bosques de mangue foram totais ou parcialmente suprimidos para dar lugar a balneários, metrópoles e portos de grande envergadura. Outras atividades econômicas, tais como a aquicultura, a produção de sal e arroz, quando não os suprimem, os deixam completamente depauperados (Feller et al., 2017).

Notadamente no Brasil, a ocupação da costa se deu de forma desordenada ao longo da história, sem a preocupação quanto à manutenção dos ecossistemas costeiros, ainda que a trajetória não tenha sido a mesma em todo litoral brasileiro (Ab'Sáber, 1990). Os manguezais são impactados sobretudo quando centros urbanos metropolitanos geram aumento da densidade populacional, demandando a implantação de obras de infraestrutura e a construção de malha viária (Vale; Schaeffer-Novelli, 2018). O turismo também constitui atividade altamente impactante, sendo responsável pela supressão de áreas de manguezais, o que compromete suas importantes funções (FAO, 2007).

O estudo de caso ora apresentando refere-se às modificações geomorfológicas e fitogeográficas do estuário do Rio São Mateus entre 1970 e 2019, e o consequente reajuste dos mangues e de outras espécies halófila-psamófilas. A ocupação de uma das margens do estuário inferior do Rio São Mateus resultou em maior instabilidade da dinâmica geomórfica espaço-temporal aqui discutidas. Portanto, este capítulo visa apresentar os resultados de pesquisa em zonas costeiras realizadas por geógrafos.

As alterações morfológicas e fitogeográficas do estuário do Rio São Mateus

As ideias utilizadas para esta pesquisa foram edificadas pelo viés sistêmico e hierárquico, construído ao longo dos séculos 19, 20, e 21 pelas contribuições de diversos cientistas, dentre os quais estão Silveira (1968), Barry e Chorley (1978), Cintrón-Molero et al.(1985), Cintrón-Molero e Schaeffer-Novelli, (1985), Thom, (1982; 1984), Ab'Sáber, (1990), Schaeffer-Novelli et al. (1990; 2000; 2005); Muehe (1998); Woodroffe, (1992), Murray-Wallace e Woodroffe (2014) e Ross (1992).

Nesse sentido, os ambientes, onde quer que ocorram os manguezais, são o resultado da combinação de fatores geofísicos, geomorfológicos e biológicos, anteriormente citados. Os componentes geofísicos referem-se tanto à energia solar quanto à energia do núcleo da Terra, que interferem diretamente nos movimentos crustais e oceânicos que atuam na dinâmica atmosférica, podendo modificar a história geológico-geomorfológica de uma dada localidade. Em outra escala os fatores como temperatura, pluviosidade, escoamento superficial, ventos, correntes, marés e ondas condicionam o ambiente. Esses agentes, em última análise, são os

responsáveis pelo desenvolvimento de terrenos aptos para a colonização pelos mangues (Vale, 2008).

A Figura 5.1 apresenta a hierarquia de fatores e processos que ocorrem desde a escala global, nos "Grandes Ecossistemas Marinhos" (LME): nos "Domínios Costeiros" (*Coastal Domain*) uma escala regional, nas "Tipologias" (*Settings*) em escala sub-regional, nos "Padrões" (*Stand*) em escala local e, finalmente na "Parcela" (*Site*) em escala de detalhe ou pontual (Schaeffer-Novelli et al., 2005).

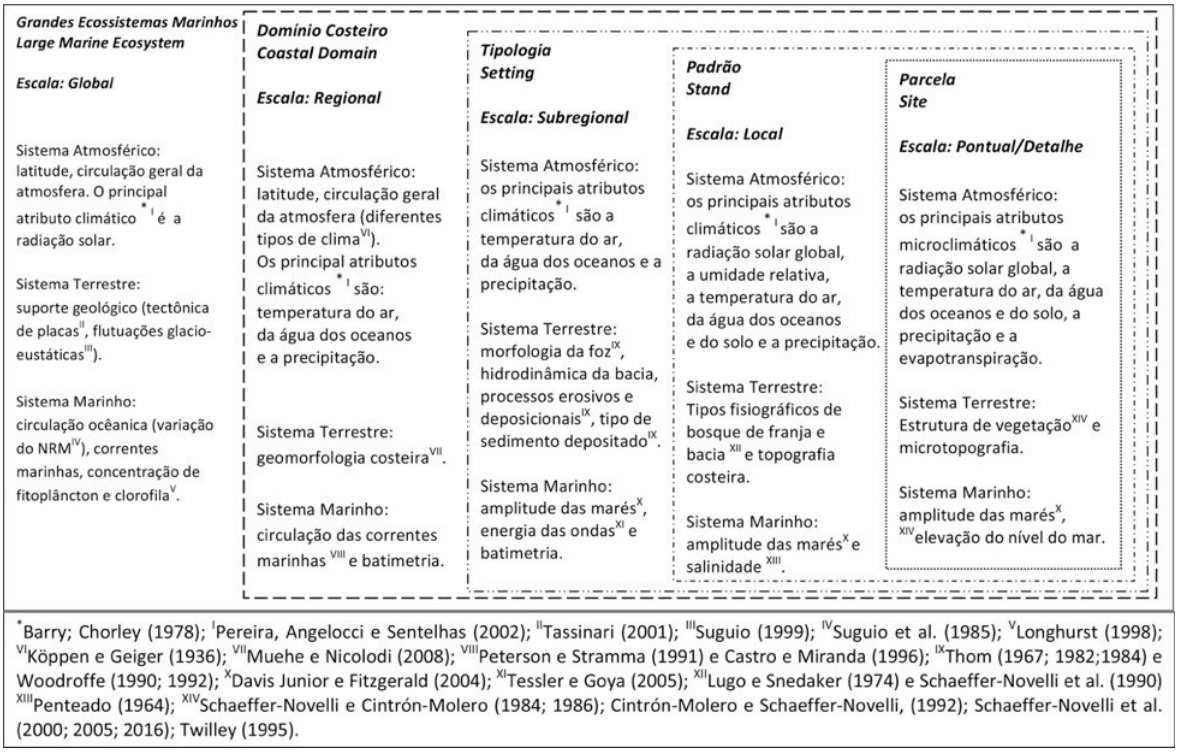


Figura 5.1. Quadro síntese elaborado a partir de concepções sistêmicas e hierárquicas de alguns autores que contribuíram para a compreensão acerca dos principais elementos, fatores e processos responsáveis pelo estabelecimento, manutenção e regeneração dos manguezais.

Fonte: Santos e Furlan (2014b), modificada pelos autores.

Seguindo a abordagem hierárquica de Schaeffer-Novelli et al. (1990; 2005) que concorda com a proposta de mapeamento dos fatos geomorfológicos de Ross (1992), associado com à metodologia cartográfica para os manguezais concebida por Santos e Furlan (2014), os "Grandes Ecossistemas Marinhos" podem ser representados por escala cartográfica de até 1:5.000.000. Os "Domínios Costeiros" podem ser representados entre as escalas de 1:250.000 até 1:3.000.000, onde se encontram os segmentos da costa brasileira propostos por Schaeffer-Novelli et al, (1990), onde localiza-se o Segmento VI, que inclui a costa do Espírito Santo. Entre as escalas de 1:20.000 até 1:300.000, podem ser representadas as "Tipologias" (*Settings*) onde ocorrem os manguezais, propostas por Thom (1982; 1984) e Woodroffe (1992); Woodroffe et al. (2016). Nessa pesquisa o estuário inferior do Rio São Mateus foi mapeado na escala de 1:20.000. Finalmente, em escala de detalhe, foram representados os "Padrões" (Stands) e as "Parcelas" (*Sites*), nas escalas de 1:2.500 e 1:10.000.

A classificação de tipologias ambientais nas quais ocorrem os manguezais sugeridas por Thom (1982) abrange oito tipos, sendo cinco delas ambientes de desembocaduras de sedimentação terrígena e três tipos referem-se a ambientes de sedimentação carbonática. A partir dessa classificação, Woodroffe et al. (2016) propõem uma nova concepção reduzindo para quatro

tipologias, sendo elas os deltas, os estuários, as lagunas e os recifes carbonáticos. Os quatro ambientes não representam todas as configurações costeiras nas quais os manguezais são encontrados, mas pode ser útil para evidenciar aspectos contrastantes apresentados entre eles.

Cada tipologia pode conter uma variedade de condições hidrodinâmicas, *input* de sedimentos e características orgânicas e geoquímicas do substrato (solo)[1], que promovem o estabelecimento e o crescimento dos manguezais. Em uma perspectiva de menor escala espacial, foi proposto por Lugo e Snedaker (1974) esquema hidrogeomórfico de seis tipos fisiográficos de bosque de mangue, posteriormente simplificado por Schaeffer-Novelli et al. (2000) para apenas dois tipos: franja e bacia. Esse esquema, também chamado de ecomorfodinâmico, combina aspectos da forma de crescimento e da hidrodinâmica dos manguezais (Woodroffe et al., 2016).

Nesse contexto, este trabalho apresenta os resultados entre a relação da precipitação ao longo da bacia do Rio São Mateus, da descarga fluvial do estuário, e dos processos morfológicos decorrentes, entre 1970 e 2019, que geraram como respostas, alterações sobre os manguezais e sobre a vegetação halófila-psamófila[2], e que foram melhor compreendidas por meio de trabalho *in loco*.

Procedimentos metodológicos

Do ponto de vista da Biogeografia, para compreender os manguezais resultantes de formas de relevo acumulativas de sedimentos terrígenos, foi necessário compreender os aspectos climáticos, os aspectos morfoestruturais e morfoesculturais da bacia hidrográfica do Rio São Mateus, por meio da metodologia taxonômica do revelo proposta por Ross (1992), que classificou a área como terrenos de "Acumulação Fluviomarinha" (AFM) com depósitos de manguezais. O levantamento de informações de uso e de cobertura da terra foi também necessário, tanto quanto a compreensão da formação geológico-geomorfológica da planície costeira do Rio Doce, na qual está inserido o estuário do Rio São Mateus e a área *core* desse estudo (Vale, 1999; Vale e Ross, 2011).

Seguindo metodologia proposta por Cintrón-Molero e Schaeffer-Novelli (1984), bem como o "Protocolo para o Monitoramento dos Manguezais", elaborado para a Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos[3] (Schaeffer-Novelli et al., 2015), e considerando a necessidade de seleção de áreas para monitoramento que sejam mais vulneráveis aos impactos que podem implicar na supressão de áreas de mangues e na perda de suas funções, foram considerados dois transectos em um trecho no estuário inferior do Rio São Mateus. Estes se iniciaram no nível de baixa-mar e terminaram no contato com a vegetação de restinga (cordão arenoso). É necessário frisar que ao longo dos dois transectos não ocorreram as feições lavado e apicum.

Quanto ao levantamento das características dos bosque de mangues, foram averiguadas as variáveis em campo, tais como (1) a identificação das espécies vegetais presentes, (2) o diâmetro das árvores à altura do peito (DAP), (3) a altura média dos indivíduos, e (4) o número de

[1] Usar-se-á, ao longo do texto, o termo substrato ou solo, indistintamente.

[2] A vegetação halófila-psamófila é caracterizada pelas condições estressantes como altas temperaturas, solos arenosos e bem drenados, elevados índices de salinidade (ventos e sprays marinhos), com baixos requerimentos nutricionais.

[3] Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos, vinculada à Sub-Rede Zonas Costeiras da Rede Clima (MCT) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-MC).

indivíduos vivos, mortos e com perda de biomassa (fitomassa). A escolha dos pontos para iniciar os transectos 1 e 2 deu-se a partir do reconhecimento dos processos erosivos e deposicionais mais significantes, observados a partir das fotografias aéreas e várias campanhas de reconhecimento em campo, realizadas desde 1993 até 2019.

Para o cálculo dos valores apresentados aqui foi necessário o uso de fórmulas já estabelecidas que, usadas em planilhas do software "Excel", facilitaram a padronização dos dados levantados e a confecção das tabelas e gráficos, para que os mesmos pudessem ser comparáveis com dados mensurados em outros manguezais.

Ao longo de cada transecto foram demarcadas parcelas para coletar, além desses dados bióticos, os dados abióticos, como amostras de sedimentos e salinidade da água superficial. O número das parcelas variou em função da extensão dos transectos e o seus tamanhos variaram em função das características dos bosques, observando o número igual ou superior a 30 indivíduos em cada uma delas.

A análise da coleta das amostras do sedimento pretendeu quantificar as frações granulométricas (percentuais de areia, silte/argila) e o teor de matéria orgânica do solo (MO), visando a correlação desses dados com as espécies de mangue e as espécies halófila-psamófilas encontradas nas parcelas.

O procedimento de classificação de uso e cobertura da terra da bacia do Rio São Mateus foi realizado através do *software* ArcGis 10.3.1 por meio da análise interpretativa (fotointerpretação) e vetorização manual das unidades identificadas nas imagens de radar e nas ortofotos. Durante a fotointerpretação foram utilizados alguns pontos para checagem em campo. Para a elaboração dos mapas apresentados até momento, foram realizadas várias campanhas para aferir os dados levantados desde 1993 até 2019. As imagens de radar utilizadas são as do Projeto Radambrasil (1973). As fotografias aéreas utilizadas para a confecção dos mapas têm como fonte o IBC/GERCA (1970), as ortofotos da MAPLAN (1991 e 1997) e as ortofotos do GEOBASES (2008 e 2014). Para o mapa de 2019, foram utilizadas as imagens do *Google Earth*, devidamente georreferenciadas e, a partir desse procedimento em ambiente SIG, foi efetuada a vetorização e a interpretação digital e visual.

Discussão e resultados

O estuário do Rio São Mateus localiza-se no município de Conceição da Barra, litoral norte do estado do Espírito Santo, entre as coordenadas geográficas $18^0$35'50" e $18^0$36'05" de Latitude Sul e $39^0$43'50" e $39^0$44'45"de Longitude Oeste de Greenwich (Figura 5.2).

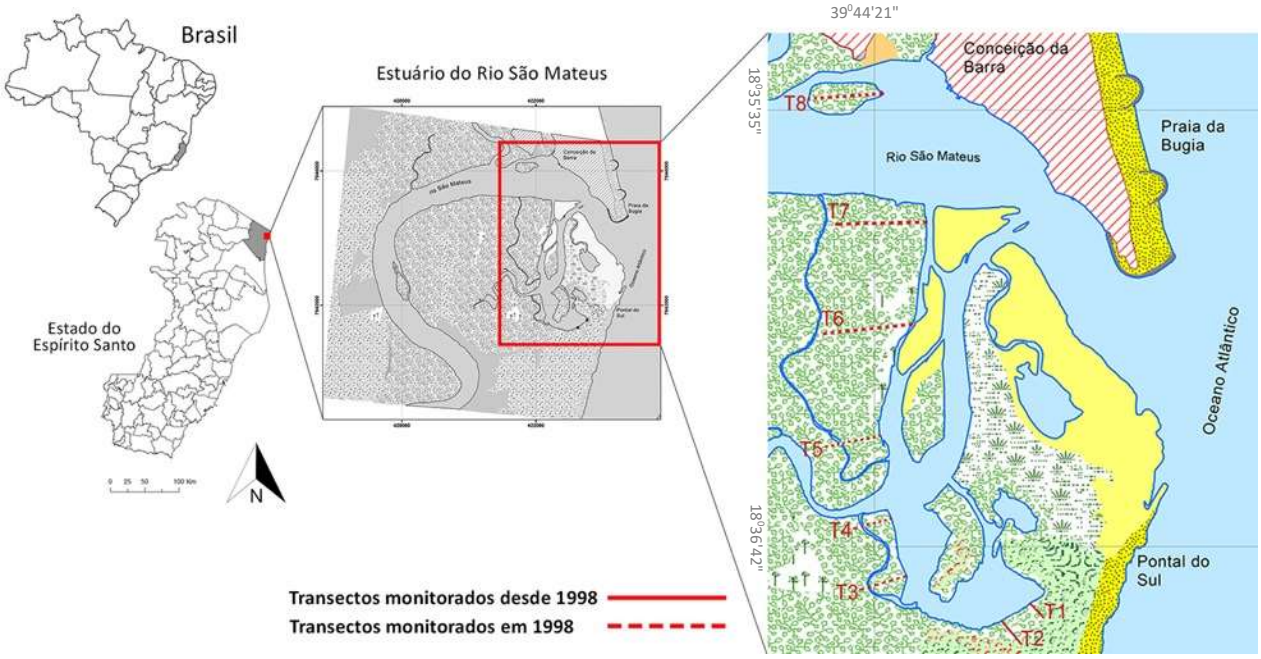


Figura 5.2. Localização do estuário do Rio São Mateus e do trecho monitorado onde estão plotados os transectos 1 e 2 (T1 e T2, detalhe vermelho).

Fonte: os autores.

Os principais sistemas atmosféricos que influenciam o tempo e o clima na Região Sudeste do Brasil são: a alta subtropical do Atlântico S000ul (ASAS), a zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as frentes frias, sendo os dois últimos responsáveis pelos índices pluviométricos e pelas temperaturas ao longo do ano (Barry e Chorley, 1978).

Durante o verão, sob o domínio do anticiclone do Atlântico Sul, um sistema semipermanente de alta pressão se estabelece e os ventos de E e NE predominam. A incidência das frentes de ondas na planície costeira do Rio Doce provém dos setores ENE e SSE, sendo as do setor SSE, embora menos frequentes, mais efetivas do que as do setor ENE (Martin et al., 1997). "*Entretanto, as ondas de elevada energia são provenientes da passagem de frentes frias, de ocorrência mais frequente entre julho e agosto"* (Muehe, 1998, p.279).

Desse modo, o munícipio de Conceição da Barra apresenta precipitação média anual de 1.300mm, sendo os meses de maio, agosto, outubro e novembro aqueles cuja precipitação é mais elevada, enquanto os meses de janeiro e fevereiro apresentam menores valores de chuva. Portanto, percebe-se que há dois períodos marcantes, sendo um mais chuvoso e outro com menor volume de precipitação (Figura 5.3). O reconhecimento de estações chuvosas e secas é extremamente importante para compreender o comportamento dos manguezais nas escalas regional, sub-regionais, locais e pontuais, uma vez que as condições climáticas estabelecem sua distribuição latitudinal. A temperatura média anual no município de Conceição da Barra é de 24^{0}C, definindo o clima como "Am, tropical seco", segundo classificação de Köppen-Geiger.

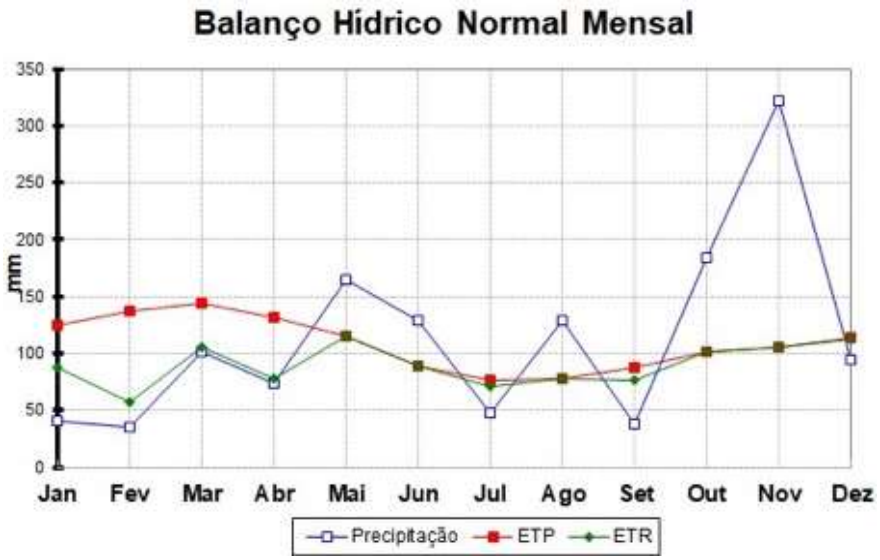


Figura 5.3. Balanço hídrico da área em estudo para o período da normal climatológica (1980-2019) na Estação Meteorológica de São Mateus (ES), alt. 25,4m.

Fonte: INMET/ANA (2019). Elaborada pelos autores.

Do ponto de vista geológico-geomorfológico, Conceição da Barra localiza-se no trecho denominado por Martin et al. (1997) de Litoral Norte, que se estende desde o limite com o estado da Bahia até a entrada da baía de Vitória. Nesse setor do litoral capixaba a planície costeira se apresenta mais larga e os sedimentos quaternários são delimitados, para o interior, pelos tabuleiros costeiros. Sobre depósitos holocênicos encontram-se manguezais representativos da costa espírito-santense (Vale e Ferreira, 1998).

No município de Conceição da Barra (Figura 5.2), os manguezais estão presentes ao longo dos estuários dos rios Itaúnas e São Mateus, cuja área neste último era de 10,82 km^2, compondo a Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra (Vale e Ferreira, 1998).

A origem dos processos erosivos e deposicionais sobre as áreas de manguezais muitas vezes é atribuída à elevação do nível do mar. Entretanto, deve-se considerar a correlação entre os processos inerentes ao ambiente costeiro estuarino e as atividades humanas para compreender sua configuração geomorfológica e fitogeográfica.

Em 1970, o estuário marinho do Rio São Mateus apresentava nítidos bancos deposicionais emersos, feições típicas de maré vazante. Dois outros bancos deposicionais também eram visíveis no seu interior. Nessa data, o bosque de mangues localizado à margem direita do estuário apresentava-se exuberante. Na margem esquerda do estuário, quase paralelo à linha de costa, um pontal contava com aproximadamente 1 km de extensão e 375 m de largura. Essa feição, sem ocupação humana até então, encontrava-se vegetada, apresentando inclusive cultivo de coco (*Cocos nuciferas* L.). Aparentemente, nessa época não ocorriam os processos de erosão e deposição sobre os bosques de mangues à margem direita, nem a erosão sobre a Praia da Bugia (Figura 5.4a).

Em 1991 o estuário foi parcialmente obstruído devido à baixa descarga fluvial, e apresentava pequenos bancos em franco processo de colonização por mangues (Figura 5.4b). O bosque de mangues à margem direita do estuário, bem próximo ao Pontal do Sul, já apresentava perda de 0,65km^2, devido aos processos erosivos flúviomarinhos. O pontal à margem esquerda do estuário, ligeiramente envergado e quase completamente ocupado pela população local, alongava-se para o interior com aproximadamente 2 km de extensão e apenas 120m de

largura, apresentando colonização por vegetação halófila-psamófila herbáceo-arbustiva na extremidade (Vale, 1999).

A partir de 1993, início da pesquisa nos manguezais do estuário do Rio São Mateus[4], observou-se que na margem direita do estuário marinho, próximo ao Pontal do Sul, os processos flúviomarinhos formaram um depósito arenoso sobre o bosque, soterrando o sistema radicular de *Rhizophora mangle* (L.), cujos indivíduos tombavam ainda vivos. Indivíduos de *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn, embora parcialmente soterrados, persistiam rebrotando como resposta fisiológica a tais processos. Sobre esse depósito arenoso observou-se a colonização pela vegetação halófila-psamófila, pelas espécies *Alternanthera brasiliana* (L.) Kuntze, *Ipomea pes-caprae* (L.), *Blutaparom portulacoides* (A.St.-Hil) Mears, *Canavalia rosea* (WC.) DC, de porte herbáceo, além de *Hibiscus tiliaceus* (L.) e *Schinus terebinthifolius* Raddi, de porte arbustivo, em um claro processo de sucessão. Os solos (substratos) onde se estabeleciam *R. mangle*[5] e *L. racemosa*, apresentavam alterações de suas condições físico-químicas e mineralógicas que causavam a mortandade dos mangues e, consequentemente, a substituição pelas espécies psamófilas. Nesse trecho do estuário iniciam-se os transectos 1 e 2[6] (Figuras 5.2, 5.4c, 5.5a, 5.5b, 5.5d, 5.5f e 5.6).

É provável que o pontal tenha se rompido entre 1991 e 1992 quando os índices pluviométricos na bacia do Rio São Mateus ultrapassaram a média histórica, alcançando valores de 2.089,2mm (Vale, 1999), restando apenas um banco de sedimentos sendo colonizado tanto por espécies invasoras, como a *Terminalia cappata* (L.) como pela típica vegetação halófila-psamófila, inclusive pelas espécies *R. mangle*, *L. racemosa*, *Avicennia schauerina* Stapft & Leech e *Avicennia germinans* (L.).

A morfologia do estuário em 1997, portanto, deve-se ao elevado *input* fluvial que exerceu a função de um molhe hidráulico, destruindo grande parte do que havia restado do pontal rompido entre 1991 e 1992. O banco remanescente do rompimento desse pontal permaneceu no interior do estuário marinho, apresentando pequenas alterações morfológicas, imperceptíveis na escala dos mapas (Figura 5.4). A margem direita apresentava agora o crescimento de um pontal de sul para norte envergado para o interior, bem próximo ao banco acima mencionado (Figuras 5.2 e 5.4c). A estas observações soma-se o fato de que, dos 78 sistemas frontais (frentes frias) que adentraram sobre o Brasil de janeiro a dezembro de 1998, 33 ultrapassaram a latitude de Vitória, podendo ter fortalecido o transporte de sedimentos oceânicos de sul para norte, o que justifica o crescimento do pontal nesse sentido (Vale, 2004).

Observando a morfologia do estuário inferior do Rio São Mateus em 2008, 2014 e 2019 (Figura 5.4d, 5.4e e 5.4f), observa-se uma grande quantidade de sedimentos à margem direita disponíveis à lenta e progressiva colonização pelas espécies halófila-psamófilas, dentre elas, as espécies *R. mangle*, *L. racemosa*, *A. schaueriana*, *Avicennia germinans* (L.), estando esta última presente também em todo o estuário, embora ausente nas parcelas amostradas em 1998 e em 2011.

Em 2009 iniciaram-se as obras de contenção da erosão que destruiu parte do bairro da Bugia (Praia da Bugia), para recuperação da orla, que foram concluídas em 2013. Portanto, observa-se nas Figuras 5.4e e 5.4f um enrocamento que "fixa" a margem esquerda do estuário e outros tipos de enrocamentos em forma de ferradura, ao longo da praia dessa (Albino et al, 2018).

[4] Projeto de Pesquisa intitulado *Biogeografia de Estuários Tropicais*, desenvolvido por Cláudia Câmara do Vale e colaboradores no âmbito da Universidade Federal do Espírito Santo, desde 1993.

[5] As espécies de mangues serão chamadas ao longo do texto pelo primeiro nome em letra maiúscula seguido do segundo nome em letra minúscula (*R. mangle = Rhizophora mangle*).

[6] Doravante transectos serão chamados pela letra T, seguida pelos números 1 e 2 (T1 e T2).

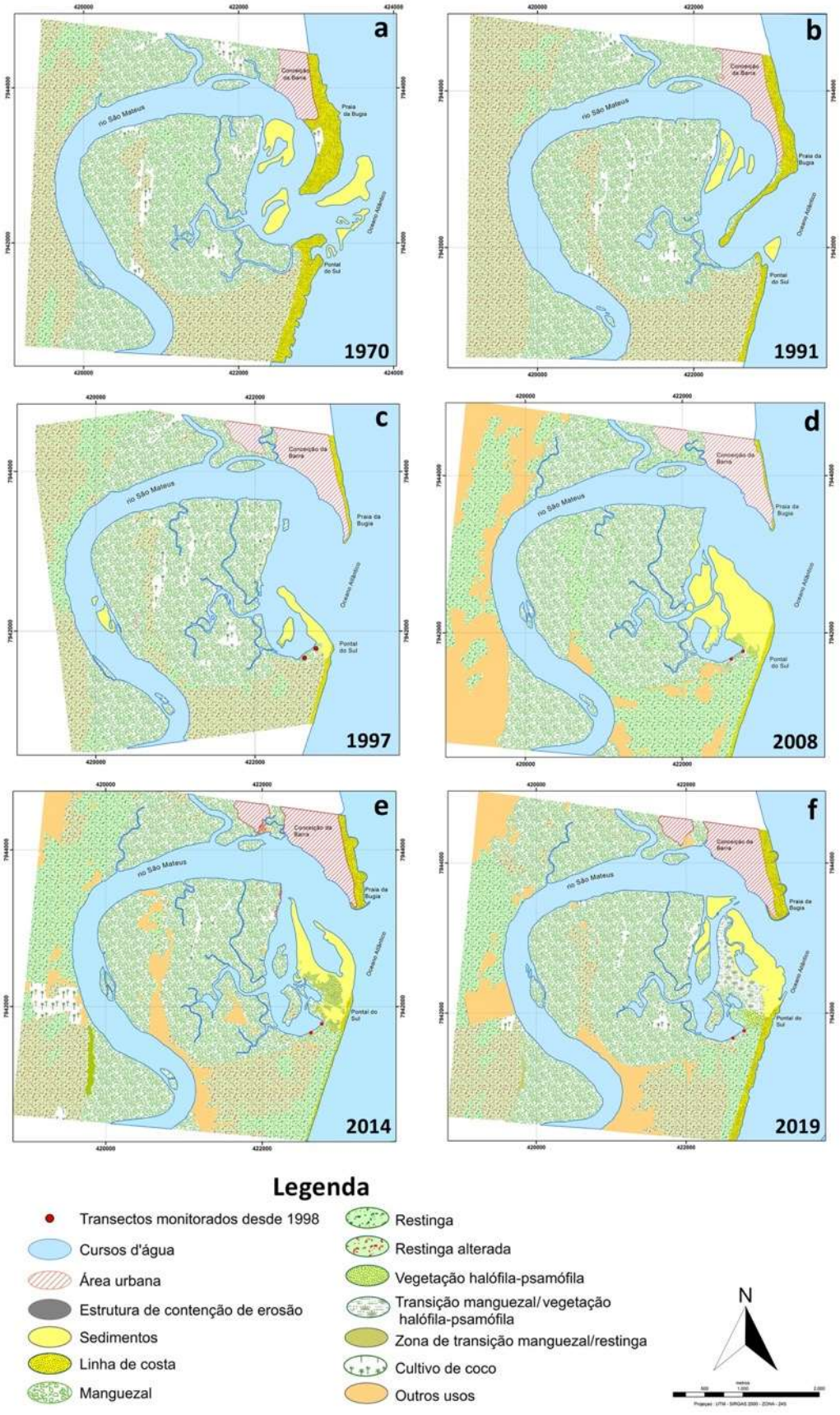


Figura 5.4. Uso e ocupação da terra no estuário inferior do Rio São Mateus em 1970 (a), 1991 (b), 1997 (c), 2008 (d), 2014 (e) e 2019 (f) e as diferentes morfologias apresentadas pelo estuário e a distribuição dos manguezais. **Fonte:** elaborada pelos autores.

A tentativa de estabilização da margem esquerda do estuário trouxe consequência aos processos estuarinos, tais como os hidrológicos e sedimentológicos, essenciais para os manguezais. O que se observa nas Figuras 5.4d, 5.4e, 5.4f é que o acúmulo de sedimentos favoreceu o estabelecimento dos mangues, o que aconteceu, concomitantemente, com a colonização por espécies halófila-psamófilas, anteriormente citadas (Figura 5.5f).

De 1997 para 2019 observou-se a expansão dos manguezais, que será aqui discutida a partir dos mapas da Figura 5.4 e dos dados dos sítios amostrais T1 e T2 e suas respectivas parcelas, bem como pela Figura 5.5, que em conjunto tentam elucidar as respostas da vegetação à dinâmica estuarina.

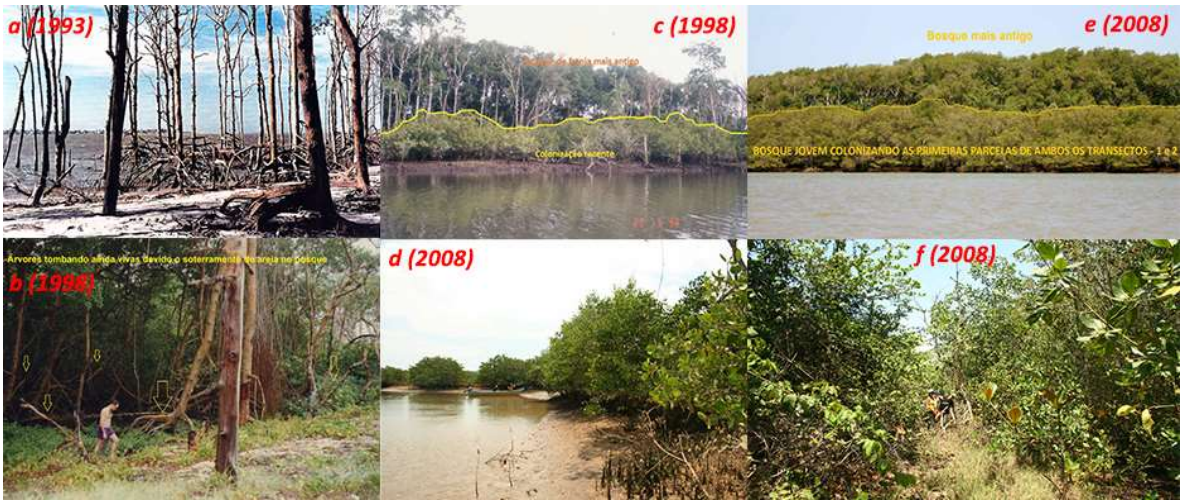


Figura 5.5. Em *a* vê-se declive entre a linha de baixa-mar e o os indivíduos mortos soterrados; em *b* indivíduos de *R. mangle* tombam vivos após soterramento do sistema radicular; em *c* vê-se o bosque jovem em 1^0 plano e adulto, em 2^0; em *d* bosque jovem à frente do trecho monitorado; em *e* vê-se 2 faixas compondo florestas de *franja*; Em *f* observa-se o cordão ou zona de transição. Elaborada pelos autores.

Fonte: acervo fotográfico de Cláudia Câmara do Vale.

O T1, com extensão de 60 m, iniciava-se em 1998 entre a linha de baixa-mar abrangendo o depósito arenoso flúviomarinho, já mencionado, terminando no contato com o cordão arenoso, feição colonizada por vegetação de restinga, sobretudo pela espécie *Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze. Comparando os processos estuarinos, geomórficos e hidrodinâmicos que ocorriam à época, o T1 encontrava-se sob maior estresse do que o T2, inclusive com aparente comprometimento fisiológico dos mangues. A parcela 1 do T1, portanto, abrange a área em acomodação pela deposição de sedimentos flúviomarinhos (Figuras 5.2, 5.4, 5.5b, 5.5c e 5.6).

Ao longo do T1 foram demarcadas duas parcelas. A primeira estava localizada a partir da baixa-mar estendendo-se até os 10 primeiros metros do bosque, abrangendo área de 100 m², enquanto a segunda localizava-se entre 50 e 60 m, aproximadamente, com área de 300 m^2. Nos primeiros metros do T1 o bosque já se encontrava em pleno processo de colonização em 1998 (Figuras 5.4, 5.5d, 5.5f e 5.6).

A densidade de indivíduos na primeira parcela estava distribuída em 30 indivíduos de *R. mangle* e 70 de *L. racemosa*, cujo maior valor de área basal era de *R. mangle* com 0,20m^2/ha^{-1}, a despeito da maior densidade de indivíduos ser representada por *L. racemosa*, que apresentava área basal de 0,04m^2/ha^{-1}. A maior densidade de *L. racemosa* quando comparada à de *R. mangle* pode ser explicada pelo grande número de indivíduos jovens e vivos que colonizavam a parcela, cuja amostra de sedimentos era composta por 100% de areia (Figuras 5.7, 5.8 e Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3).

Vale (1999; 2004; 2010; 2017) observou para os manguezais do litoral do Espírito Santo, que *L. racemosa* coloniza mais rápido terrenos arenosos que as demais espécies de mangues no tipo fisiográfico franja (*Fringe forest*) que é exatamente o caso dessa porção do T1.

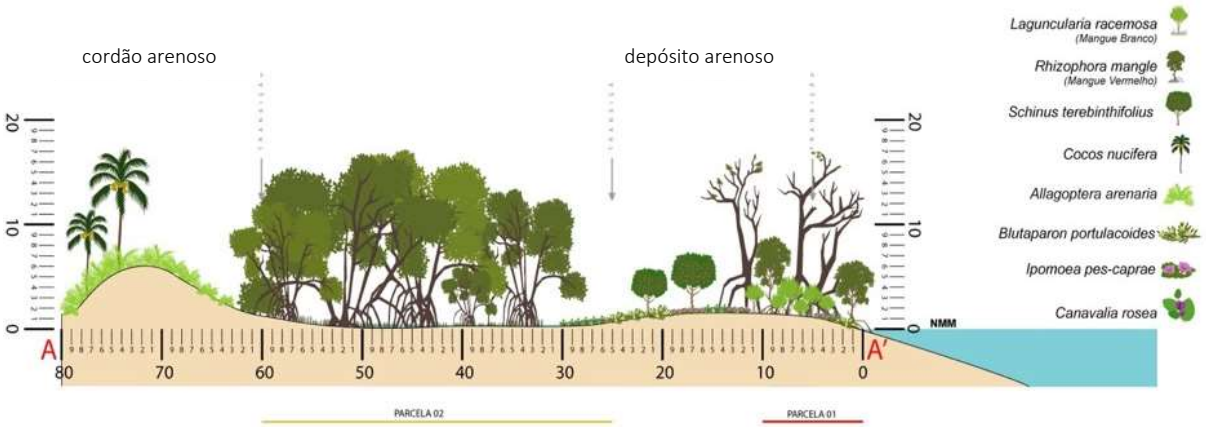


Figura 5.6. Perfil esquemático do transecto 1 (T1) representando o posicionamento aproximado das parcelas 1 e 2 em 1998. (Escalas horizontal e vertical correspondentes).

Fonte: os autores.

A área basal de ambas espécies estava distribuída nas três classes de diâmetros, com contribuições de indivíduos na classe de DAP≤ 2,5cm de 0,043m²/ha^{-1}, na classe de 2,5<DAP<10,00cm de 0,062m²/ha^{-1} e de 0,173m²/ha^{-1} na classe de DAP≥10,0cm. Quanto aos parâmetros qualitativos do bosque, todos os indivíduos de *L. racemosa* estavam vivos, enquanto os de *R. mangle* estavam igualmente distribuídos em vivos, com perda de fitomassa[7], e mortos, explicado pelos sedimentos que soterravam indivíduos de *R. mangle* ainda vivos (Figuras 5.5b e 5.6 e Tabelas 5.1 e 5.2).

A parcela dois do T1 apresentava 56,63 indivíduos de *R. mangle*, cujo valor de área basal era 2,30m²/ha^{-1}, que estava distribuída nas duas maiores classes de diâmetro, porém com maior representatividade na classe de DAP≥10, tendo sido observado, à época, indivíduos senescentes, com elevado percentual de perda de fitomassa. A amostra de sedimentos era composta por 83,3% de areia e 16,7% de silte a argila e, embora o teor de MO não tenha sido levantado para o ano de 1998, os percentuais de sedimentos mais finos encontrados nessa parcela, são compatíveis com bosque tipo bacia (*Basin forest*) (Figuras 5.6, 5.7, 5.8 e Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3).

A altura média do bosque no T1 em 1998 era de 9,0 m na primeira parcela e de 16,5 m na segunda parcela (Tabela 5.3). Entretanto, foram observados entre as parcelas 1 e 2, no contato com a zona de transição[8], indivíduos de até 19 m, corroborando com valores encontrados para outros pontos amostrais do estuário do Rio São Mateus por Silva et al. (2005).

[7] O termo perda de fitomassa refere-se às alterações nas aparentes condições fisiológicas das espécies vegetais.

[8] A zona formou-se entre 1993 e 1998, colonizada por espécies halófilas e halófita-psamófilas e espécies.

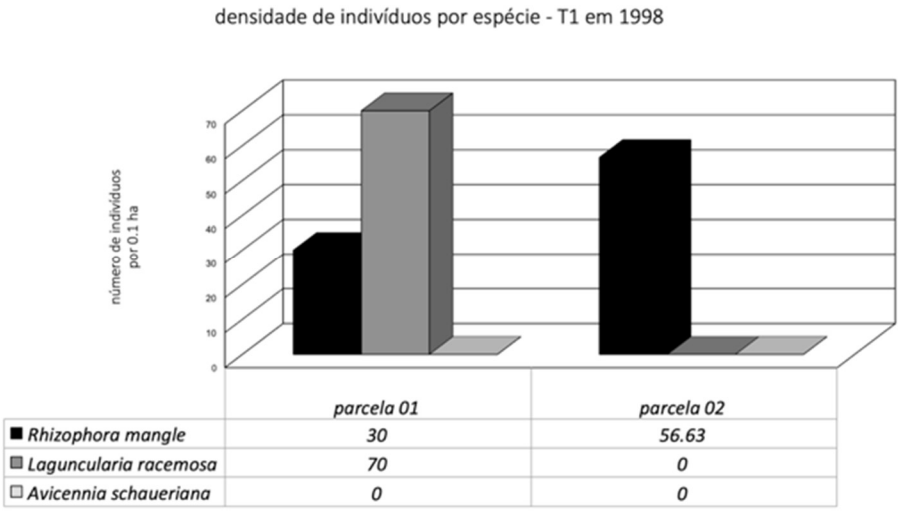


Figura 5.7. Valores de densidade de indivíduos para as parcelas 1 e 2 do T1 em 1998. Elaborada pelos autores
Fonte: VALE (1999). Elaborada pelos autores.

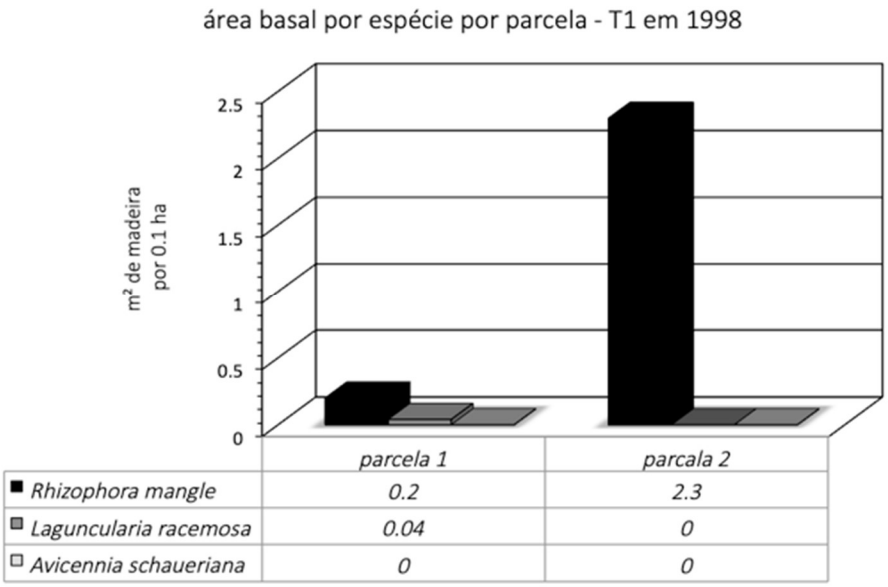


Figura 5.8. Valores da área basal para as parcelas 1 e 2 do T1 em 1998.
Fonte: VALE (1999). Elaborada pelos autores.

Tabela 5.1. Parâmetros estruturais dos mangues nos transectos 1 e 2 em 1998 e em 2011.

TRANSECTOS	PARCELAS	ANOS	Densidade absoluta de indivíduos por espécie			Área basal por espécie (m^2/ha^{-1})			Área basal total por classe de DAP		
			Rm[1]	*Lr*[2]	*Av*[2]	*Rm*	*Lr*	*Av*	≤ 2,5 cm	2,5 < DAP < 10,0	≥ 10,0 cm
1	1	1998	30	70	0	0,20	0,04	0	0,043	0,062	0,173
		2011	240	120	240	0,55	1,80	1,56	0	1,600	2,312
	2	1998	56,63	0	0	2,30	0	0	0	0,009	2,276
		2011	67,48	0	0	2,91	0	0	0,004	0,033	2,873

2	1	1998	80	140	0	0,04	0,17	0	0,056	0,151	0
		2011	600	560	0	1,74	1,58	0	0,076	3,204	0,043
	2	1998	67,50	5	5	3,50	0,15	0,13	0,007	0,071	3,703
		2011	53,12	81,24	0	2,28	0,96	0	0,001	0,143	3,090
	3	1998	60	230	90	0,45	1,12	0,33	0,077	1,119	0,845
		2011	99,99	484,60	23,07	0,02	1,39	0,04	0,039	1,330	0,073

OBS: *Rm[1]: Rhizophora mangle; Lr[2]: Laguncularia racemosa; Av[3]: Avicennia schaueriana*.

Fonte: VALE (1999); VALE (2010); VALE; ROSS (2011); WANDERLEY (2012). Elaborada pelos autores.

Tabela 5.2. Parâmetros qualitativos do bosque nos transectos 1 e 2 em 1998 e em 2011.

TRANSECTOS	PARCELAS	ANOS	VIVOS (%)			MORTOS (%)			PERDA DE FITOMASSA (%)		
			Rm[1]	*Lr[2]*	*Av[3]*	*Rm*	*Lr*	*Av*	*Rm*	*Lr*	*Av*
1	1	1998	10,0	70,0	0	10,0	0	0	10,0	0	0
		2011	18,4	0	10,5	0	0	5,3	15,8	13,2	36,8
	2	1998	36,3	63,7	0	0	0	0	0	0	0
		2011	66,6	0	0	30,6	0	0	2,8	0	0
2	1	1998	36,4	63,6	0	0	0	0	0	0	0
		2011	5,2	2,9	0	0	0	0	44,8	47,1	0
	2	1998	75,0	0	0	3,1	3,1	6,2	9,5	3,1	0
		2011	50,0	37,9	0	0	12,1	0	0	0	0
	3	1998	13,9	55,5	16,7	0	0	2,8	2,8	2,8	5,5
		2011	7,6	39,1	1,0	0	21,7	0	6,7	21,7	2,2

Fontes: VALE (1999); VALE (2010); VALE; ROSS (2011); WANDERLEY (2012). Elaborada pelos autores.

Tabela 5.3. Parâmetros bióticos e abióticos dos bosques em 1998 e em 2011.

TRANSECTOS	PARCELAS	ANOS	ALTURA MÉDIA DO BOSQUE metros	SALINIDADE SUPERFICIAL ppm	% FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS E TEOR DE MOS		
					areia	silte e argila	MOS
1	1	1998	9,0	38	100,0	0	-
		2011	8,0	25	52,4	47,6	3,1
	2	1998	16,5	30	83,3	16,7	-
		2011	14,5	30	15,3	84,7	19,5
2	1	1998	2,5	38	97,4	2,6	-
		2011	5,0	28	2,0	98,0	14,3
	2	1998	17,5	31	95,4	4,6	-
		2011	18,0	31	45,0	55,0	7,1
	3	1998	8,0	35	81,1	18,9	-
		2011	9,0	30	70,9	29,1	1,5

Fonte: VALE (1999); VALE (2010); VALE; ROSS (2011); WANDERLEY (2012). Elaborada pelos autores.

O T2 com 110 m de extensão, distava 100 m do T1, ao longo do qual foram demarcadas três parcelas, estando a primeira nos dez metros iniciais, a segunda entre 50 e 60 m e a terceira, entre 100 e 110 m, aproximadamente. A área de cada parcela era de 100 m^2, 400 m^2 e 100 m^2, respectivamente (Figura 5.9).

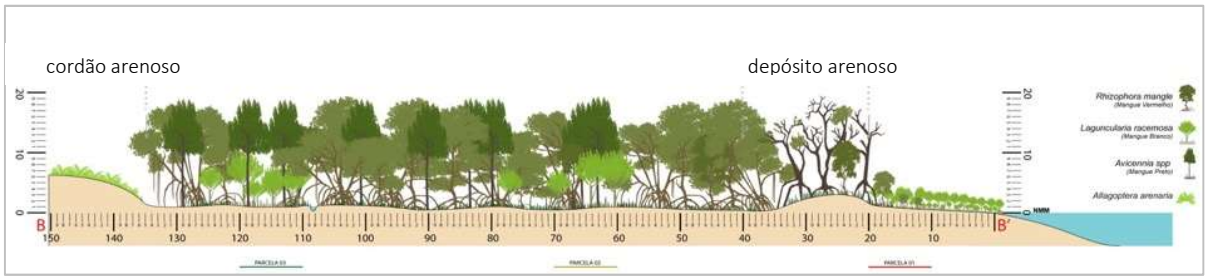


Figura 5.9. Perfil esquemático do transecto 2 em 1998 (Escalas horizontal e vertical correspondentes).
Fonte: os autores.

Quanto à densidade, observa-se que *R. mangle* apresentava 80 indivíduos na primeira parcela, 67,50 na segunda e 60 na última. A espécie *L. racemosa* contava com 140 indivíduos na primeira parcela, apenas 5 na segunda e 230 na terceira. Enquanto *A. schaueriana* contava com 5 e 90 indivíduos nas duas últimas parcelas (Tabela 5.1 e Figura 5.10).

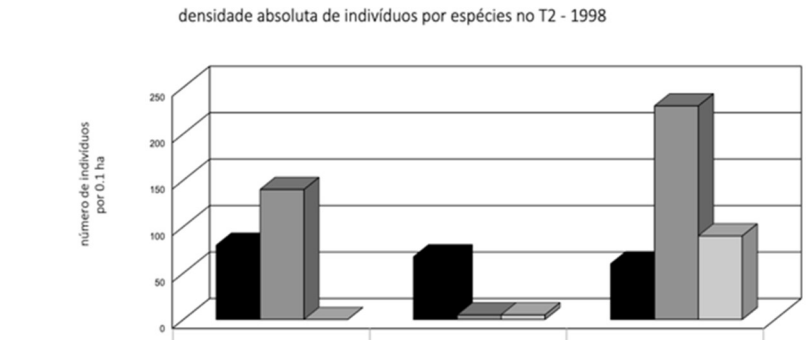
No que se refere a elevada densidade de *L. racemosa* e aos parâmetros qualitativos dessa espécie na primeira parcela do T2, se explica pelo número de indivíduos vivos, 63,6% que a colonizavam, à exemplo do que ocorria no T1. Aqui também o bosque se encontrava em recomposição por colonização por plântulas e indivíduos jovens, sendo significativa a contribuição de indivíduos cuja área basal total distribuía-se nas classes de ≤2,5cm e 2,5<DAP<10,0cm (Tabelas 5.1 e 5.2).

Correlaciona-se a colonização dessa parcela pela espécie *L. racemosa* pelos percentuais de areia, que era de 97,4% e pelo baixo percentual de silte e argila, de apenas 2,6%. Como ocorria na primeira parcela do T1, areia também predominava na amostra (Tabela 5.3).

A ocorrência e elevada densidade de *A. schaueriana* na terceira parcela do T2, pode ser compreendida por esta porção do transecto constituir bosque fisiográfico bacia, no qual o gênero *Avicennia* pode ocorrer com muita frequência, sobretudo pelo período de inundação ocorrer apenas pelas marés mais elevadas do ano (Schaeffer-Novelli et al, 2005).

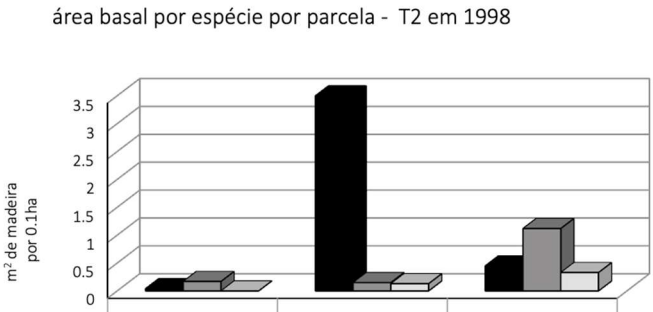
Observa-se ainda, quanto aos valores de área basal total, que na primeira parcela do T2 tais valores estão baixos em contraste com as outras duas. A área basal nas parcelas ao longo do T2 está distribuída para *R. mangle* com 0,04m^2/ha^{-1}, 3,50m^2/ha^{-1} e 0,45m^2/ha^{-1}. Enquanto para *L. racemosa* 0,17m^2/ha^{-1}, 0,15m^2/ha^{-1} e 1,12m^2/ha^{-1}, respectivamente. *A. schaueriana* que aparecia somente nas duas últimas parcelas, contribuía com 0,13m^2/ha^{-1} e 0,33m^2/ha^{-1} (Figura 5.11 e Tabela 5.1).

A altura média do bosque ao longo do T2 em 1998 era de 2,5 m, 17,5 m e 8,0 m, na primeira, segunda e terceira parcelas, nessa ordem. A relação da altura do bosque nesse transecto apresenta um gradiente compatível com um bosque de franja jovem à frente e outro maduro, e um bosque de bacia, ao fim do transecto, que não está visível na Figuras 5.5c.



	parcela 01	parcela 02	parcela 03
Rhizophora mangle	80	67.5	60
Laguncularia racemosa	140	5	230
Avicennia schaueriana	0	5	90

Figura 5.10. Valores densidade de indivíduos para as parcelas 1, 2 e 3 do T2 em 1998.
Fonte: VALE (1999). Elaborada pelos autores.



	parcela 01	parcela 02	parcela 03
Rhizophora mangle	0.04	3.5	0.45
Laguncularia racemosa	0.17	0.15	1.12
Avicennia schaueriana	0	0.13	0.33

Figura 5.11. Valores da área basal para as parcelas 1, 2 e 3 do T2 em 1998.
Fonte: VALE (1999). Elaborada pelos autores.

Os dados levantados desde 1970 até 2019 mostraram-se relevantes quanto à expansão dos manguezais sobre terrenos aptos, sujeitos aos processos flúviomarinhos e disponíveis ao desenvolvimento das plântulas de mangue. Em 1970 o manguezal do estuário marinho do Rio São Mateus contava com área de 4,74 km^2 e em 2019 esta área era de 5,86 km^2, apresentando aumento de 1,12 Km^2, que ocorreu sobretudo depois de 1997 (Figura 5.4). Abaixo far-se-ão correlações entre tais dados visando a compreensão dos aspectos morfológicos e fitogeográficos, também por meio da estrutura do bosque levantada em 2011.

No trecho monitorado percebeu-se que a zona de transição se consolidara, e possuía extensão de 30 m, colonizada apenas por espécies halófila-psamófilas, não ocorrendo mais nenhuma espécie de mangue. Entretanto, apenas esse fato não justifica a perda de área considerável de manguezal verificada em 1991. Essa perda se deu em função da ocupação da área estuarina para diversas atividades, dentre as quais, destaca-se o cultivo de coco (Figuras 4 e 5f).

Foram percebidas duas distintas faixas de bosque em 1998 e 2011 no T1. Na primeira parcela, em 1998 e 2011, havia um bosque franja com indivíduos cuja estatura média era de 9,0 m e 8,0 m,

nessa ordem. Na segunda parcela do T1, em ambos os recortes temporais, localizada após a zona de transição, havia outro bosque franja, cuja estatura média dos indivíduos era, respectivamente, de 16,5 m e 14,5 m (Tabela 3, Figuras 5c, 5d e 5e).

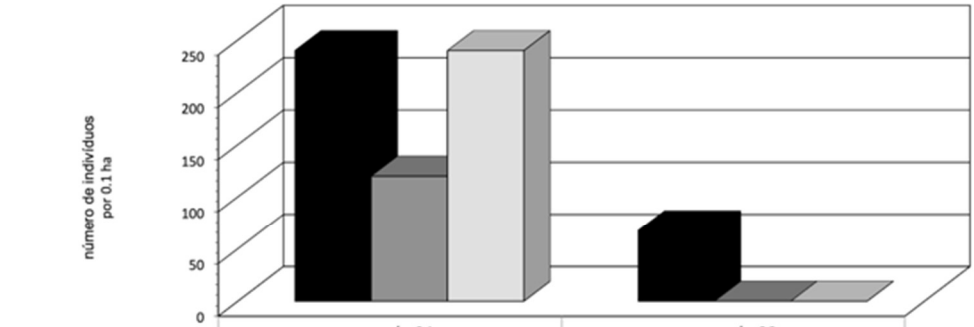
No T2, em 1998 e em 2011, em função da maior extensão do transecto foi possível demarcar três parcelas, ao longo do qual pôde-se perceber claramente três faixas de bosque, caracterizadas muito mais pela estatura dos indivíduos do que pela ocorrência das espécies. Na primeira parcela, a altura média dos indivíduos era de 2,5 m e 5,0 m, respectivamente, compondo bosque franja. Na segunda parcela desse transecto, que apresentava aclive com relação à primeira, a altura média dos indivíduos, bem mais alta, era de 17,5 m e 18,0 m e, apesar de encontrar-se topograficamente mais elevada, constituía também um bosque de franja. Enquanto na terceira parcela, em ambos os recortes temporais, essa estatura era 8,0 m e 9,0 m, respectivamente, constituindo bosque de bacia, tanto pela topografia, quanto pela marcada ocorrência de *A. schaueriana* (Tabela 5.3).

Em campo ficou evidente a ocorrência dos tipos fisiográficos “franja” e “bacia”, compondo duas faixas. Além destas, portanto, estavam definidas três distintas faixas, sendo a de transição, colonizada pelas espécies halófila-psamófilas, encontradas entre a primeira e a segunda parcelas de ambos os transectos, tanto para 1998 quanto para 2011 (Figuras 5.5e e 5.5f).

No trecho monitorado em 2011, a primeira parcela do T1 ocupava os dez metros iniciais a partir da linha de baixa-mar. Comparando com a primeira parcela do T1 em 1998, o bosque encontrava-se em melhores condições fito-fisionômicas e fisiológicas. O transecto 1 contava com 80 metros de extensão, apresentando 20 metros a mais quando comparado à extensão em 1998 (Tabela 5.2).

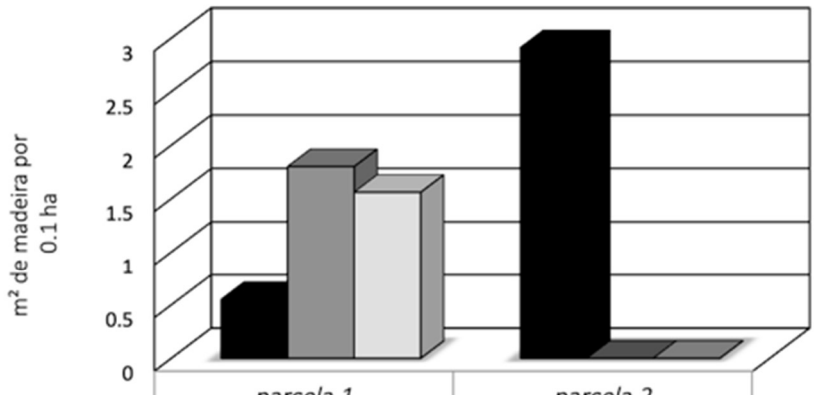
Na primeira parcela do bosque de franja a densidade de indivíduos estava repartida em 240 de *R. mangle* e 240 de *A. schaueriana* e 120 indivíduos de *L. racemosa*. A parcela tinha apenas 50 m^2 e houve dificuldade para coleta dos dados, uma vez que os indivíduos se encontravam muito próximos uns dos outros, o que denota um bosque jovem, com elevada densidade absoluta e com competição entre as espécies. *A. schaueriana*, que não estava presente no transecto 1 em 1998, competia com as outras duas espécies em 2011. A área basal de *A. schaueriana* era 1,56m^2/ha^{-1}, enquanto a de *R. mangle* era 0,55m^2/ha^{-1}, embora ambas as espécies contassem com a mesma densidade. *L. racemosa* apresentava 1,80m^2/ha^{-1}. A área basal total estava distribuída nas classes diamétricas de 2,5<DAP<10,0cm e DAP≥10,0cm. Quanto aos parâmetros qualitativos do bosque, havia apenas 5,0% de indivíduos mortos de *A. schaueriana* (Figura 5.12 e Tabelas 5.1 e 5.2).

A segunda parcela do T1 em 2011, possuía 578 m^2 e ocupava os 30 últimos metros do transecto, intercalada pela zona de transição, terminado junto ao cordão. Apresentava apenas 67,48 indivíduos de *R. mangle*, cuja área basal era 2,91 m^2/ha^{-1}, representada pela classe de DAP≥10,0 cm, fato que justifica o tamanho da área da parcela. Quanto aos parâmetros qualitativos na segunda parcela, 66,6% dos indivíduos estavam vivos, 2,8% apresentavam perda de fitomassa e 30,6% estavam mortos. A altura do bosque no T1 em 2011 de 8,0 m e de 14,5 m nas respectivas parcelas, valores bem próximos aos encontrados ao longo do T1 em 1998 (Figura 5.13 e Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3).



	parcela 01	parcela 02
Rhizophora mangle	240	67.48
Laguncularia racemosa	120	0
Avicennia schaueriana	240	0

Figura 5.12. Valores de densidade de indivíduos para as parcelas 1 e 2 do T1 em 2011.
Fonte: Wanderley (2012). Elaborada pelos autores.

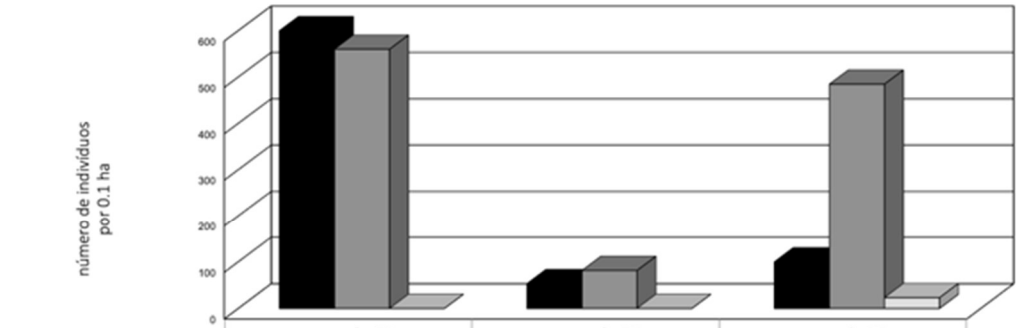


	parcela 1	parcela 2
Rhizophora mangle	0.55	2.91
Laguncularia racemosa	1.8	0
Avicennia schaueriana	1.56	0

Figura 5.13. Valores da área basal para as parcelas 1 e 2 do T1 em 2011.
Fonte: Wanderley (2012). Elaborada pelos autores.

Em 2011 o T2 media 120 m, dez a mais do que em 1998. A primeira parcela contava com apenas 25 m^2, ocupando os primeiros cinco metros do transecto, a partir da baixa-mar. Este trecho do T2 estava colonizado por mangues jovens e incontáveis plântulas, representados pelas espécies *R. mangle*, com 600 indivíduos, e *L. racemosa*, com 560 indivíduos. Essa elevada densidade de indivíduos jovens, pode ser legitimada pela distribuição da área basal total, cujo percentual de 98,7% encontrava-se repartido nas classes diamétricas de ≤2,5 cm e de 2,5<DAP<10,0 cm (Tabela 5.1). Este fato comprova também a progradação dessa faixa em direção à linha d'água, no estuário inferior do Rio São Mateus a partir de 1997, embora isso não possa ser visto na escala dos mapas da Figura 5.4c, uma vez que não é uma escala de detalhe. Uma consideração deve ser feita sobre a representação em escala de detalhe (perfis micro topográfico ou esquemático), pois a mesma possibilita distinguir e comparar os tipos fisiográficos, as espécies predominantes e a estatura do bosque de manguezal onde quer que eles ocorram, embora necessite levantamento sistemático em campo e fotografias aéreas de grande escala.

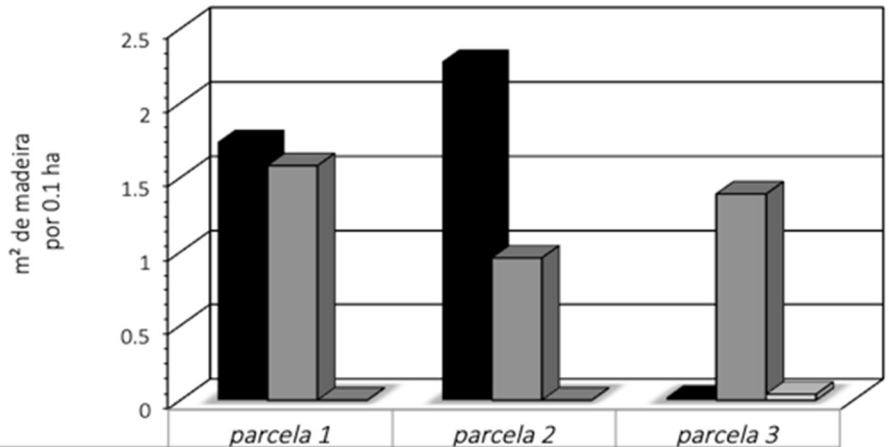
A densidade de indivíduos na segunda parcela do T2 era de 53,12 de *R. mangle* e 81,24 de *L. racemosa*, respectivamente. *A. schaueriana* aparecia apenas na terceira parcela, apesar da baixa densidade de indivíduos, quando comparada com àquelas dos indivíduos de *R. mangle* e de *L. racemosa* (Figuras 5.14 e 5.15 e Tabelas 5.1 e 5.2).



	parcela 01	parcela 02	parcela 03
Rhizophora mangle	600	53.12	99.99
Laguncularia racemosa	560	81.24	484.6
Avicennia schaueriana	0	0	23.07

Figura 5.14. Valores de densidade de indivíduos para as parcelas 1, 2 e 3 do T2 em 2011.
Fonte: Wanderley (2012). Elaborada pelos autores.

A área basal do T2 na primeira e segunda parcelas estava representada por *R. mangle*, com 1,74 m^2/ha^{-1} e 2,28 m^2/ha^{-1}, e por *L. racemosa* cuja contribuição era de 1,58 m^2/ha^{-1} e 0,96 m^2/ha^{-1}, respectivamente. Na terceira parcela, onde ocorriam as três espécies, *L. racemosa* contribuía com 1,39m^2/ha^{-1}, *A. schaueriana* com 0,04 m^2/ha^{-1} e *R. mangle* contava com apenas 0,02 m^2/ha^{-1} (Figura 5.15 e Tabela 5.1).



	parcela 1	parcela 2	parcela 3
Rhizophora mangle	1.74	2.28	0.02
Laguncularia racemosa	1.58	0.96	1.39
Avicennia schaueriana	0	0	0.04

Figura 5.15. Área basal do T2 nas parcelas 1, 2 e 3 em 2011.
Fonte: Wanderley (2021). Elaborada pelos autores.

Quanto aos parâmetros qualitativos do bosque, observava-se na segunda parcela que 50,0% e 37,9% dos indivíduos de *R. mangle* e *L. racemosa,* respectivamente, estavam vivos. Apenas 12,1% dos indivíduos de *L. racemosa* estavam mortos. Na terceira parcela os percentuais de vivos para as espécies *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana* eram de 7,6%, 39,1% e 1,0%, nessa ordem. As 3 espécies apresentavam também indivíduos com perda de fitomassa, cujos percentuais eram de 6,7%, 21,7% e 2,2%, para *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana*, consecutivamente (Tabelas 5.2 e 5.3).

Considerando que o contato da terceira parcela do T2 dá-se com o cordão arenoso, justifica-se o elevado percentual da fração de areia encontrada nas amostras de sedimentos em 1998 e 2011 – de 81,1% e 70,9%, respectivamente. Pode-se inferir, a partir da elevada densidade de indivíduos de *L. racemosa* – de 230 em 1998 e 484,6 em 2011 – que essa espécie, no trecho monitorado, ocorre com maior frequência em substratos (solos) mais arenosos. O mesmo pode-se afirmar sobre esta espécie em quase todas as parcelas de ambos os transectos monitorados nos dois recortes temporais (Tabelas 5.2 e 5.3).

O bosque em contato com o cordão, representado pelas segunda parcela do T1 e terceira parcela do T2, tanto para 1998 quanto para 2011, apresentou elevado percentual de indivíduos das espécies *L. racemosa* e *R. mangle* mortos e com perda de fitomassa, que sugere um bosque senescente e com elevado grau de perturbação.

Correlacionando as frações granulométricas das amostras do sedimento com a posição aproximada das parcelas ao longo do T1 em 2011, observa-se na primeira parcela que as frações eram distribuídas em 52,4% de areia e 47,6% de silte e argila. Na segunda parcela, areia representava 15,3%, e silte e argila 84,7%. Enquanto na primeira parcela do T2 no mesmo ano, as frações eram repartidas em 2,0% de areia e 98,0% de silte e argila. Na segunda parcela a amostra estava distribuída em 45,0% de areia e 55,0% de silte e argila. A amostra de sedimentos para a terceira parcela do T2 apresentava-se repartida em 70,9% de areia e 29,1% de silte e argila (Tabela 5.3).

Quanto ao teor de matéria orgânica do substrato na primeira e segunda parcelas do T1, este era de 3,1 e de 19,5. Ao longo do T2, nas parcelas consecutivas, o teor de MOS era de 14,3, de 7,1 e de 1,5. O maior teor de MO do trecho monitorado foi encontrado na segunda parcela do T1, que pode ser justificado por ser um bosque do tipo franja adulto. O baixo teor de MO na terceira parcela do T2 em 2011, poderia ser explicado por este trecho constituir um bosque bacia, onde a matéria orgânica normalmente encontra-se dissolvida. Todavia a ausência dos dados de MOS para 1998 impossibilita maiores correlações (Tabela 5.3).

Conforme a Figura 5.4, percebe-se a existência de bancos de sedimentos disponíveis para a colonização por plântulas de mangues a partir de 2008, fato que justifica o aumento da área de manguezal nesse recorte para 4,91 km^2, quando comparada à área em 1997 que era de 4,74 km^2. Entre 2008 e 2014 a área de manguezal aumentou, sendo então de 5,76 km^2. Finalmente, entre 2014 e 2019, o manguezal contava com 5,86 km^2. Além da área de manguezal ter aumentado consideravelmente ao longo das décadas observadas, algumas espécies halófila-psamófilas também colonizaram os terrenos disponíveis, o que evidência a importância dessa vegetação como fixadora de sedimentos, inclusive para promover a colonização posterior pelos mangues, como pode ser observado no detalhe da Figura 5.2.

Entretanto, algumas considerações podem ser feitas a partir do que foi apresentado. A ocorrência de duas faixas paralelas distintas de manguezal, com marcado gradiente na altura dos indivíduos, compondo bosque misto, sobre terreno que progradou cerca de 37 metros em menos de quatro décadas, em direção à linha d'água, mostra a elasticidade, a amplitude e a maleabilidade dos manguezais, que respondem aos processos erosivos e deposicionais, constituindo excelentes indicadores das flutuações do nível do mar, naturais ou antrópicas (Cintrón-Molero; Schaeffer-

Novelli, 1992; Schaeffer-Novelli et al, 2016; Vale, 1999; 2010). Essas faixas correspondem ao espaço de acomodação que existe em função da hidrodinâmica própria de cada ambiente, seja um estuário ou um delta, onde cada um tem sua própria identidade, como uma impressão digital (Cintrón-Molero et al, 1985; Twilley, 1995; Schaeffer-Novelli et al, 2005).

O aumento da extensão dos transectos 1 e 2 observado em 1998 e 2011, proporcionou acúmulo de sedimentos tornando os terrenos aptos e os mangues, com espécies oportunistas o colonizaram, inicialmente de forma muito rápida, mas de forma mais lenta em função desse trecho do estuário ter aproximadamente seis metros de profundidade, diminuindo a capacidade de suporte do ambiente, tornando-se um fator limitante para os mangues (Vale, 1999; Vale, 2010; Vale; Ross, 2011).

A partir do momento em que os sedimentos são depositados na zona intermarés, os manguezais colonizam rapidamente esses terrenos, desde que as condições climáticas, hidrológicas e sedimentológicas permitam, consolidando-os, podendo promover acreções posteriores, tanto horizontal, quanto vertical (Bird, 1971; Carlton, 1974; Blasco et al., 1990; Seminiuk, 1994). Segundo Woodroffe et al. (2016), a acumulação de sedimentos terrígenos alóctones, bem como a acumulação de serapilheira, corrobora o papel dos manguezais em progradar, ou expandir-se, sobre os terrenos, à medida que eles vão sendo acrescidos.

Durante muito tempo atribuiu-se aos manguezais a capacidade de construir terras e, uma vez que os mangues avançam sobre terrenos que estejam aptos para a colonização, conforme apontam Thom (1982; 1984), Woodroffe (1994), dentre outros, os manguezais realmente formam faixas paralelas em progradação, compondo bosque ora misto, ora monoespecífico (Lugo; Snedaker, 1974; Ball, 1980; Snedaker, 1982; Bunt, 1996; Bunt et al., 1985). Entretanto, Schaeffer-Novelli (2018) aponta que o manguezal não é constituído apenas pela feição floresta, mais também das feições lavado e apicum - inseperáveis conceitualmente - sendo necessárias também para melhor compreensão do comportamento do manguezal.

Segundo Bird (1971) a extensão pela qual os mangues podem progradar e promover a acreção vertical dos sedimentos, pode variar com a estrutura e a riqueza de espécies. Os pneumatóforos de *Avicennia spp*, por exemplo, podem exercer taxas de acreção diferentes daquelas realizadas pelo sistema radicular de *Rhizophora spp*. Embora alguns trabalhos apontem *R. mangle* como pioneira sobre as linhas de costas em processos de acreção e progradação (Blasco et al., 1996), este papel pode ser atribuído também à *L. racemosa* em alguns ambientes estuarinos do Espírito Santo, sobretudo quando predomina areia nas amostras dos sedimentos (Vale, 1999; 2004; 2010; 2017).

No trecho dos T1 e T2 do estuário marinho do Rio São Mateus foram registradas as espécies *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana*, embora *A. germinans* estivesse presente fora das parcelas. Foram considerados parâmetros bióticos como DAP, estatura dos bosques, e densidade, além dos parâmetros qualitativos. Alguns parâmetros abióticos, tais como frações granulométricas das amostras de sedimentos e o teor de MO, também foram levantados. O manguezal monitorado apresenta atualmente bom desenvolvimento estrutural atestando sua resiliência.

Ao longo de vários anos monitorando o estuário, percebeu-se ciclos no crescimento do pontal, ora no sentindo de norte a sul, entre 1970 e 1991, ora de sul para norte entre 1997 e 2008. Entretanto, após a finalização das obras de contenção da erosão na praia da Bugia em 2013, tal ciclicidade deixará de ser percebida, pelo menos a curto e médio prazos. Observa-se entre 2014 e 2019, que o acúmulo de sedimentos, acaba por preencher o estuário e espécies de mangue, bem como outras espécies halófilas, respondem às diferentes condições geomórficas e, finalmente colonizam-no em um contínuo processo de substituição. A abordagem sistêmica e hierárquica proporcionou a compreensão da dinâmica que rege a Terra, e a consequente resposta dos

manguezais, em distintas ordens de grandeza. Essa impressionante maleabilidade dos manguezais, embora pareça simples ao observador, é extremamente complexa.

Considerações finais

A correlação geomorfológica e fitogeográfica dos manguezais nos ambientes estuarinos é extremamente importante para a sua manutenção e facilita a compreensão a respeito do comportamento das espécies vegetais que compõem os bosques para que os mesmos exerçam todos os serviços ecossistêmicos.

A acumulação horizontal e vertical dos sedimentos é um dos tópicos mais pesquisados sobre a ecologia dos manguezais e é indiscutível a importância dos mangues como plantas que promovem a acreção, favorecendo o aumento da deposição progressiva, enquanto suas raízes contribuem para elevar o substrato diminuindo a frequência de inundação, proporcionando a formação de um *continuum* topográfico e ecológico que compõe o manguezal, desde sua feição lavado até sua feição apicum.

Embora o trecho amostral seja pequeno, constitui exemplo de cunho fitogeográfico em recorte temporal considerável e pode ser replicado ao longo de vários trechos da costa brasileira onde ocorram manguezais, visando contribuir também com pesquisas realizadas sobre a elevação do nível dos oceanos, considerando os cenários modelados pelo *Intergovernmental Panel of Climate Changes* (IPCC).

Os pressupostos teóricos, baseados na visão do sistema, bem como na perspectiva hierárquica da compreensão acerca dos manguezais, amarrados à metodologia utilizada por esta pesquisa, apresenta-se como um referencial para nortear futuras pesquisas sobre os manguezais da costa brasileira sob enfoques geomorfológicos e fitogeográficos.

Referências bibliográficas

AB'SABER, A. N. Painel das Interferências antrópicas na fachada atlântica do Brasil – Litoral e Retroterra Imediata. *In:* II SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: V. 2,1990, **Anais.** Águas de Lindóia (SP). São Paulo: ACIESP, 1990.p. 1-26.

ALBINO, J.; COELHO, A. L. N.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. **Espírito Santo. Panorama da erosão costeira no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental**. Departamento de Gestão Territorial, Dieter Muehe (Org.) Brasília, DF, MMA, 2018. pp.435-476.

ALONGI, D. M. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**: V.76, p. 1-13. 2008.

ALONGI, D. M. The Impact of Climate Change on Mangrove Forests. **Curr Clim Change Rep**, v. 1, n. 1, p. 30-39. 2015.

BALL, M. C. Patterns of secondary succession in a mangrove forest of southern Florida. **Oecologia** (Berl.) 44. Department of environmental Engineering. Miami, Florida – USA. pp.226-235. 1980.

BARRY, R.G.; CHORLEY, R.J. Atmósfera, tiempo y clima. Barcelona: Ediciones Omega. 1978. 395p.

BIRD, E.C.F. Mangroves as land-builders. **Victorian Nat**., 88. 1971. pp.189-197.

BLASCO, F; SAENGER, P; JANODET, E. Mangroves as indicators of coastal change. **Catena**, v. 27, n. 3-4, pp. 167-178. 1996.

BUNT, J.S. Mangrove zonation: an examination of data from seveteen riverine estuaries in tropical Australia. **Annals of Botany 78**. p.333-341. 1996.

BUNT, J. S.; WILLIAMS, W. T.; BUNT, E. D. Mangrove species distribution in relation to tide at the seafront and up rivers. **Contents** vol. 36, n. 4. Australian Institute of Marine Science. pp.453-641. 1985.

CARLTON, J. M. Land-building and stabilization by mangroves**.** *In*: **Environmental Conservation**. vol. 1, n. 4, 1974, pp.285-294.

CINTRÓN-MOLERO, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Methods for studying mangrove structure. *In*: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. (eds.), The mangrove ecosystem: Research Methods. Bungay: **UNESCO**. 251p. 1984.

CINTRÓN, G.; LUGO, A. E.; MARTÍNEZ, R. Structural and functional properties of mangrove forests. *In*: W. G. Dárcy & M.D. Correa A. (eds), The Botany and Natural History of Panama, **Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, Missouri. p.53- 66. 1985.

CINTRÓN-MOLERO, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Características y desarrollo estructural de los manglares de Norte y del Sur America. **Ciência Interamericana**, [S.I]. v.25 (1-4): p.4-15. 1985.

CINTRÓN-MOLERO, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Ecology and management of New World Mangroves**. *In*: U. Seeliger (ed.) Coastal plant communities of Latin America. Academic Press, San Diego, USA. p. 233-258. 1992.

DUKE, N.C. Mangrove floristics and biogeography. *In*: Robertson, A.I., Alongi, D.M. (Eds.), **Tropical Mangrove Ecosystems**. American Geophysical Union, Washington, D.C., United States. p.63-100. 1992.

DUKE, N.C., BALL, M.C.; ELLISON, J.C. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. In: **Global Ecology and Biogeography Letters**, 7, 1998. pp.27-47.

FELLER, I.; FRIESS, D.A.; KRAUSS, K.W. LEWIS III, R.R. The state of the world's mangroves in 21st century under climate change. **Hydrobiologia**, 803. 2017 pp.1-12.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *The World's Mangroves 1980–2005*; **FAO Forestry Paper** No. 153; Forest Resources Division, FAO: Rome, Italy. 77p. 2007.

GIRI C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, L.L.; ZHIU, Z.; SINGH, A, et al. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**. [S.I] v. 20 (1), p.154–159. 2011.

KRAUSS, K.W.; MACKEE, K.L.; LOVELOCK, C.E.; CAHOON, D.R.; SAINTILAN, N.; REEF, R.; CHEN, L. How mangrove forests adjust to rising sea level. **New Phytologist** (2014) 202: p.19-34. 2013.

LUGO, A.E.; SNEDAKER, S.C. The ecology of mangroves. **Annu. Rev. Ecol. System** 5. p.39-64. 1974.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J-M. **Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo**. São Paulo, SP.: CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo). 1997. 112 p.

MUEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentação. *In*: CUNHA, S.B. & GUERRA, A. T. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. pp.273-394.

MUEHE, D. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Volume 2, Nº 1. 2001. PP.35-44

MURRAY-WALLACE, C.; WOODROFFE, C. Quaternary Sea-Level Changes. A Global Perspective. **University Press**. Cambridge. 484p. 2014.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6 p. 17-29. 1992.

SANTOS, A. L. G.; FURLAN, S. A. Representação cartográfica do sistema costeiro: a interação dos níveis hierárquicos com os sistemas atmosférico, terrestre e marinho. *In*: VI Congresso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales. **Anais**. São Paulo, USP.2014b.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. A diversidade do ecossistema manguezal. In: **Atlas do Manguezais do Brasil**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília: 2018. pp.23-36.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., CINTRON-MOLERO, G., ADAIME, R.R., CAMARGO, T.M., Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries**, Columbia, v. 13, p.204–218. 1990.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M.L.G.; DE-ROSA, M.T. Brazilian Mangroves. **Aquat. Ecosyst. Health Manag**. v. 3, p.561–570. 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; CUNHA-LIGNON, M.; COELHO-JR, C. A conceptual hierarchical framework for marine coastal management and conservation: a Janus-Like approach. **Journal of Coastal Research**, Florida, Special Issue, v. 42, p. 191-197, 2005.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; VALE, C. C.; CINTRÓN-MOLERO, G**. Monitoramento do Ecossistema Manguezal: Estrutura Características Funcionais.** *In*: Alexander Turra; Marcia Denadai. (Org.) Protocolos de campo para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros - Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos. 1ed. São Paulo – SP: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. v. 1, p. 59-76. 2015.

SCHAEFFER-NOVELLI, YARA; SORIANO-SIERRA, E. J; VALE, C.C.; BERNINI, E.; ROVAI, A. S.; PINHEIRO, M.A.A.; SCHMIDT, A. J; ALMEIDA, R.; COELHO JR, C.; MENGHINI, R.P.; MARTINEZ, D.I; ABUCHALA, G.M.O.; LIGNON, M.C.; SARUBO, S.C.; MOLERO, G.C. Climate changes in mangrove forests and salt marshes. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, pp. 37-52, 2016.

SEMINIUK, V. Mangrove zonation along an eroding coastline in King Sound North-Western Australian. Blakwell Scientific Publication 1980. pp.789-812.

SEMENIUK, V. Mangrove distribution in Northwestern Australia in relationship to regional and local freshwater seepage. **Vegetatio**. Springer, New York, NY. v.53, n.1, p.11–31. 1983.

SEMENIUK, V. Predicting the effect of sea-level rise on mangroves in northwestern Australia. **Journal of Coastal Research.** Coastal Education & Research Foundation, Inc. v**.**10, n.4, p.1050-1076. 1994.

SEMENIUK V. Predicted response of coastal wetlands to climate changes: a Western Australian model. **Hydrobiologia** 708. 2013. pp.23-43

SILVA A.B.; BERNINI, E.; CARMO, T.M.S. Características estruturais de bosque de mangue do estuário do Rio São Mateus, ES, Brasil. **Acta Bot. Bras**. 19 (3) pp.465-471. 2005.

SILVEIRA, J.D. Morfologia do litoral. ***In*: Azevedo, A. (Ed.) Brasil a Terra e o Homem. V. I. As Bases Físicas. 2a. edição, revista. São Paulo: Companhia Editora Nacional. p.253-339. 1968.**

SNEDAKER, S. C. **Mangrove species zonation: why?** *In*: SEM, D. N.; RAJPUROHIT, K. S. (Ed.). Tasks for vegetation science – Contributions to the ecology of halophytes. The Hague: Junk Publishers. v. 2, p. 111-125. 1982.

SPALDING, M.D; FOX, H.E.; ALLEN, G.R.; DAVIDSON, N.; FERDAÑA, Z.A et al. Marine Ecoregions of the World: a bioregionalization of coastal and shelf areas. **BioScience**, v. 57, n. 7, p. 573-583. 2007.

SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. World Atlas of Mangroves. **Human Ecology**. London, Washington D. C: Earthscan, v.39, 319p. 2010.

THOM, B. G. **Mangrove ecology: a geomorphological perspective**. *In*: CLOUGH, B. F. Mangrove ecosystems in Australia: structure, function and management. Australian National University Press, Camberra, p. 3-17. 1982.

THOM, B. G. **Coastal landforms and geomorphic processes**. *In*: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. (Ed.). The Mangrove Ecosystem: research methods. UNESCO, Paris, pp. 3-17. 1984.

TOMLINSON, P. B. **The Botany of Mangroves**. Cambridge: Cambridge University Press. 419p. 1994.

TWILLEY, R. R. Properties of mangrove ecosystems related to the energy signature of coastal environments. *In*: HALL, C. (Ed.). **Maximum Power**. Boulder: University of Colorado Press. p. 43-61. 1995.

TWILLEY, R.R; SNEDAKER, S.C.; YAÑES-ARANCIBIA, E.; MEDINA, E. Biodiversity and ecosystem processes in tropical estuaries: perspectives of mangrove ecosystem. In: **Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective**. H.A. Mooney; J.H. Cushman, E. Medina; O. E. Sala; E.D. Schulze (Eds). Wiley, New York. pp.327-370. 1996.

VALE, C.C. **Contribuição ao estudo dos manguezais como indicadores biológicos das alterações geomórficas do estuário do Rio São Mateus (ES)**. 171f. 1999. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1999.

VALE, C. C. **Séries geomórficas costeiras do estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica**. 387f. 2004. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2004.

VALE, C. C. **Por uma metodologia para o estudo das áreas de manguezais: uma visão sistêmica**. *In*: NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. Geomorfologia: aplicações e metodologias. São Paulo: Expressão Popular, UNESP, 2008. p. 117-131.

VALE, C.C. Correlação entre os processos erosivos e sedimentares e o comportamento das espécies vegetais dos manguezais do estuário do Rio São Mateus, litoral norte do estado do Espírito Santo. ***GEOUSP - Espaço e Tempo***. São Paulo, Nº 27, 2010. pp. 113-134.

VALE, C. C. Ambientes geomórficos do estuário do Rio Benevente, Espírito Santo, e o desenvolvimento dos manguezais. **Anais da Academia Cearense de Ciências**, v. 2, 2017. pp. 146-154.

VALE, C. C.; FERREIRA, R. D. Os manguezais do estado do Espírito Santo. *In*: IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. Águas de Lindóia, **Anais**. São Paulo. vol. 1. 1998, pp. 88-94.

VALE, C.C.; ROSS, J.L.S. As transformações morfológicas e fitogeográficas do estuário do Rio São Mateus, litoral norte do estado do Espírito Santo, entre 1970 e 2008. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume 21, 2011, p.03-23.

VALE, C.C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. A zona costeira do Brasil e os manguezais. In: **Atlas do Manguezais do Brasil**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília: 2018. pp.35-54

WANDERLEY, T.C. **Monitoramento de um trecho do bosque do mangue do estuário do Rio São Mateus, Conceição da Barra (ES), entre os anos 1998 a 2011**. 138f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal do Espírito Santo, (Ufes), 2012.

WOODROFFE, C.D. **The impact of sea-level rise on mangrove shorelines**. Progress in Physical Geography 14, p.483-520. 1990.

WOODROFFE, C. D. Mangrove sediments and geomorphology. *In*: Robertson, A.I., Alongi, D.M. (Eds.), Tropical mangrove ecosystems, **American Geophysical Union,** Washington, DC. p. 7-41, 1992.

WOODROFFE, C.; ROGERS, K.; MACKEE, K.L.; LOVELOCK, C.E.; MENDELSSOHN, I.A.; SAINTILAN, N. Mangrove sedimentation and response to relative sea-level rise. **Annual Review of Marine Science**. v.8, p.243-266. 2016.

Cláudia Câmara do Vale é geógrafa pela Universidade Federal do Espírito Santo (1992), doutora em Geografia pela Universidade de São Paulo (2004). Professora Associada do Curso de Graduação e Pós graduação em Geografia do Departamento de Geografia da UFES. E-mail: camaravale@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/5561405346762826

Jurandyr Ross é geógrafo e Professor Titular da Universidade de São Paulo. Foi consultor do DNPM no Projeto RADAMBRASIL. Foi consultor do MMA para projetos de Zoneamento Ecológico-econômico no período 1992/2002. Atua como consultor em diversos projetos de Zoneamento Ecológico-econômico, Planos Diretores Municipais e Planos de Manejo de Unidades de Conservação Federais e Estaduais. E-mail: jurarossusp.br CV: http://lattes.cnpq.br/1197390306069415

Marta Oliver-Batalha é geógrafa especialista em Sensoriamento Remoto pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) (1997), especialista em Gestão e Educação Ambiental (2008), Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo (2014), doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós Graduação da Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: marts.oliver@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/6045785657270369

Thayana Caus Wanderley é geógrafa doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós Graduação da Universidade Federal do Espírito Santo e professora da Universidade Estadual de Minas Gerais (UEMG). E-mail: thayanacw@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/3902549941583871

Capítulo 6

A plataforma continental semiárida do Brasil

Lidriana de S. Pinheiro; Antônio R. Ximenes Neto; David Hélio M. de Medeiros; Paulo Roberto S. Pessoa; Jáder O. de Morais

Introdução

A plataforma continental e a zona costeira semiárida do Brasil possuem sua gênese relacionada à evolução das Bacias Potiguar e do Ceará, recebendo a influência dos rios de escoamento intermitentes sazonais, com baixo influxo de água e sedimentos para o mar, desde o Quaternário Tardio (Behling et al., 2000; Morais et al., 2019). Para o semiárido do Nordeste Setentrional, há registros de Caatinga pelo menos desde os últimos 42.000 anos A.P., em datação realizada por Behling et al. (2000), em amostras coletadas no Talude Continental do Ceará. A plataforma continental e zona costeira que apresenta uma nítida influência semiárida é delimitada entre o Delta do Parnaíba, na divisa Piauí-Maranhão e Touros no Rio Grande do Norte (Morais et al., 2019) (Figura 6.1).

O semiárido é caracterizado pela irregularidade espacial e temporal das chuvas na região. Esta irregularidade na distribuição temporal das chuvas está associada ao comportamento da temperatura anual no Atlântico tropical, relacionando-se com a migração norte-sul da zona de

▪ COMO CITAR:
PINHEIRO, L. et al. A Plataforma Continental Semiárida do Brasil. *In*: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 129-152. ISBN 978-65-992571-0-0

convergência intertropical (ZCIT) e a circulação atmosférica de baixos níveis, variações nos ventos alísios de nordeste e sudeste (Alves et al., 2017). São observados períodos regulares de seca, que podem ser mais curtos ou mais extensos, intercalados com anos onde a precipitação pode se manter na média do local ou acima dela.

Nas regiões interioranas do semiárido nordestino, os totais pluviométricos anuais podem variar de 300 mm, em anos mais secos até valores próximos de 800 mm (Aragão, 2004). De maneira geral, nas regiões litorâneas, esses valores podem ser bem superiores aos observados no interior, alcançando totais pluviométricos próximos de 2.000 mm anuais. A origem dessa irregularidade envolve diversos fatores. Ferreira e Mello (2005) identificaram que a atuação de sistemas dinâmicos com a zona de convergência intertropical (ZCIT), os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCANs), os sistemas de brisas, os distúrbios ondulatórios de leste (DOL), além das linhas de instabilidade e dos complexos convectivos de mesoescala (CCMs), que contribuem para o cenário da composição das chuvas nos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, compreendendo também a Região Nordeste do Brasil de maneira geral.

A atuação da ZCIT se dá de forma mais pronunciada, sobre a porção norte da Região Nordeste, onde os maiores volumes de chuva ocorrem entre fevereiro e maio. Neste período geralmente, a ZCIT está posicionada sobre a região, como consequência da confluência dos alísios e do comportamento da temperatura no oceano Atlântico. Desta forma a ZCIT se apresenta como o principal sistema responsável pelas chuvas nesta parcela do território nordestino. Estados como Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, possuem grandes parcelas do seu território sob a influência da ZCIT. Molion e Bernardo (2002) destacam também os fenômenos de larga escala como *El Niño* e *La Niña* em suas atuações sobre a América do Sul. Em decorrência disso, pôde-se observar alguns anos com precipitações significativas, superiores a 2.000 mm em cidades como Fortaleza/CE e Acaraú/CE e precipitações abaixo de 500 mm anuais como registrado em Macau/RN e Aracati/CE.

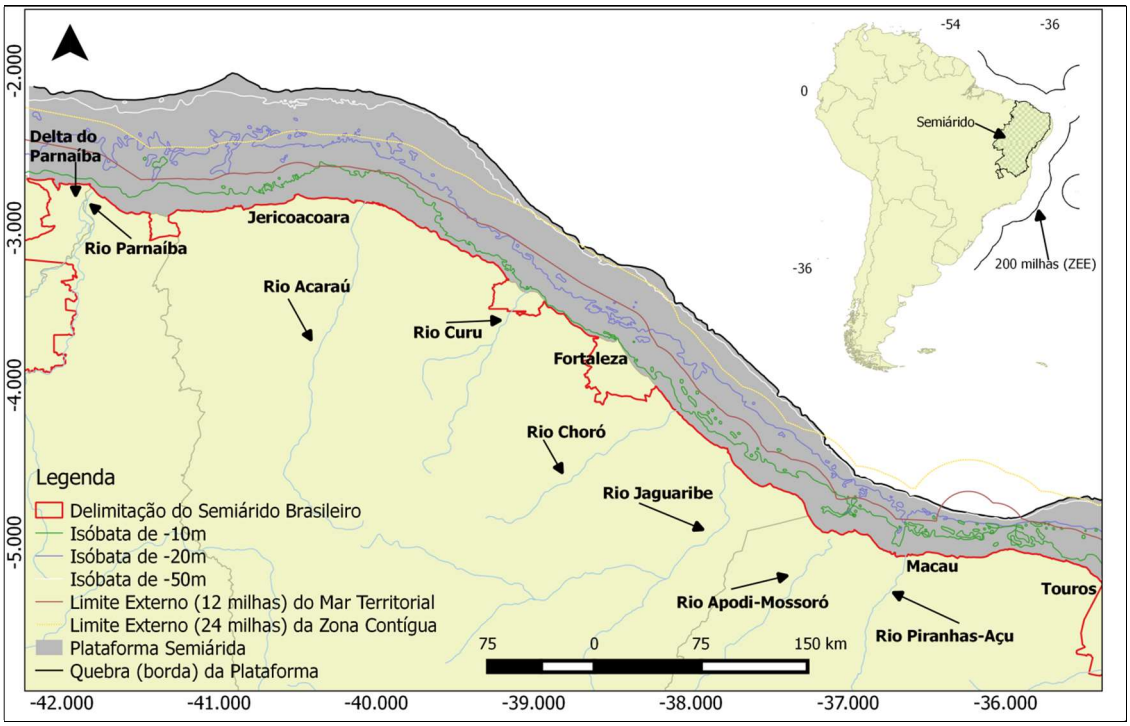


Figura 6.1. Plataforma Continental Semiárida no Nordeste Brasileiro.
Fonte: elaborado a partir dos dados disponíveis nos sites do IBGE, ANA, DHN.

Apesar da faixa litorânea estar submetida às condições hidroclimáticas mais amenas, as principais bacias hidrográficas estão sujeitas ao déficit hídrico, interferindo nos processos de produção, transporte e deposição de sedimentos ao longo do vale fluvial, na zona costeira e na plataforma continental. Ademais, a elevada disponibilidade de sedimentos siliciclásticos e a ação dos ventos constantes ao longo de todo o ano, repercutem na formação e migração de dunas ao longo da costa, retroalimentando praias, por vezes assoreando desembocaduras fluviais e terrenos dos Tabuleiros Pré-litorâneos (Pinheiro et al., 2016; Morais et al., 2018).

As estratégias de adaptação das populações às condições hidroclimáticas semiáridas, induziram transformações importantes na paisagem nos últimos três séculos, a exemplo dos ciclos de cultivos, com desmatamentos das margens fluviais, extração de recursos minerais, pastoreio e a construção de reservatórios para abastecimento humano e/ou controle de inundações (Pinheiro et al., 2006; Costa e Pinheiro, 2009; Pessoa et al., 2017). Dentre as principais consequências se pode enumerar redução do influxo dos rios nos períodos de chuva e consequente perda da competência e capacidade de transporte de sedimentos e outras substâncias para os oceanos. Nesses casos, mudanças no padrão de circulação são estabelecidas, fazendo com que os estuários dessas regiões sejam, predominantemente, importadores de sedimentos (Valle-Levinson et al., 2001; Morais e Pinheiro, 2011; Pinheiro et al., 2016), com intensificação no período de secas prolongadas.

As variações dos influxos de águas continentais para a plataforma continental condicionam padrões sedimentares predominantemente mistos (Morais et al., 2019). A ampliação e/ou retração das áreas com depósitos carbonáticos na plataforma interna tem forte dependência da variação sazonal das precipitações e vazões das drenagens continentais (Testa e Bosence, 1999). As forçantes hidrodinâmicas em áreas rasas por sua vez controlam a formação de paisagens e formas de fundo que dão suporte a origem de geohabitat (Ximenes et al., 2018c) e, por consequência, a possibilidade de uma variedade de tipos de usos.

Entender a conectividade entre o sistema costeiro e a plataforma continental de forma integrada, principalmente no contexto do semiárido, é um desafio considerando os cenários induzidos pelas mudanças climáticas para essas regiões e pelas novas fronteiras induzidas pelo conceito de economia do mar. Gerar informações sobre esses sistemas é uma importante contribuição para o planejamento espacial marinho.

Drenagens e barramentos e suas implicações no escoamento do continente para o mar

Durante a maior parte do ano ocorre pequena descarga fluvial aos estuários do semiárido, por causa do efeito do déficit hídrico, e da construção de reservatórios para abastecimento humano e/ou controle de inundações. Esta condição provoca regimes diferenciados quanto aos transportes e depósitos de sedimentos, por vezes favorecendo a importação de sedimentos para o interior dos estuários (Morais e Pinheiro, 2011). No baixo curso fluvial, os estuários são canais aluviais que representam a transição entre os ambientes marinhos e terrestres, sendo os principais tipos de feições que têm sua gênese ligada à deposição mista, por meio da penetração das águas do mar nos baixos vales fluviais (Miranda et al., 2012).

Os ambientes estuarinos são sistemas complexos sujeitos à influência das ondas, marés, vazão fluvial e ações antrópicas. As alterações físicas dos estuários provocadas por estes agentes variam em escala de horas a dias (curta escala), de meses a alguns anos (média escala), de décadas a algumas centenas de anos ou até milhares de anos (Karunarathna et al., 2008). Esta instabilidade resulta em arranjo espacial das feições morfológicas e nos processos de sedimentação nas desembocaduras e zona costeira adjacente.

No semiárido brasileiro, ocorre pequena descarga fluvial aos estuários durante maior parte do ano, diante do balanço hídrico negativo, a exemplo do que foi observado por Pessoa et al., 2017 no estuário do Rio Acaraú (CE), e por Medeiros et al. (2018a) no estuário do Rio Apodi/Mossoró (RN). Em geral, as chuvas são concentradas entre os meses de fevereiro a maio, enquanto durante os meses de junho a janeiro, predominam condições de estiagem e elevadas taxas de evaporação.

A intermitência fluvial condicionou para a construção de inúmeros de reservatórios para abastecimento humano e/ou controle de inundações, sobretudo a montante dos estuários. Além das condições naturais restritas para drenagens das águas continentais aos litorais, a construção de reservatórios favoreceu para que as oscilações do volume estuarino sejam controladas predominantemente pela amplitude das marés (≅3 m) (Pinheiro e Morais, 2010; Morais e Pinheiro, 2011; Frota et al., 2013; Pinheiro et al., 2016; Valle-Levinson e Schetinni, 2016).

Medeiros (2020) identificou 45 barramentos/reservatórios na bacia hidrográfica do Coreaú (CE), que compreende uma área de 10.633,66 km²; na bacia hidrográfica do Acaraú (CE), com área correspondente a 14.416 km², existem 213 barramentos/reservatórios; a bacia hidrográfica do Apodi/Mossoró (RN) apresenta 453 barramentos/reservatórios em uma área de 14.276 km²; na bacia hidrográfica Piranhas/Assú (PB/RN) foram registrados 1.536 barramentos/reservatórios em 42.900 km² de abrangência territorial (Figura 6.2).

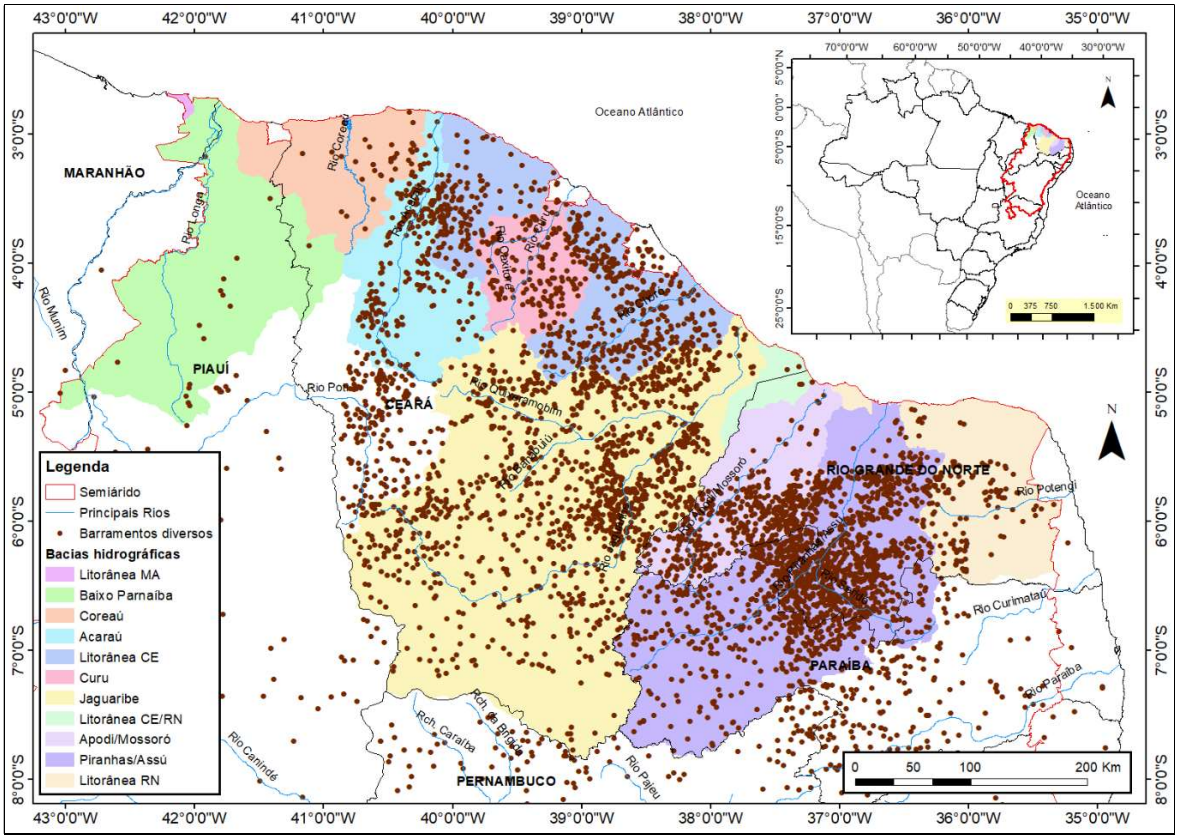


Figura 6.2. Distribuição de barragens nas bacias hidrográficas semiáridas que apresentam conectividade com o baixo curso de rios/estuários.
Fonte: elaborado a partir dos dados disponibilizados da ANA, 2015; IBGE, 2017

Como consequência da deficiência hídrica e barramentos, a variabilidade das descargas e a retenção de sedimentos resultam em processos morfodinâmicos para ajuste da forma dos canais, gerando padrões de canais simples e múltiplos (Cavalcante e Cunha, 2012; Stevaux e Latrubesse,

2017). Nesse sentido, contíguos a trechos meandrantes e retilíneos, nos estuários dos rios Coreaú (CE), Acaraú (CE), Jaguaribe (CE), Apodi/Mossoró (RN) e Piranhas/Assú (RN) ocorrem confluências anastomosadas que favorecem ao desenvolvimento de extensas planícies de inundação estuarina (Figura 6.3).



Figura 6.3. Aspectos morfológicos dos ambientes estuarinos. (a) Baixo curso do Rio Coreaú onde é possível verificar barras, ilhas e crevassesplay; (b) Baixo curso do rio com meandros abandonados; (c) e (e) padrões meandrante ao lado de tanques de carcinicultura nos estuários dos Rios Apodi/Mossoró e Jaguaribe; (d) Foz do Rio Curu com a presença de bancos arenosos e ilhas; (f) e (g) Baixo curso do Rio Piranhas/Assú com a presença de barras centrais, lateral e em pontal, além de ilhas e planícies hipersalinas.

Fonte: imagens do Google Earth para identificação de processos morfodinâmicos de acordo com Quintela (2008); Queiroz et al. (2018); Ximenes Neto (2018); Medeiros (2020).

Adjacente às desembocaduras, os bancos arenosos progradantes associados com as condições de mesomarés locais e vazão continental restrita aos períodos de chuvas, tendem a serem importados para o interior dos estuários. Por consequência, as drenagens estuarinas são intercaladas por um conjunto de ilhas e barras que podem modificar os cursos dos rios, devido ao entalhe dos canais (Pinheiro, 2003; Quintela, 2008; Queiroz et al., 2018; Ximenes Neto, 2018c; Medeiros, 2020).

Outro aspecto marcante associado ao contexto da semiaridez e dos barramentos, são os processos morfodinâmicos em locais com drenagens de pequeno porte. Neste litoral a velocidade dos ventos é mais intensa (e.g., Maia et al., 2001), apontam velocidade média de 6,9 m/s em Fortaleza/CE e 7,9 m/s em Camocim/CE), juntamente com o transporte e disponibilidade de sedimentos, fazendo com que o domínio das formações arenosas, sob a forma de dunas, contribua significativamente para a obstrução das reentrâncias costeiras (Morais et al., 2002), condicionando a formação de sistemas flúvio-lagunares e/ou estuarino-lagunares, como observado por Pinheiro (2003) no Rio Malcozinhado (CE), Pinheiro e Morais (2010) no Rio Catú (CE) e por Medeiros et al. (2018b) em sistema lacustre adjacente ao Rio Apodi/Mossoró (RN).

Portanto, a costa semiárida brasileira é marcada pela existência do domínio de estuários em planície costeira[1], que ora evoluem para estuários-lagunares a partir da relação de baixo influxo dos rios e o transporte de sedimentos pelas correntes de deriva litorânea. O baixo aporte sedimentar resulta para uma instabilidade morfodinâmica no sistema estuarino e litoral adjacente.

Padrões sedimentológicos e morfológicos influenciados pela semiaridez na plataforma continental

- **Aspectos morfoestruturais**

A plataforma continental semiárida do Brasil possui sua gênese relacionada à evolução das Bacias Potiguar e do Ceará. Estas bacias sedimentares são produto da separação do Gondwana e formação do Atlântico, sendo divididas em três principais supersequências – rifte, pós-rifte e drifte (Condé et al., 2007; Pessoa Neto et al., 2007). Este trecho da margem equatorial brasileira apresenta aspectos típicos de margens transformantes (Zalán et al., 1985), como a presença do cinturão transpressivo soerguido do Alto Atlântico, falhas *strike-slip* e estruturas enechelon.

As principais estruturas associadas à Bacia Potiguar são os grábens de Umbuzeiros, Boa Vista, Apodi, Guamaré, Jacaúna, Messejana e Fortaleza; os altos de Fortaleza, Quixaba, Serra do Carmo; e as plataformas Aracati e Touros (Bertani et al., 1990; Silva Filho, 2004). Já na bacia do Ceará se destacam as plataformas Fortaleza e Parnaíba, o Alto do Acaraú, o Alto Atlântico, o Alto do Ceará e o Alto de Tutoia (Morais Neto et al., 2003; Silva Filho, 2004; Ximenes Neto et al., 2018c) (Figura 6.4).

[1] Os estuários de “planícies costeiras” são formados durante as transgressões do mar no Holoceno, geralmente são rasos, perpendiculares à linha de costa, com configuração geométrica em forma de “V” (MIRANDA et al., 2012).

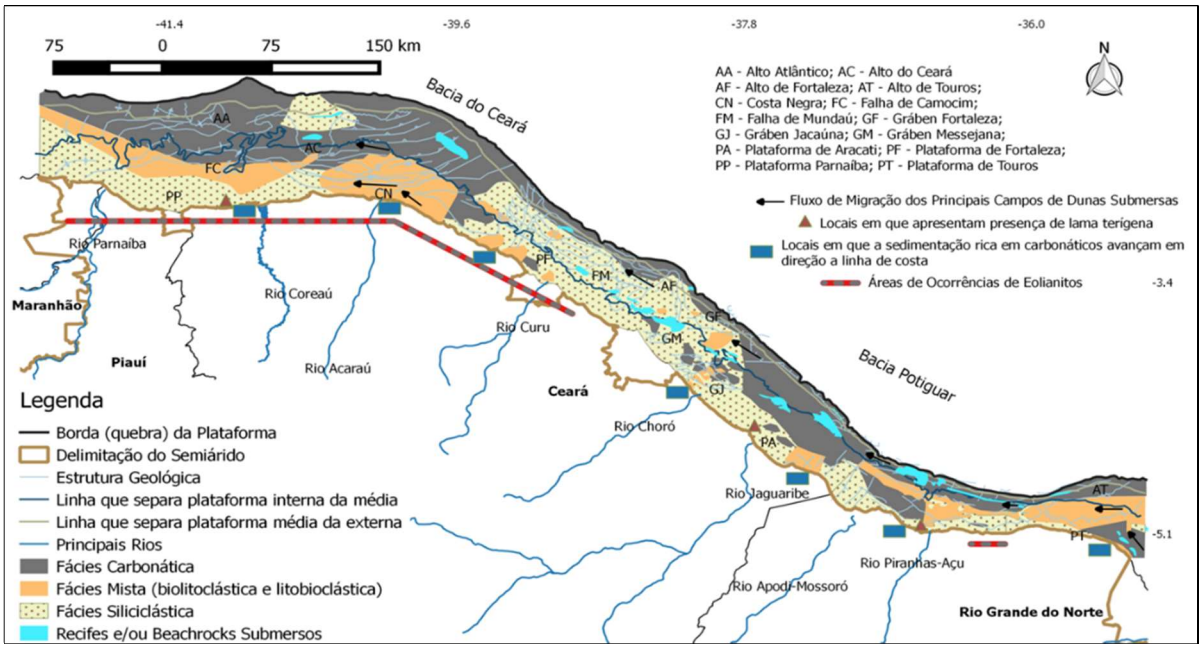


Figura 6.4. Mapa das características do piso marinho da plataforma continental semiárida do Brasil e a ocorrência de proxies costeiros e marinhos (baixa presença de siliciclásticos modernos; avanço de carbonatos em direção a costa e ocorrência de eolianitos) que podem ser utilizados como típicos da influência semiárida nos aspectos geológicos-geomorfológicos.

Fonte: elaborado a partir de Coutinho e Morais (1968); Freire e Cavalcanti (1998); Morais (1998); Testa e Bosence (1999); Morais Neto et al. (2003); Silva Filho (2004); Vital et al. (2005); Tabosa (2006); Gomes (2009); Monteiro (2011); Castro et al. (2012); Barros (2014); Moura (2014); ANA (2015); COGERH (2015); Souza (2015); Nascimento Silva et al. (2018); Ximenes Neto et al. (2018c); Morais et al. (2019); Rodrigues (2020).

- **Cobertura sedimentar**

A plataforma continental entre Touros (RN) e a Foz do Parnaíba (PI) apresenta uma natureza deposicional do piso marinho de caráter misto carbonático-siliciclástico (Coutinho e Morais, 1968; Freire, 1985; Freire e Cavalcanti, 1985; Morais, 1998; Vital et al., 2005; 2008; Farrapeira Neto, 2013; Moura, 2014; Ciarlini, 2014; Barros, 2014; Gomes et al., 2015; Ximenes Neto et al., 2018a; Morais et al., 2019; Rodrigues, 2020) (Figura 6.4).

Os sedimentos de natureza siliciclástica (terrígenos) são representados principalmente pelo quartzo, fragmentos de rochas, minerais pesados, micas, feldspatos e argilominerais (Freire e Cavalcanti, 1998; Morais, 1998; Morais et al., 2006; Aguiar Neto et al., 2016) (Figura 6.5B). A sua distribuição predominante ocorre no setor mais raso, denominado de plataforma interna (<20m), sendo que conforme Freire e Cavalcanti (1998) a plataforma interna do Ceará é a mais siliciclástica do nordeste, em especial a região metropolitana de Fortaleza, e isso é observado na presença de uma reserva de areias siliciclásticas na forma de um banco submerso a Noroeste do porto do Mucuripe (Maia, 1998; Cavalcanti e Freire, 2007; Soares, 2012; Ximenes Neto et al., 2018b; Lima Filho et al., 2019).



Figura 6.5. Dois principais tipos de coberturas sedimentares na Plataforma Semiárida do Brasil: (a) Carbonática e b) – Siliciclástica. Na figura (a) é evidenciada um substrato rico em artículos da alga calcária verde do Gênero Halimeda (Bacia Potiguar) e na figura (b) o substrato siliciclástico é predominante com presença dispersa nas calhas de ripples de fragmentos bioclásticos (Bacia do Ceará).

Fonte: figuras (a) de Ximenes Neto et al.(2018a) e (b) de Ximenes Neto (2018)

Já os sedimentos de natureza carbonática (bioclásticos) são representados principalmente pelas algas calcárias vermelhas e verdes, foraminíferos, moluscos, briozoários, equinodermos, artrópodes e esponjas (Coutinho e Morais, 1968; Costa, 2015; Ximenes Neto et al., 2018a; Morais et al., 2019), (Figura 6.5a). A sua distribuição ocorre predominantemente acima da isóbata de 15 m, no entanto, em alguns setores como na Costa Negra (Itarema-Acaraú) e Icapuí é verificado em áreas rasas (<10 m) (Ximenes Neto et al., 2018ac; Barros, 2014; Lima, 2019; Rodrigues, 2020). Em substratos rígidos como ambientes recifais, é verificada a presença de esponjas, corais, vermetídeos (Monteiro, 2011; Morais et al., 2019).

Analisando a plataforma continental semiárida desde a sua parte interna (<20m) até a quebra da plataforma (~60-70 m), enfatiza-se que a mescla entre siliciclásticos e bioclásticos ocorre principalmente em associação com a variação do nível do mar (exposição e afogamento da plataforma). Pois em períodos de mar baixo (glaciação) ocorre o influxo de siliciclásticos e nos períodos de mar ascendente (interglacial) e/ou estável ocorre o avanço da sedimentação

carbonática. Desta forma, com o afogamento da plataforma, as fácies siliciclásticas foram mescladas com as carbonáticas formando padrões palimpsestos, destaca-se que é comum a presença apenas de bioclásticos (Freire, 1985; Morais, 1998; Ximenes Neto et al., 2018a).

A baixa contribuição moderna de siliciclásticos para o ambiente plataformal possui relação com a baixa vazão sólida pelos rios semiáridos (Paula et al., 2009; Morais e Pinheiro, 2011). Desta forma a sedimentação carbonática avança em direção a linha de costa, como visto em Itarema (Lima, 2019; Rodrigues, 2020) e Icapuí (Barros, 2014; Ciarlini, 2014). A plataforma semiárida do Brasil apresenta elevadas taxas de produção carbonática ($CaCO_3$), como vista em Carneiro e Morais (2016) que identificaram em bancos de halimeda (~20m de profundidade defronte ao Rio Choró - Bacia Potiguar) taxas de $CaCO_3$ de 1.19 $kg.m^{-2}.ano^{-1}$ e em Lima (2019) que encontrou taxas de crescimento de rodolitos de 2,46 ± 0,19 mm/ano (<10 m de profundidade defronte ao Rio Aracatimirim – Bacia do Ceará).

Destaca-se que a natureza mista desta plataforma não se refere apenas ao Quaternário, mas Pessoa Neto (2003) aponta para a Bacia Potiguar, que desde o Neocampaniano (~80 milhões de anos atrás) apresenta o caráter misto siliciclástico-carbonático. Além do fator eustático como responsável pelo controle da sedimentação siliciclástica x carbonática, destaca-se que os processos tectônicos influenciam na sedimentação, como em soerguimentos que podem favorecer a amplificação de processos erosivos e aumentar o influxo siliciclástico.

- **Morfologia do piso marinho**

Os padrões morfológicos da plataforma continental semiárida apresentam três fatores principais para a sua ocorrência: herança estrutural (pré-Cambriana, Cretácea e Cenozoica), e a variação do nível do mar e a hidrodinâmica recente (Silva Filho, 2004; Castro et al., 2012; Gomes et al., 2014; Aquino da Silva et al., 2016; Ximenes Neto et al., 2018ac; Morais et al., 2019). As feições submersas são de natureza deposicional inconsolidadas e consolidadas ou erosionais.

As feições deposicionais inconsolidadas são representadas pelas dunas submersas e *ripples* (siliciclásticos, bioclásticos e/ou misto), *sand patch* (bioclásticos e/ou misto) e bancos biogênicos (e.g., halimeda e rodolito) (Morais, 1998; Testa e Bosence, 1999; Colares, 2009; Monteiro, 2011; Moura, 2014; Ximenes Neto et al., 2018c).

As feições deposicionais consolidadas são referentes aos *beachrocks* afogados e/ou bioconstruções recifais (e.g. algas calcárias e corais) (Monteiro, 2011; Soares et al., 2011; Nascimento Silva et al., 2018). Gomes et al. (2020) destaca a ocorrência de cinco classes morfológicas nos recifes submersos do Açu (Bacia Potiguar) – fundo muito plano, fundo plano, flancos recifais íngremes, borda recifal e topo recifal rugoso. Destaca-se também a ocorrência de complexos recifais associados ao Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio (Bacia do Ceará), que fica a dez milhas náuticas de Fortaleza (Soares et al., 2011) (Figura 6.6).


a)


b)

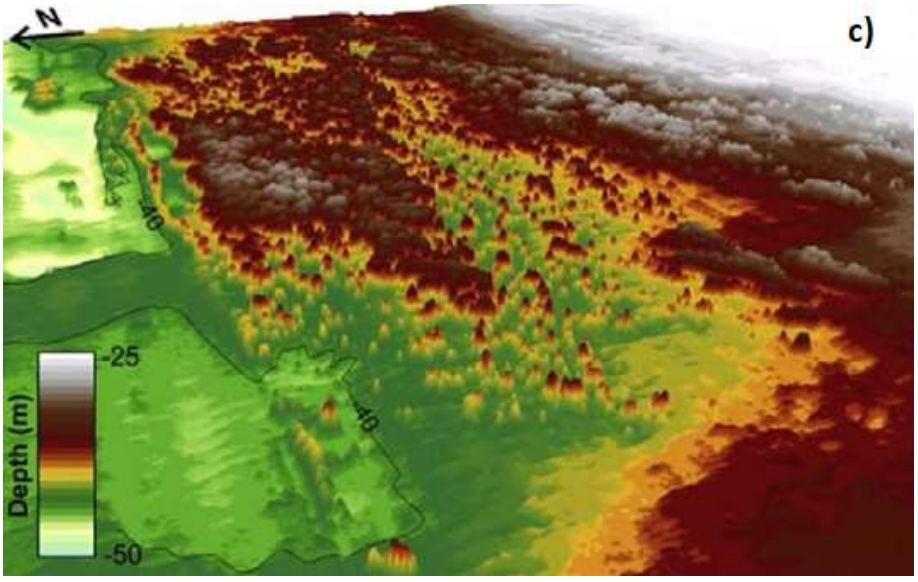

N
c)
-40
-40
-25
Depth (m)
-50



Figura 6.6. (a) Substratos rochosos associados à bioconstruções carbonáticas no Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio (Bacia do Ceará), notar a presença de espécies marinhas
(tubarão lixa – a e tartaruga de pente e (b) sedimentos inconsolidados nos setores rebaixados. Nos Recifes do Açu (Bacia Potiguar), notar o modelo digital de terreno com feições lineares e irregulares associados ao ambiente recifal (c) com detalhe do flanco recifal (d).
Fonte: figuras (a) e (b) Soares et al., 2011); (c) Gomes et al., 2020 e (d) Nascimento Silva et al., 2018).

As feições tipicamente erosionais são relacionadas às plataformas de abrasão, pilares ou blocos da Formação Barreiras (plataforma interna de Icapuí) (Morais, 1998; Barros, 2014). Porém, duas outras importantes formas apresentam características erosionais e deposicionais, que são associados aos vales incisos parcialmente preenchidos (e.g. Parnaíba, Coreaú, Açu e Apodi/Mossoró) e aos patamares escalonados/escarpamentos (Freire, 1985; Silva Filho, 2004; Vital et al., 2010; Silva, 2015; Gomes et al., 2016; Aquino da Silva et al., 2016; Ximenes Neto, 2018). Os vales incisos são feições originadas em períodos de mar baixo, no entanto, quando ocorre o afogamento da plataforma com a transgressão marinha, estas feições são totalmente ou parcialmente preenchidas por sedimentos (Figura 6.7). Em relação aos escarpamentos/patamares, eles são associados a períodos de estabilização do nível do mar, aonde proporciona processos erosionais para formar um suave escarpamento e com a continuação do afogamento da plataforma, depósitos transgressivos se formam (Ximenes Neto et al., 2018c).

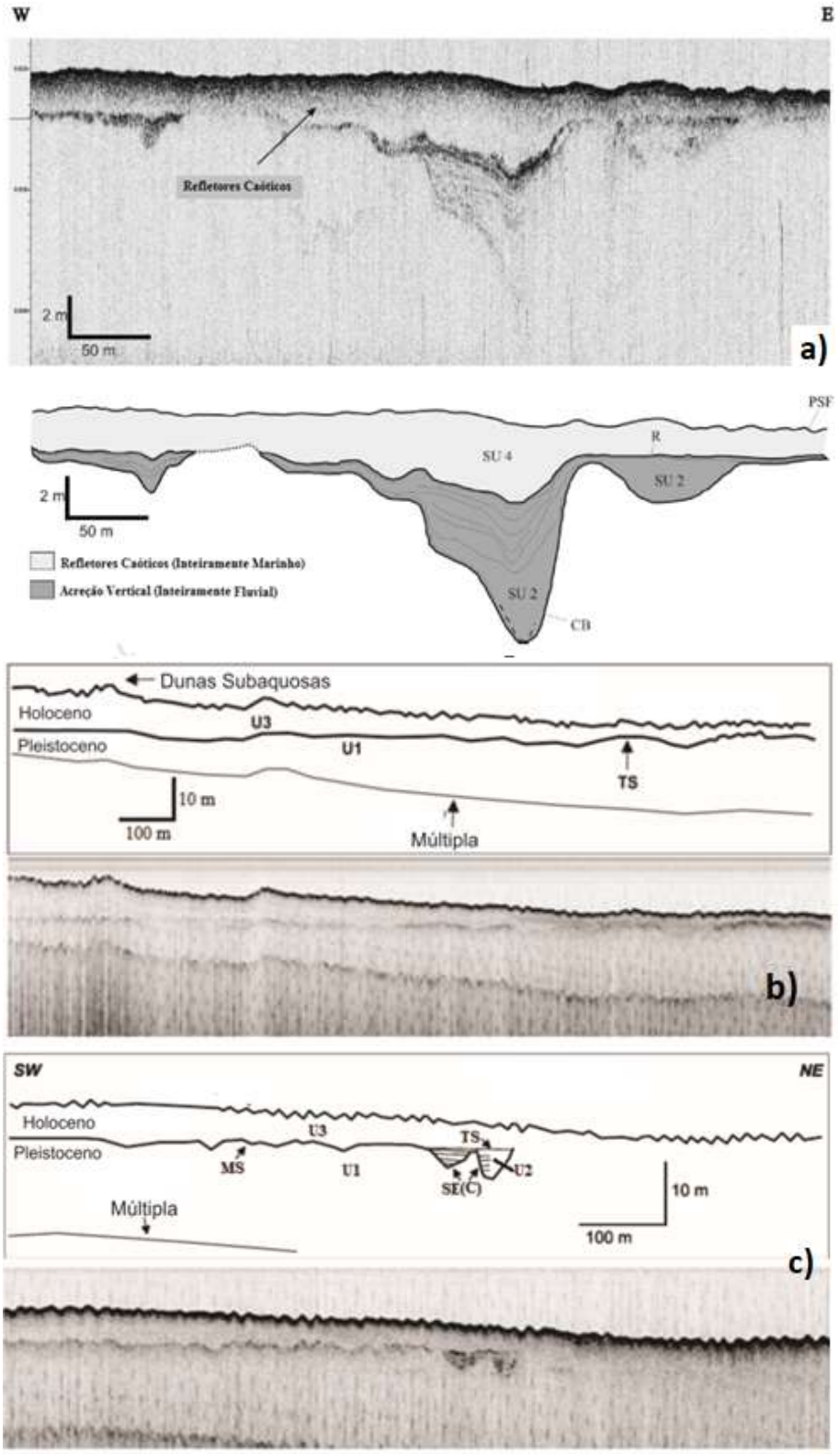


Figura 6.7. (a) Seções sísmicas demonstrando exemplos de vales incisos com preenchimento defronte ao Delta do Parnaíba (sub-bacia de Piauí-Camocim); (b) e (c) Dunas subaquosas e depósitos transgressivos nas proximidades de escarpamentos/patamares e presença de canal preenchido no setor da Inflexão de Itapagé (sub-bacia de Acaraú). As siglas SU e U representam as unidades sísmicas; TS, SE (C), MS e R são refletores sísmicos; psf é o piso marinho.

Fonte: figuras (a) Aquino da Silva et al. (2016); (b) e (c) de Ximenes Neto et al. (2018c).

Aspectos correlativos que marcam o semiárido entre a zona costeira e a plataforma continental

Três fatores foram identificados como *proxies* que apresentam associação com o clima semiárido nos sistemas costa-plataforma continental: avanço da sedimentação carbonática em direção a costa; presença de sedimentos siliciclásticos moderno, e ocorrência de eolianitos na costa (Figura 6.4).

A principal associação entre as feições costeiras e de plataforma continental que denotam a nítida influência do clima semiárido na geologia-geomorfologia é a baixa vazão sólida de siliciclásticos via agente fluvial para a zona litorânea e plataforma continental. Morais e Pinheiro (2011) apontam que aproximadamente 30.000 toneladas de sedimentos são anualmente retidas em barramentos no baixo curso do Jaguaribe (CE). Os autores ainda destacam que houve uma redução no transporte de sedimentos para a zona litorânea de 450 toneladas para 100 toneladas, ocasionadas por barramentos no Rio Timonha (Divisa CE-PI). Este processo favorece o desenvolvimento de sedimentação carbonática (fácies mista a carbonática) na plataforma interna nas proximidades de grandes rios, tais como no Coreaú, Acaraú, Aracatimirim, Curu, Choró e Piranhas/Assú. Este processo de avanço em direção à costa da sedimentação rica em carbonato de cálcio em detrimento da ausência e/ou baixa ocorrência de siliciclásticos já foi analisada por Morais (1998); Moura (2014); Ximenes Neto et al. (2018a).

Foram identificados três pontos na Bacia do Ceará e quatro pontos na Bacia Potiguar, nos quais os sedimentos carbonáticos ($CaCO_3$) se aproximam da linha de costa: proximidades da foz do Coreaú, Costa Negra e na área Itapipoca-Paracuru, proximidades da foz do Choró, área da Ponta Grossa, nas proximidades da foz do Piranhas-Assú e na área de Touros, respectivamente (Figura 6.4).

A presença esparsa de lama terrígena demonstra o reflexo da semiaridez nos padrões sedimentares, pois há um predomínio das cargas de fundo (areia e cascalho) em detrimento das cargas suspensas (lama) (Cavalcante, 2018; Morais et al., 2019). Analisando os mapas faciológicos de Coutinho e Morais (1968), Freire e Cavalcante (1998), Morais (1998) e Vital et al. (2005) apenas defronte as desembocaduras dos rios Jaguaribe e Piranhas-Assú na Bacia Potiguar, e entre o Timonha-Ubatuba e Coreaú na Bacia do Ceará é verificada a presença de contributos terrígenos associados a areia quartzosa com lama ou apenas lama.

Destaca-se que a maior parte dos siliciclásticos está associada à fração arenosa e cascalhos reliquiares e palimpsestos depositados em nível de mar baixo (Freire, 1985; Ximenes Neto et al., 2018a). O Rio Jaguaribe que é o maior sistema fluvial inteiramente semiárido do Brasil apresenta uma pluma estuarina que adentra 6 km na plataforma rasa (<10 m) a partir da linha de costa durante descargas máximas (Dias et al., 2013), sendo assim, evidencia-se que a moderna contribuição siliciclástica se concentra nas proximidades na costa (Figura 6.8).

Esta baixa presença de sedimentos siliciclásticos modernos (principalmente lamosos) é diferente de plataformas que apresentam influência climática úmida das bacias hidrográfica interiores, tais como visto na plataforma amazônica e do Rio Doce (Nittrouer et al., 1991; Bastos et al., 2015). Cavalcante (2018) identificou na bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe valores de descarga sólida entre $4,3 \times 10^4$ a $7,4 \times 10^4$ toneladas/ano, valores estes bem inferiores a áreas úmidas como o Doce (1×10^6ton/ano), o Amazonas (810×10^6ton/ano) e o São Francisco ($1,83 \times 10^6$ton/ano), além destes, o Parnaíba (fica na transição do semiárido para úmido) também apresenta valores mais elevados ($3,46 \times 10^6$ton/ano).

Outro importante processo que pode redistribuir sedimentos (areias siliciclásticas) é a corrente longitudinal costeira. No entanto, esta ocorrência também é nas proximidades da costa (<10-12m), chamada como Zona Turbidítica (Monteiro, 2011) ou faixa de arrebentação e deriva litorânea (Silva, 2015). Os vetores dominantes são para o oeste, assim como identificados nas dunas submersas (plataforma interna e externa) e na corrente norte do Brasil. Este padrão de transporte para oeste foi identificado por Morais et al. (2006) a partir da tendência de transporte em suspensão de argilominerais da plataforma semiárida para a área de influência amazônica.



Figura 6.8. Pluma sedimentar associada à Foz do Jaguaribe durante descarga máxima em 2004.
Fonte: *Google Earth*.

A descarga sólida via agente fluvial é bastante variável também na escala dos estágios isotópicos marinhos (EIM) na margem continental do nordeste setentrional. Arz et al. (1999) e Behling et al. (2000) demonstram que entre o EIM 4 e EIM 2 (70.000-60.000; 40.000; 33.000; 24.000; 15.500-11.800 anos A.P) ocorreram fases úmidas associadas ao aumento do *input* sedimentar fluvial. Este fato demonstra a variabilidade entre fases secas e úmidas dentro do último glacial (*Wisconsin*).

A ocorrência de eolianitos na costa da Bacia do Ceará e a presença esparsa na Bacia Potiguar (Figura 6.9) também é um importante aspecto associativo com o clima semiárido e com as flutuações do nível do mar no Holoceno (Carvalho et al., 2008), pois os eolianitos apresentam a mescla de areias quartzosas com grãos bioclásticos de origem marinha cimentados por carbonato de cálcio. As feições eolianitos demonstram a influência da rica presença de bioclastos nos setores rasos da plataforma continental interna e consequente interação morfosedimentar com a planície costeira. Esta interação também é observada em outras formas costeiras que apresentam um

padrão deposicional misto, tais como depósitos litorâneos de praia e barreiras costeiras (Ximenes Neto et al., 2019).



Figura 6.9. Exemplos de áreas de ocorrência de Eolianitos nas proximidades da linha de costa. (a) Itarema, (b) Camocim, (c) Trairi (Bacia do Ceará Emersa) e d) Galinhos (Bacia Potiguar Emersa).
Fonte: fotos cedidas por (a) de Francisco Assis (2017); (b) Liana Pontes (2016); (c) Rhaiane Rodrigues (2019) e (d) Antônio Ximenes (2016).

Importância e principais usos da plataforma continental no nordeste setentrional

A plataforma semiárida do Brasil apresenta diversas atividades de usos que ocorrem dentro do território marinho, com destaque para o "Mar Territorial" (MT), a "Zona Contígua" (ZC), e a "zona econômica exclusiva" (ZEE) (Figura 6.10). Os dois primeiros ocupam a maior parte da plataforma, sendo que a sua extensão é variável conforme a fisiografia da margem, aonde em um trecho da Bacia Potiguar que ocorre entre Diogo Lopes e São Bento do Norte, os limites externos do MT (12 milhas) e ZC (24 milhas) estão além da quebra da plataforma devido à sua pequena largura neste setor, que fica entre 20 e 40 km. Já o setor entre Itarema e Barroquinha apresenta a maior presença da ZEE na plataforma continental devido à sua maior largura que varia de 70 a 100 km.

Entre os principais usos e atividades neste setor da plataforma brasileira, destacam-se: a pesca artesanal, caracterizada pela pesca nas pequenas embarcações, e pela presença dos currais de pesca próximos à costa. Atividades como a pesca da lagosta já demonstram certo nível de organização envolvendo um número maior de pessoas e embarcações, o que caracteriza uma cadeia produtiva em torno desse tipo de atividade.

Podem ser destacados outros tipos importantes de uso como a presença de áreas portuárias (de cargas e salineiro), exploração de petróleo (campos de produção, oleodutos, gasodutos), comunicação (e.g. cabos submarinos), saneamento (e.g. emissário submarino), áreas de mineração (processos e/ou extração/lavra), presença de unidades de conservação (e.g. Pedra da Risca do Meio, Canto Verde, Recifes de Corais, Barra Grande, Ponta Grossa, Jericoacoara, Delta do Parnaíba e Ponta do Tubarão), áreas de dragagens e descartes (e.g. porto do Mucuripe), pontos de mergulhos (lazer, profissional ou científico), além de áreas de naufrágios (e.g. Fortaleza, Beberibe, Aracati, Icapuí, Paracuru, Itarema, Acaraú).

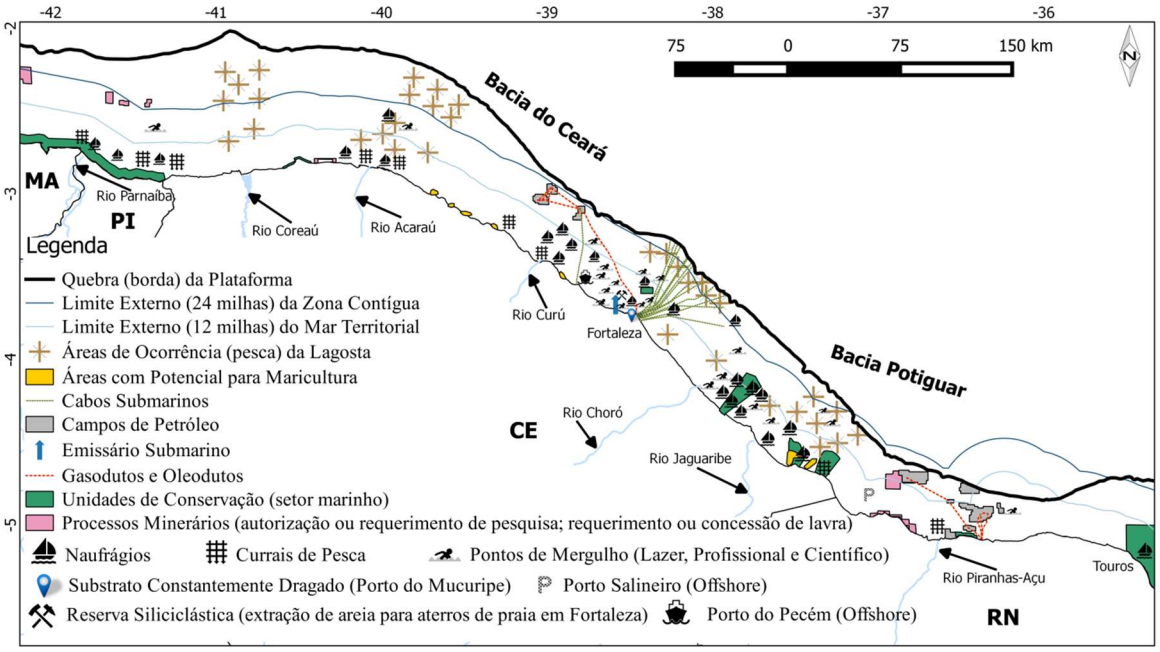


Figura 6.10. Principais atividades e usos na plataforma semiárida do Brasil.

Fonte: elaborado com base nos dados de Silva (2015); DNPM, IBGE, CPRM, ANP, MMA, ICMBio.

Além destas formas de uso, em alguns locais nestas regiões, empresas estão requerendo licenças para a instalação de usinas eólicas *off shore*, com a justificativa das excelentes condições naturais para geração desse tipo de energia. A tendência é que estes parques, atualmente localizados na costa brasileira, exclusivamente no continente, sejam construídos no mar, ocupando diversas áreas da plataforma continental interna em vários setores da costa semiárida considerada como estratégica em relação as velocidades dos ventos.

Além da geração de energia *off shore*, a mineração de granulados marinhos (bioclásticos e siliciclásticos), surge como uma nova fronteira da economia do mar (Cavalcanti, 2011; Morais e Pinheiro, 2005). As demandas da construção civil e para a recuperação de praias urbanas erodidas impulsionam as solicitações de pesquisa e concessão de lavras. A pesquisa realizada por Cavalcanti (1998) foi pioneira na avaliação do potencial de utilização das áreas marinhas na construção civil. Desde o início dos anos 2000, a matéria prima para a construção de aterros hidráulicos na cidade de Fortaleza é extraída de uma jazida de siliciclásticos com 4,5 km^2 de área, localizada em frente a cidade de Fortaleza, e que foi mapeada em escala de detalhe por Soares (2012). Com o cenário que se desenha de expansão da erosão costeira induzidas pelas mudanças globais e impactos antropogênicos locais, o aumento da demanda por jazidas de areias para a recuperação de praias é certo.

A abundância de sedimentos carbonáticos na plataforma semiárida e o seu valor econômico vem despertando o interesse das empresas de mineração. Os recursos minerais são predominantemente constituídos por areias carbonáticas oriundas da fragmentação da *HalimedaIncrassata* e *Lithothamnium*. Porém, assim como no continente, a extração de recursos minerais ou quaisquer atividades no ambiente marinho não pode deixar de ser precedida por estudos rigorosos que avaliem os impactos ambientais e, principalmente, na vida das populações tradicionais que dependem dos ecossistemas lá existentes. O risco de desequilíbrio do ecossistema é elevado, e iniciativas como estas deverão ser analisadas com muita cautela e rigor científico.

No contexto de uso turístico do mar é destacado o crescimento dos esportes a vela na costa setentrional do Nordeste Brasileiro, com a inclusão de algumas áreas costeiras no circuito de eventos internacionais, a exemplo do *kitesurf* e *windsurfe*. A conjunção de fatores como a direção da costa, direção dos alísios e de velocidades que podem alcançar 25 nós, menor tempo de vôo em relação à Europa vem favorecendo o desenvolvimento dessas atividades. Isto repercute na (re) organização espacial e, em alguns casos, na geração de conflitos de usos em territórios de pesca, principalmente nas áreas de estuários e lagunas costeiras, ou em áreas de praias oceânicas, com uma cultura balnear bem consolidada.

Considerações finais

O arcabouço geológico e morfoestrutural, a atuação do clima e suas variantes temporais e espaciais, além dos padrões de escoamento, tipos de drenagens, barramentos e as formas de uso são elementos especialmente necessários à compreensão deste ambiente regional, aqui denominado de plataforma continental do semiárido.

Essa conectividade com a dinâmica imposta pelo semiárido, predominantemente os processos continentais, a exemplo das vazões e transporte de sedimentos pelas drenagens, lhe confere uma

dinâmica peculiar e ainda pouco conhecida. Apesar dos esforços desde a década de 60 na realização de estudos predominantemente em escalas regionais, os dados hoje existentes são segmentados e, em muitos casos, não são suficientes para dar suporte a um zoneamento em escala de detalhe, necessária para o entendimento da dinâmica ambiental de forma integrada, resiliência frente às novas demandas de usos e aproveitamento dos recursos naturais, que hoje se impõe.

O preenchimento de lacunas de conhecimento que existem na plataforma semiárida, é fundamental para dar suporte as ações que contemplem o planejamento espacial marinho. Como exemplo, é possível citar a importância da ampliação dos mapeamentos e pesquisas multidisciplinares para compreensão do funcionamento dos geohabitat peculiares dessa região, que têm um papel importante no fornecimento de serviços ecológicos. Estabelecer estratégias que permitam a compatibilização de usos, conservação e proteção de ecossistemas marinhos, incluindo as projeções das mudanças climáticas globais, é um grande desafio nesse momento, que se estabelece a década dos oceanos pela Organização das Nações Unidas-ONU.

Agradecimentos

Aos Projetos “Potencialidades e manejo na exploração de granulados da plataforma continental do estado do Ceará (PRONEX) – FUNCAP/ CNPq”, “Geodiversidades, interações e impactos socioambientais no sistema praia-plataforma da costa oeste do estado do Ceará” (PRONEX-FUNCAP-CNPq), e “Dinâmica e impactos nos sistemas estuarinos-lagunares da costa oeste do estado do Ceará” (Processo No 431456/2017-0- Edital Universal).

Referências bibliográficas

AGUIAR NETO, A. B.; MARQUES, W. S.; FREIRE, G. S. S.. Distribuição espacial de minerais pesados nos sedimentos superficiais da Plataforma Continental Oeste do Ceará, Nordeste do Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 43, p. 69-83, jan./abr. 2016.

ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M.; SOMBRA, S. S.; BARBOSA, A. C. B.; SANTOS, A. C. S.; LIRA, M. A. T. Eventos Extremos Diários de Chuva no Nordeste do Brasil e Características Atmosféricas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 227-233, 2017.

AQUINO DA SILVA, A. G; STATTEGGER, K; SCHWARZER, K; VITAL, H. Seismic stratigraphy as indicator of late Pleistocene and Holocene sea level changes on the NE Brazilian continental shelf. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 70, p. 188-197, 2016.

ARAGÃO, J. O. R. A Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico na Dinâmica do Tempo e do Clima do Nordeste do Brasil. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (Org.) **Oceanografia**: Um cenário tropical. Recife/PE, 2004, p. 131-184.

ARZ, H. W; PATZOLD, J; WEFER, G. The deglacial history of the western tropical Atlantic as inferred from high resolution stable isotope records off northeastern Brazil. **Earth Planet. Sci. Lett.**, v. 167, p. 105 – 117, 1999.

BARROS, E. L. **Caracterização Faciológica da Plataforma Continental Interna de Icapuí, Ceará**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S.; MARANGONI, M. B.; D'AGOSTINI D. P.; BOURGUIGNON, S. N.; CETTO, P. H.; SILVA, A. E.; AMADO FILHO, G. M.; MOURA, R. L.; COLLINS, M. Shelf morphology as an indicator of sedimentary regimes: a synthesis from a mixed siliciclastic-carbonate shelf on the eastern Brazilian margin. **J S Am Earth Sci**, v. 63, p. 125–136, 2015.

BEHLING, A.; ARZ, H. W.; PATZOLD, J.; WEFER, G. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3104-1. **Quaternary Science Reviews**, v. 19, p. 981-994, 2000.

BERTANI, R. T.; COSTA, I. G.; MATOS, R. M. D. Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e hábitat do petróleo na Bacia Potiguar. In: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. (Coord.) **Origem e evolução de bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobras, SEREC.CENSUD, 1990. p. 291-310.

CARNEIRO, P. B. M.; MORAIS, J. O. Carbonatesedimentproduction in the equatorial continental shelfof South America: Quantifying Halimeda incrassata (Chlorophyta) contributions**. Journal of South American Earth Sciences**, v. 72, p. 1-9, 2016.

CARVALHO, A. M.; CLAUDINO-SALES, V.; MAIA, L. P.; CASTRO, J. W. A. Eolianitos de Flecheiras/Mundaú, Costa Noroeste do estado do Ceará, Brasil - Registro ímpar de um paleo-sistema eólico costeiro. In: WINGE, M.; SCHOBBENHAUS, C.; SOUZA, C.R.G.; FERNANDES, A.C.S.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E.T.; (Org.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, 2008.

CASTRO, D. L.; BEZERRA, F. H. R.; SOUSA, M. O. L.; FUCK, R. A. Influence of Neoproterozoic tectonic fabric on the origin of the Potiguar Basin, northeastern Brazil and its links with West Africa based on gravity and magnetic data. **Journal of Geodynamics**, v. 54, p. 29– 42, 2012.

CAVALCANTE, A. A. Geomorfologia fluvial no semiárido brasileiro. **Revista de Geografia** (Recife), v. 35, no. 4 (especial xiisinageo), 2018.

CAVALCANTE, A. A.; CUNHA, S. B. Morfodinâmica Fluvial em Áreas Semiáridas: Discutindo o Vale do Rio Jaguaribe-CE-Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, p. 39-49, 2012.

CAVALCANTI, V. M. M. **Qualidade das areias marinhas para utilização como agregado na construção civil, na Região Metropolitana de Fortaleza, estado do Ceará**. Universidade Federal do Ceará, 1998, 87p.

CAVALCANTI, V. M. M. **Plataforma continental**: a última fronteira da mineração brasileira / Brasília: DNPM, 2011.

CIARLINI, C. **Aproveitamento Econômico da Explotação dos Recursos Minerais na Plataforma Continental do Município de Icapuí, Ceará**. 2014. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2014.

COLARES, M. C. S. **Áreas de pesca de lagosta: uma caracterização utilizando geoprocessamento e veículo de operação remota (R.O.V.)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, 2009.

CONDÉ, V. C.; LANA, C. C.; PESSOA NETO, O. C.; ROESNER, E. H.; MORAIS NETO, J. M.; DUTRA, D. C. Bacia do Ceará. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15(2), p. 347-355, 2007.

COSTA, C. A.; PINHEIRO, L. S. Dos Currais de Gado a agricultura Irrigada: descortinando a paisagem do Baixo Jaguaribe-CE. In: Zenilde Baima Amora. (Org.). **Cenários Geográficos**: reflexões e enfoques. 1 ed. Fortaleza: Ed. UECE, 2009, v. 1, p. 25-45.

COSTA, R. O. L. **Foraminíferos, ostracodes e microfauna associada da plataforma continental equatorial norte-rio-grandense, NE Brasil**: área Porto do Mangue a Galinhos. 2015. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. **Distribucion de los sedimentos em la plataforma norte e nordeste del Brasil**. FAO fisheries, Roma, p. 273 - 274, 1968.

DIAS, F. J. S.; CASTRO, B. M.; LACERDA, L. D. Continental shelf water masses off the Jaguaribe River (4S), northeastern Brazil. **Continental Shelf Research**, p. 123–135, 2013.

FARRAPEIRA NETO, C. A. **Evolução paleogeográfica do baixo vale do Rio Coreaú e plataforma continental, Ceará, Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza,

2013.
FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. **Revista brasileira de climatologia**, v. 1, p. 15-26, 2005.

FREIRE, G. S. S. **Geologia Marinha da Plataforma Continental do estado do Ceará**. 1985. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 1985.

FREIRE, G. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M. **A cobertura sedimentar Quaternária da Plataforma Continental do estado do Ceará**. Fortaleza: DNPM 10°Distrito/UFC. Dep. Geol. Lab. de Geol. Mar. Apl., 1998.

FROTA, F. F.; PAIVA, B. P.; SCHETTINI, C. A. Intra-tidal variation of stratification in a semi-arid estuary under the impact of flow regulation. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 61, n. 1, 2013.

GOMES, M. P.; VITAL, H.; BEZERRA, F. H. R.; DE CASTRO, D. L.; MACEDO, J. W. D.;P. The interplay between structural inheritance and morphology in the equatorial Continental Shelf of Brazil. **Mar. Geol.**, v. 355, p. 150–161, 2014.

GOMES, M. P.; VITAL, H.; EICHLER, P. P. B.; GUPTA, B. K. S. The investigation of a mixed carbonate-siliciclastic shelf, NE Brazil: side-scan sonar imagery, underwater photography, and surface-sediment data. **Ital. J. Geosci**., v. 134, p. 9–22, 2015.

GOMES, M. P.; VITAL, H.; NASCIMENTO SILVA, L. L.; EICHLER, P. B.; ROVIRA, D.; LONGO, G. O. Nature and condition of outer shelf habitats on the drowned Açu Reef, Northeast Brazil. In: Harris, P., Baker, E., (Eds). **Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat**, 2020, p. 571-585.

GOMES, M. P.; VITAL, H.; STATTEGGER, K.; SCHWARZER, K. Bedrock control on the Assu Incised Valley morphology and sedimentation in the Brazilian equatorial Shelf. **Int. J. Sediment Res**., v. 31, p. 181–193, 2016.

GOMES, M. P. **Aquisição, Processamento e Análise de Dados de Sísmica de Alta Resolução na Plataforma Continental Norte do Rio Grande do Norte**: Vale Inciso do Rio Açu. 2009. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

KARUNARATHNAH, H.; REEVE, D., SIVACK, M. Long-term morphodynamic evolution of estuaries: An inverse problem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 77, p. 385 – 395, 2008.

LIMA FILHO, R. P. **Variação sazonal da sedimentação e morfologia da plataforma continental interna de Fortaleza/CE**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, 2019.

LIMA, J. P. **Taxa de crescimento e produção de CaCo3 de rodolitos na costa semiárida brasileira**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MAIA, L. P; FREIRE, G. S. S; MORAIS, J. O; RODRIGUES, A. C. B; PESSOA, P. R. S; MAGALHÃES, S. H. O. Dynamics of coastal dunes at Ceará state, northeastern Brazil: dimensions and migration rate. **Arq. Ciên. Mar, Fortaleza**, v. 34, p. 11 – 22, 2001.

MAIA, L. P. **Procesos Costeros y Balance Sedimentario a lo Largo de Fortaleza (NE-Brasil)**: Implicaciones para una gestíon adecuada de la zona litoral. 1998. Tese (Doutorado em Ciencias del Mar) - Facultat de Geologia, Universidad de Barcelona, Barcelona, 1998.

MEDEIROS, D. H. M. **Influência da salinidade na heterogeneidade de paisagens estuarinas do domínio morfoclimático do semiárido brasileiro**. 2020. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

MEDEIROS, D. H. M.; CAVALCANTE, A. A.; PINHEIRO, L. S.; DE MEDEIROS ROCHA, R. Variação longitudinal da salinidade do estuário hipersalino do Rio Apodi/Mossoró (Rio Grande do Norte, Brasil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 03, p. 850 – 863, 2018a.

MEDEIROS, D. H. M.; PINHEIRO, L. S.; MEDEIROS, J. P. O.; DE MEDEIROS ROCHA, R.. Condicionantes geomorfológicas e hidroclimáticas para hipersalinização em sistemas lacustres costeiros do semiárido brasileiro. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, n. 3, 2018b.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, p. 1 - 10, 2002.

MONTEIRO, L. H. U. **Feições superficiais da plataforma continental cearense entre o litoral de Fortaleza e Icapuí.** 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pernambuco, 2011.

MORAIS NETO, J. M; PESSOA NETO, O. C; LANA, C. C; ZALÁN, P. V. Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia do Ceará. **Phoenix,** 2003.

MORAIS, J. O. **Processos Interativos na Elaboração da Zona Costeira do estado do Ceará e Impactos Associados**. 1998. Tese (Professor titular) - Departamento de Geociências, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 1998.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S. The effect of semi-aridity and damming on sedimentary dynamics in estuaries - Northeastern region of Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 64, p. 1540-1544, 2011.

MORAIS, J. O.; XIMENES NETO, A. R.; PESSOA, P. R. S.; PINHEIRO, L. S. Morphological and sedimentary patterns of a semi-arid shelf, Northeast Brazil. **Geo-MarineLetters**, 2019.

MORAIS, J. O. ; PINHEIRO, L. S. Rochas e Minerais Industriais do Mar e em Zonas Costeiras. In: VIDAL, F. W. H.; CASTELO BRANCO, F. A.; ROBERTO, F. A. C.; SOUZA, J. F.; MATTOS, I. R. (Org.). **Rochas e Minerais Industriais do estado do Ceará**. 1ed. Fortaleza: Realce Editora & Industria Gráfica, v. 1, 2005, p. 148-161.

MORAIS, J. O.; TINTELNOT, M.; IRION, G.; PINHEIRO, L. S. Pathways of clay mineral transport in the coastal zone of the Brazilian continental shelf from Ceará to the mouth of the Amazon River. **Geo Mar. Lett**., v. 26, p. 16-22, 2006.

MOURA, F. J. M. **Aspectos sedimentares e potencialidades da plataforma continental do Ceará, entre Cascavel e Beberibe**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

NASCIMENTO SILVA, L. L.; GOMES, M. P.; VITAL, H. The Açu Reef morphology, distribution, and inter reef sedimentation on the outer shelf of the NE Brazil equatorial margin. **Continental Shelf Research**, v. 160, p. 10-22, 2018.

NITTROUER, C. A.; KUEHL, S. A.; RINE, J. M.; FIGUEIREDO, A.G.; FARIA, L. E. C.; DIAS, G. T. M.; SILVA, M. A. M.; ALLISON, M. A.; PACIONI, T. D.; SEGALL, M. P.; UNDERKOFFLER, E. C.; BORGES, H. V.; SILVEIRA, O. F. Sedimentology and stratigraphy of the Amazon continental shelf. **Oceanography**, v. 4, p. 33–38, 1991.

PESSOA NETO, O. C.; SOARES, U. M.; SILVA, J. G. F.; ROESNER, E. H.; FLORENCIO C. P. SOUZA, C. A. V. Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15(2), p. 357-369, 2007.

PESSOA NETO, O. D. C. Estratigrafia de sequências da plataforma mista neogênica na Bacia Potiguar, Margem equatorial brasileira. **Rev. Bras. De. Geociênc**., v. 33, p. 263–278, 2003.

PESSOA, P. R. S.; PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; ALVES, A. A. **Processo de uso e ocupação no estuário do Rio Acaraú Ceará e áreas adjacentes, uma análise multitemporal das formas de uso**. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. 1ed.: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017, p. 2819-2829.

PINHEIRO, L. S. **Riscos e Impactos Ambientais no Estuário do Rio Malcozinhado, Cascavel-CE**. 2003. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

PINHEIRO, L. S.; LIMONGI, C. M.; MORAIS, J. O. Erosive processes monitoring linked to the estuarine evolution systems nearby Águas Belas, Cascavel, Ceará, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 39, n.1, p. 1403-1406, 2006.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O. Interferências de barramentos no regime hidrológico do Estuário do Rio Catú-Ceará-Nordeste do Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 2, p. 237-250, 2010.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; MAIA, L. P. The Beaches of Ceará. In: SHORT, A. D.; KLEIN, A. H. F. (Org.). **Brazilian Beach Systems**. 1ed.: Springer International Publishing Switzerland, v. 1, 2016, p. 175-199.

QUEIROZ, P. H. B.; PINHEIRO, L. S.; CAVALCANTE, A. A.; TRINDADE, J. M. R. Caracterização multitemporal de Barras e Ilhas Fluviais no Baixo Curso do Rio Jaguaribe, Ceará-Brasil. **Rev. Bras. Geomorfol.,** v.19, n.1, 167-186, 2018.

QUINTELA, T. O. F. **A dinâmica ambiental do estuário do Rio Curu – CE**: subsídios para o monitoramento e gerenciamento da área de proteção ambiental. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2008.

RODRIGUES, A. A. S. **O patrimônio geológico do sistema Praia - Plataforma da Costa Negra - Litoral Oeste do Ceará**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SILVA FILHO, W. F. **Domínios Morfoestruturais da Plataforma Continental do estado do Ceará**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SILVA FILHO, W. F.; CASTRO, D. L.; CORRÊA, I. C.; FREIRE, G. S. S. Estruturas rasas na margem equatorial ao largo do nordeste brasileiro (estado do Ceará): análise de relevo e anomalias gravimétricas residuais. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25 (Supl. 1), p. 65-77, 2007.

SILVA, M. T.; GRIGIO, A. M.; CARVALHO, R. G.; MEDEIROS; W. D. A.; PARANHOS FILHO, A. C. Variação da linha de costa na região adjacente à foz do Rio Apodi-Mossoró por sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol.08, n.03, 2015.

SILVA, M. V. C. **Análise Ambiental da Plataforma Continental do Ceará – Nordeste do Brasil**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2015.

SOARES, M. O.; PAIVA, C. C.; FREITAS, J. E. P.; LOTUFO, T. M. C. Management of Marine Protected Areas: the case of Pedra da Risca do Meio Marine Park, NE – Brazil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 11(2), p. 257-268, 2011.

SOARES, R. C. **Evolução e Caracterização do Banco Sedimentar de Fortaleza, Ceará, Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2012.

SOUZA, S. F. **Cartografia geofísica do arcabouço estrutural da Bacia Potiguar emersa, com base em dados gravimétricos e magnéticos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

TABOSA, W. F. **Morfologia e sedimentologia da plataforma continental brasileira adjacente a São Bento do Norte e Caiçara do Norte – RN/NE, Brasil**. 2016. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

TESTA, V.; BOSENCE, D. W. J. Physical and biological controls on the formation of carbonate and siliciclastic bedforms on the North-East Brazilian shelf. **Sedimentology**, v. 46, p. 279–301, 1999.

VALLE-LEVINSON, A.; DELGADO, J. A.; ATKINSON, L. P. Reversing Water Exchange Patterns at the Entrance to a Semiarid Coastal Lagoon. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 53, p. 825–838, 2001.

VALLE-LEVINSON, A.; SCHETTINI, C.A. Fortnightly switching of residual flow drivers in a tropical semiarid estuary. **Estuarine, CoastalandShelf Science**, v. 169, p. 46 – 55, 2016.

VITAL, H.; SILVEIRA, I. M.; AMARO, V. E. Carta sedimentólogica da plataforma continental brasileira - área Guamaré a Macau (NE Brasil), utilizando integração de dados geológicos e sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n.3, p. 233-241, 2005.

VITAL, H.; STATTEGGER, K.; AMARO, V. E.; SCHWARZER, K.; FRAZAO, E. P.; TABOSA, W. F.; SILVEIRA, I. M. A modern high-energy siliciclastic-carbonate platform: continental shelf adjacente to Northern Rio Grande do Norte state, Northeastern Brazil. In: HAMPSON, G.J., STEEL, R.J., BURGESS, P.M., DALRYMPLE, R.W. (Eds.), **Recent Advances in Models of Siliciclastic Shallow-marine Stratigraphy 90**. SEPM Special Publication, 2008, p. 177–190.

VITAL, H; FURTADO, S. F. L; GOMES, M. P. Response of the Apodi-Mossoró estuary-incised valley system (NE Brazil) to sea-level fluctuations. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, p. 13-24, 2010.

XIMENES NETO, A. R.**Evolução do sistema de paleocanais da plataforma continental rasa de Camocim, CE - Brasil durante o Quaternário Superior**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2018.

XIMENES NETO, A. R.; MORAIS, J. O.; CIARLINI, C. Modern and relict sedimentary systems of the semi-arid continental shelf in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 84, p. 56–68, 2018a.

XIMENES NETO, A. R.; MORAIS, J. O.; PAULA, L. F. S.; PINHEIRO, L. S. Transgressive deposits and morphological patterns in the equatorial Atlantic shallow shelf (Northeast Brazil). **Regional Studies in Marine Science**, v. 24, p. 212-224, 2018c.

XIMENES NETO, A. R.; MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S. . Distribuição das formas de fundo e padrões sedimentares no Porto do Mucuripe, Fortaleza-Ceará. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, p. 321-339, 2018b.

XIMENES NETO, A. R.; MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S. Modificações na geomorfologia marinha a partir de estruturas portuárias: o caso do Mucuripe, Fortaleza/CE. **Geociências (São Paulo)**, v. 37, p. 739, 2018d.

XIMENES NETO, A. R.; MORAIS, JÁDER ONOFRE DE; PESSOA, P. R. S.; PINHEIRO, L. S; IRION, G. Aspectos estratigráficos do sistema de barreira-laguna Almofala-Guajirú (NE-Brasil). **Anais do II Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha**, 2019.

ZALAN, P. V; NELSON, E. P; WARME, J. E; DAVIS, T. L. The Piaui Basin: Rifting and Wrenching in an Equatorial Atlantic Transform Basin. In: BIDDLE; BLICK (eds.) **StrikeslipDeformation, BasinFormation and Sedimentation**. Soc. Econ. PaleontologistandMineralogist (SEPM), Spec. Publ., 1985, p. 177-192.

Lidriana De Souza Pinheiro é geógrafa e Doutora em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco. Professora Associada do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará. Coordenadora do Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/UFC) e pesquisadora colaboradora do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO/UECE). Bolsista PQ- 2 do CNPq, Professora Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais (PPGCMT/UFC) e Programa de Pós-graduação em Geografia (PROPGEO/UECE). E-mail: lidriana@ufc.br, CV: http://lattes.cnpq.br/0368255897576096

Antônio Rodrigues Ximenes Neto é geógrafo e Doutor em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará, com bolsa da CAPES. Pesquisador do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO/UECE).E-mail: antonio.lgco@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/3140578236224142

David Hélio Miranda De Medeiros é geógrafo e Doutor em Ciências Marinhas Tropicais pela Universidade Federal do Ceará. Professor substituto dos cursos de bacharelado e licenciatura em Geografia da Universidade Estadual do Ceará. Pesquisador do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO/UECE) (LGCO/UECE) e do Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/UFC). Email: davidhmmedeiros@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/9354182016604463

Paulo Roberto Silva Pessoa é geógrafo e Doutor em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Professor dos cursos de bacharelado e licenciatura em Geografia da Universidade Estadual do Ceará e pesquisador do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO/UECE).E-mail: davidgeo.ambiental@yahoo.com.br CV: http://lattes.cnpq.br/1731120090619996

Jáder Onofre De Morais é geólogo e Doutor em Geologia Marinha pela Universidade de Londres. Professor Titular aposentado da Universidade Federal do Ceará (UFC) e Universidade Estadual do Ceará (UECE). Professor Emérito da UFC e UECE. Coordenador do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO/UECE, Bolsista PQ-Sênior do CNPq. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais (PPGCMT/UFC) e Programa de Pós-graduação em Geografia (PROPGEO/UECE). E-mail: jader.morais@uece.br. CV: http://lattes.cnpq.br/2171381547908150.

MONITORAMENTO, MODELAGEM E ANÁLISE

Capítulo 7

A reanálise e sua utilização como ferramenta para o gerenciamento

Leonardo Azevedo Klumb-Oliveira; Denise Tyemi Fukai

Introdução

A zona costeira é formada por ambientes de transição entre oceano e continente, e são diversas as variáveis naturais as quais sua dinâmica encontra-se submetida. Do ponto de vista de energia, citam-se os grandes eventos de precipitações nas bacias hidrográficas de rios exorréicos, no domínio continental, e os eventos considerados extremos de ressacas marinhas, marés meteorológicas e elevações do nível médio do mar, no domínio oceânico.

A redução da vulnerabilidade costeira frente aos impactos naturais constitui um grande desafio para o gestor costeiro, uma vez que as variáveis ambientais que atuam na costa, de origem continental ou marinha, apresentam um caráter complexo e de difícil previsibilidade, além de elevados custos de monitoramento, e escala de tempo e espaço altamente variáveis.

No âmbito das mudanças climáticas do século 21, por exemplo, estes eventos tornam-se potencialmente mais intensos e/ou frequentes, como observado por Lowe e Gregory (2014) em relação à intensificação de marés meteorológicas e Losada et al. (2013) que sugerem uma intensificação na frequência e magnitude das ressacas marinhas para a Região Sul do Brasil, com base no período entre 1948 - 2008.

▪ COMO CITAR:
KLUMB-OLIVEIRA, L. A.; FUKAI, D. T. A reanálise e sua utilização como ferramenta para o gerenciamento. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 154-169. ISBN 978-65-992571-0-0

Nos eventos de ressacas marinhas, mais comuns em caráter sazonal, a alta energia das ondas em consonância com elevações de nível marinho regional disparam alta probabilidade de destruição das estruturas costeiras (calçadões, quiosques, ciclovias, estradas, etc.) e frequentemente causam danos materiais e econômicos, configurando um dos grandes desafios à gestão.

Neste contexto, Mitchell (1974) estimou em até USD 150 milhões/ano em gastos para recuperação de praias nos Estados Unidos e Santos et al. (2017) EUR 167 milhões entre 1995 – 2014 na costa portuguesa. No Brasil, Lins-de-Barros (2005) estimou em R$ 1,5 milhão o dano gerado pelo episódio de ressaca de maio de 2001 no litoral sul do Rio de Janeiro e Rudorff et al. (2007) estimaram em R$ 11 milhões os danos econômicos para o mesmo episódio de ressaca, na costa norte de Santa Catarina.

O conhecimento acerca do clima de ondas, como por exemplo, da distribuição média de altura significativa, período e direção em um determinado intervalo de tempo, para uma determinada região (Herbich e Walters, 1987), é condição para a gestão costeira, pois permite o entendimento do comportamento médio das ondas, clima de ressacas, estimativa de frequência de eventos extremos, tempo de recorrência destes eventos, transporte de sedimentos, entre outras variáveis. Neste sentido, Pethick (1984) enfatiza que os processos da zona costeira são regidos principalmente pelas ondas, tornando essencial a caracterização do clima de ondas para sua melhor compreensão.

Segundo Paula et al. (2015), a principal limitação para uma melhor caracterização dos impactos na orla oriundos de ressacas marinhas é a disponibilidade de séries observacionais históricas de ondas e marés que permitam definir, com precisão, os limiares para ocorrência de impactos.

O aumento do fomento a programas voltados para monitoramento e coleta de parâmetros de ondas (como ondógrafos, boias e altímetros) que incluem o PNBOIA (Programa Nacional de Boias, com 22 boias fixas) e Rede Ondas (com 10 ondógrafos), ainda não é suficiente para garantir séries de registros *in situ* consistentes e de longo termo. Assim, a disponibilização de dados de altimetria por satélites, com início apenas na década de 1990 e ainda, as descontinuidades espaço-temporais devido à localização esparsa das boias e ondógrafos, fazem com que os estudos climatológicos de longo prazo permaneçam sendo um desafio (Reguero et al., 2012).

Além disso, conforme Perez et al. (2017), dados de altimetria por satélite não cobrem a zona costeira, e do ponto de vista da dinâmica de ondas, não oferecem informações sobre o espectro e nem período das ondas, que são fundamentais para os estudos costeiros.

Frente a esse desafio, a reanálise surge como alternativa para viabilizar análises climatológicas por oferecer um longo período de informações espacial e temporalmente homogêneas. A possibilidade de reconstrução desses cenários climatológicos, especialmente para análises globais, tornou a reanálise passível de ser aplicada nas mais diversas regiões e com múltiplas áreas de aplicação (Poli, 2011; Figura 7.1).



Figura 7.1. Áreas de aplicação de dados de reanálise
Fonte: adaptado de Poli, 2011.

A utilização das reanálises nas geociências vem apresentando um crescimento expressivo desde os anos 90, quando a técnica começou a ser aplicada à área, como pode ser observado a partir de publicações em revistas científicas (Figura 7.2). De acordo com o *Web of Science*, a primeira publicação utilizando o termo *reanalysis* feita na área ambiental aparece em 1972 (Glaes, 1972) como uma tese de mestrado em meteorologia sobre um método numérico aplicado ao processo de análise e um sucessivo procedimento de "reanálise" manual para correções utilizando dados de sensoriamento remoto.

O processo de "análise", que precede a "reanálise", possui assim referências mais antigas dentro do campo de publicações aplicadas às geociências. Em sua tese, Glaes (1972) mostra que uma "atualização contínua da análise" (que em essência é o próprio processo de reanálise) demonstrava uma melhoria no desempenho dos campos de previsão.

Com o lançamento do primeiro produto de reanálises de vento publicado, o *Reanalysis 1* pelo NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) e NCAR (*National Center for Atmospheric Research*) em 1996, citado até o presente momento mais de 19.500 vezes, as publicações relacionadas começaram a demonstrar um aumento substancial.

De acordo com Caires et al. (2004), a geração de um banco de dados de ondas envolvendo reanálise teve início com a utilização do ERA15 como forçante do modelo de ondas WAM por Sterl et al. (1998). Atualmente, as contribuições feitas pela Meteorologia, Oceanografia, Geografia Física, Ciências Ambientais e áreas afins, somam cerca de 75% das publicações na área.

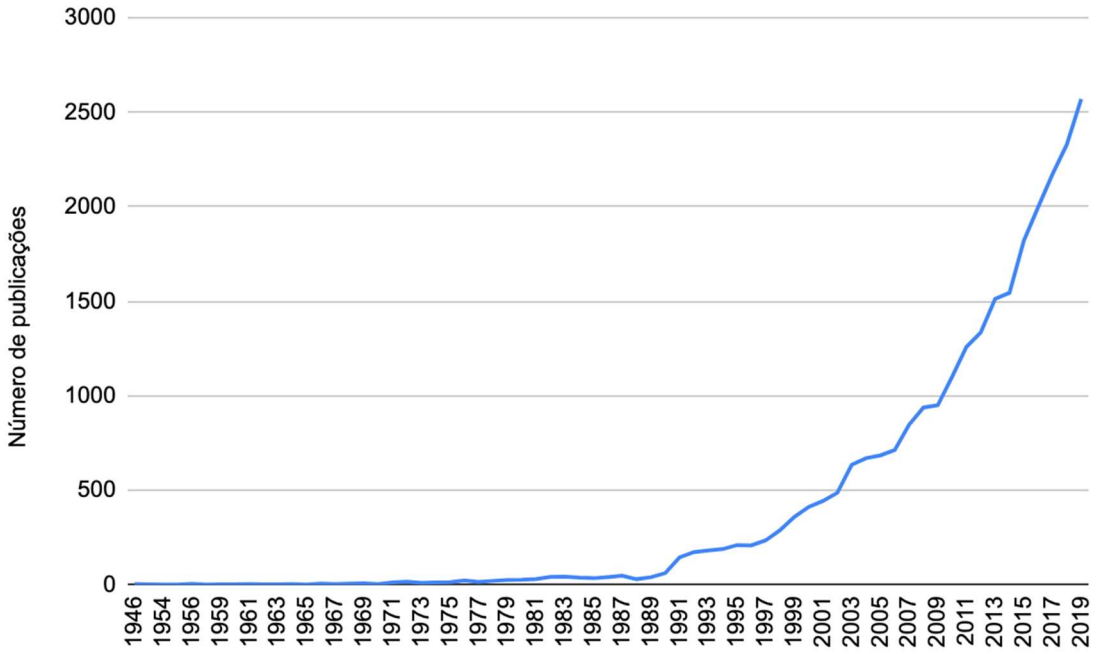


Figura 7.2. Número de publicações em reanálise de acordo com o *Web of Science* sob pesquisa feita com a palavra-chave "*reanalysis*".

Fonte: elaborado a partir da *Web of Science Core Collection ("Analyze Results" Tool*). Acesso em: 02 de maio de 2020.

Mais especificamente para o caso de periódicos do Brasil, e acerca daqueles os quais considera-se de relevância para a gestão costeira, a Revista Brasileira de Meteorologia e a Revista Brasileira de Geografia Física aparecem com o mais frequente uso de reanálises em artigos, sendo em sua maioria, dados de condições atmosféricas (vento, pressão e precipitação) e em menor parcela, dados de ondas (Figura 7.3).

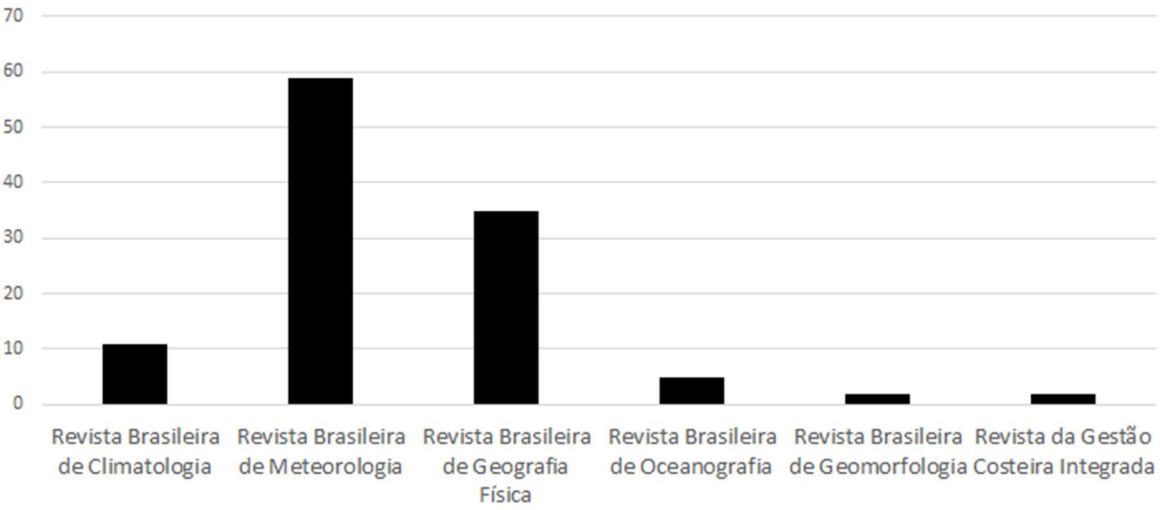


Figura 7.3. Número de publicações por revista sob as palavras-chave "*reanalysis*" ou "reanálise". Cumpre ressaltar que a Revista da Gestão Costeira Integrada, que aparece na Figura é de origem portuguesa, mas foi considerada por ser de relevância em publicações em relação ao litoral brasileiro.

Fonte: compilação dos autores.

Tendo em vista a ampla utilização das reanálises nos estudos em geociências, este capítulo se propõe a apresentar e discutir as principais considerações acerca de seu uso enquanto ferramenta para estudos costeiros de longo prazo, com ênfase nos estudos sobre clima de ondas e, portanto, relevantes para o gerenciamento. Para tanto, serão abordados os principais conceitos, o histórico, os produtos e as considerações ao uso. Pretende-se com isso chamar a atenção aos aspectos considerados fundamentais às reanálises, bem como as restrições e adequações metodológicas.

Reanálise

- **Conceito**

Como mencionado anteriormente, o processo de reanálise consiste na criação de dados sobre uma malha de espaçamento e intervalo de tempo regulares para uma série temporal longa, pretérita, baseado na junção da modelagem numérica e dados observacionais mediada por diversas estratégias de assimilação de dados (Poli, 2011).

No processo denominado de “assimilação” (ver seção 2.3.2), os modelos numéricos de previsão fazem uma estimativa inicial, e dados disponíveis de diferentes fontes observacionais (como estações oceanográficas, navios oceanográficos, sensoriamento remoto, entre outros) são então introduzidos ao modelo de forma dinâmica, integrando as correções às estimativas do modelo, em um processo de análise (Ghil, 1989).

Antes da etapa de assimilação, uma série de testes são aplicados para determinar a qualidade dos dados disponíveis que serão utilizados durante o processo, avaliando consistência, tendências e outros impactos dos diferentes sistemas observacionais relevantes para o desempenho da banco de dados final, resultando na subdivisão de dados de acordo com a confiabilidade adquirida na sua validação. Um maior detalhamento do processo de análise prévia de dados para assimilação é feito por Kalnay et al. (1996) e Kistler et al. (2001).

O termo “reanálise” é comumente aplicado de forma equivocada ao se referir a “observações” ou “análise” tornando-se importante a correta distinção entre os diferentes conceitos, a partir de suas distintas formulações. Apesar das reanálises serem constituídas também por observações, não podem ser consideradas como dados essencialmente observacionais (Dee et al., 2011; Parker, 2016). Em outras palavras, a reanálise é o conjunto de processos, os quais incluem modelagem computacional e assimilação de dados (observacionais ou remotos).

Já o termo “análise”, utilizado no contexto da meteorologia, também consiste na assimilação de dados observacionais, onde um primeiro campo é criado com base nas observações e posteriormente utilizado como condição inicial para uma rodada de uma dada simulação (Lorenc, 1981). Sendo assim, uma reanálise seria a aplicação de sucessivas “análises”, mantendo-se a uniformidade de um único método de assimilação e uma única versão de um modelo computacional para todo o período avaliado na reanálise.

O processo de reanálise foi mais extensivamente aplicado à ventos, sendo posteriormente utilizado para outras variáveis ambientais, incluindo ondas. As seções seguintes discorrem sobre o histórico e as aplicações de reanálises destas duas variáveis: ventos e ondas, tendo em vista sua importância para os estudos costeiros.

- **Reanálise de ventos**

O primeiro grande projeto de reanálise, denominado NCEP/NCAR *Reanalysis 1,* lançado na década de 90, produziu o primeiro banco de dados globais de ventos para o intervalo de 1957-1996 em sua primeira versão (Kalnay et al., 1996), com resolução horizontal de 1,9° (~211 km) e temporal de 6 horas.

Sendo um dos primeiros projetos de reanálise, posteriormente foram encontrados problemas de inconsistência temporal e em parametrizações como indicado por Brower et al. (2013), além de problemas associados ao processo de assimilação de dados no Hemisfério Sul (ver http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/wesley/paobs/paobs.html) ajustados em partes com o lançamento do segundo produto do NCEP, o *Reanalysis 2* (Kanamitsu et al., 2002).

O intervalo temporal reanalisado do *Reanalysis 2* também sofreu alterações, com início em 1948 e atualizações contínuas até o presente (disponível em https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html). No entanto, a baixa resolução espaço-temporal e a ausência de dados nos primeiros anos do projeto (1948-1957), especialmente no Hemisfério Sul, torna a reanálise para esse período menos confiável do que para os 40 anos posteriores (Kistler et al., 2001).

Com o avanço da tecnologia, os modelos computacionais de terceira geração possibilitaram o lançamento de reanálises globais ainda mais elaboradas, dentre os quais se destacam CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*), do NCEP, e ERA5, este sendo um dos produtos mais recentes de amplo uso desenvolvido pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). O intervalo temporal da reanálise CFSR cobre o período que vai de 1979 a 2009, com resolução horizontal de 0,5° e maior resolução temporal sendo horária (Saha et al., 2010).

O ERA5, por sua vez, tem como base o modelo de previsão IFS Cy41r2 e possui diversas saídas dentre as quais as maiores resoluções incluem uma resolução temporal horária, e horizontal de 0,25° para variáveis atmosféricas. O intervalo disponível atualmente é de 1979 com atualização contínua até o presente, com atraso de cinco dias. Também é esperada uma extensão do intervalo da reanálise que ofereça resultados a partir de 1950, com expectativa de lançamento para meados de 2020 (Hersbach et al., 2020). O ERA5 possui uma detalhada documentação (que pode ser encontrada em https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5), incluindo maiores informações sobre as referências de grade, documentação de referência dos modelos utilizados, configurações, erratas ou discordâncias que já foram identificadas na reanálises ERA5.

Alguns estudos, como o de Brower et al. (2013), analisam a variabilidade e consistência das reanálises globais, encontrando distintos padrões na eficiência de representação para diferentes reanálises. No caso do estudo de Brower et al. (2013), foi encontrado através de testes de correlações e homogeneidade que dentre as reanálises consideradas, o ERA-Interim possuía, em média, desempenho mais coerente com observações, seguido do CFSR.

Brower et al. (2013) também indicou que o período de maior uniformidade temporal comum à todas as reanálises tinha início em 1988, onde as diferenças com dados observacionais eram menores, apesar de ainda assim encontrar discordâncias que podem estar possivelmente ligadas à oscilações climáticas ou até a mudanças graduais nos sistemas observacionais.

Diferenças entre as primeiras reanálises, como *Reanalysis 1* e *Reanalysis 2*, e produtos mais recentes (como CFSR) já são extensivamente documentadas em literatura (Saha et al., 2010), e são de alta relevância tendo em vista os impactos que podem ser transferidos, a por exemplo, modelagem do campo de ondas pelas diferentes reanálises.

O aprimoramento contínuo, tanto da modelagem numérica quanto dos métodos de assimilação e dos sistemas de coleta de dados torna a reanálise dinâmica e sob contínua evolução, onde os produtos mais recentes tendem então a oferecer melhores resultados após o processo de aprendizagem e análise de falhas das reanálises anteriores (Saha et al., 2010).

- **Reanálises de ondas**

No que diz respeito às ondas, destacam-se os modelos computacionais cujo aprimoramento ao longo dos anos interferiu e tornou possível o desenvolvimento das simulações e das reanálises de ondas, a partir de reanálises de ventos, utilizadas como forçantes nos modelos.

O desenvolvimento da modelagem de ondas teve início com a primeira aplicação da modelagem numérica para ondas em 1957, seguida do surgimento dos modelos de primeira e segunda geração entre os anos 60 e 70 ainda com restrições quanto às transferências não lineares envolvidas (WAMDI GROUP, 1988).

O primeiro modelo de terceira geração desenvolvido foi o WAM, que diferentemente dos modelos de segunda geração, trouxe consigo a capacidade de representar melhor ondas geradas por campos de vento mais complexos com mudança rápida de intensidade, por integrar de forma mais correta as parametrizações das relações não lineares importantes para as simulações dos estados de mar (WAMDI GROUP, 1988). Descrições mais detalhadas do modelo é encontrada em WAMDI GROUP (1988) e ECMWF (2016).

Desenvolvido pelo NCEP e entre os mais utilizados está o *WAVEWATCH* III (WW3), um modelo numérico para representação de ondas geradas pelo vento similar ao modelo WAM. O WW3 é uma evolução do *WAVEWATCH* I e II foi desenvolvido na *Delft University of Technology*. A física do modelo inclui termos de geração de energia, dissipação (*whitecapping*), fricção com o fundo, refração e interações onda-onda.

Atualmente na versão 6.07.1, e a partir da versão 2.22, termos que incluem a descrição de processos físicos de águas rasas são considerados “termos adicionais” e podem ser facilmente adicionados. Na versão 3.14, o modelo inclui termos de quebra induzida por ondas para águas mais rasas. A versão também disponibiliza os termos de dispersão (reflexão) de ondas pelo fundo, interações não-lineares tríades (ou triplas) e uma abertura para uma definição de um termo adicional a critério do usuário.

Entre as versões v2.22 e v3.14 também foram feitas importantes atualizações que em sua maioria estão ligadas a abordagens numéricas e estruturais. Algumas das alterações incluem o acoplamento de múltiplas malhas, permitindo também mudanças na resolução espectral entre as grades, abertura para inclusão de representação da física da zona de surfe (como os processos de quebra, dissipação e interação com o fundo citados anteriormente) e consideração de grades de diferentes resoluções de forma simultânea (Tolman, 2009).

Swain et al. (2019) traz uma comparação entre os modelos WAM Cy4.5.3 e WW3v3.14 para um estudo de caso no oceano Índico Norte, apresentando também uma revisão de outros estudos comparativos entre os dois modelos. O estudo conclui que em geral os dois modelos apresentam eficiência de representação do campo de ondas muito similar, indicando que os aspectos fortes entre um ou outro modelo podem sobressair dependendo da aplicação, parametrizações ou quando considerado também o desempenho operacional.

Principais Produtos: Reanálise e *Hindcast* de ondas

Para ondas, a reanálise se tornou aplicável essencialmente sendo utilizada como condição de contorno na modelagem pelos campos de ventos, mas sem nenhum sistema de assimilação envolvido, o que não corresponde ao conceito de reanálise em seu senso estrito. Mínguez et al. (2011) faz o uso do termo WRD (*wave reanalysis database*) para se referir à tais bancos de dados. Será adotado ao longo do texto, o termo *hindcast,* para se referir aos produtos de ondas que, conforme explicitado, não se enquadram na definição reanálise. Exceção é feita para o ERA5, produto que possui um sistema de assimilação que compõe parte do modelo utilizado na formulação da reanálise, apesar de também ser um *hindcast* para o período anterior à 1991, conforme será discutido na seção 2.3.2.

Dentre alguns dos produtos disponíveis (Tabela 7.1), se destacam o *NOAA WAVEWATCH III 30-year Hindcast* (aqui referido como NWW3) com duas fases (*Phase 1* e *Phase 2*), lançado pelo NCEP; o ERA5 do ECMWF, substituto do ERA-Interim a partir de 2019; e o *Global Ocean Waves* (GOW), do *IHCantabria* (Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria, Espanha).

A Tabela 7.1 sintetiza as características de cada produto, e apresenta a literatura específica para maior detalhamento de cada uma.

Tabela 7.1. Principais produtos globais de ondas utilizando reanálises de vento

ONDAS	Período	Vento	Resolução máxima	Modelo de Ondas	Assimilação ou Calibração	Referência
ERA15	1979 - 1993	ERA15	20 min 1.5° x 1.5°	WAM	Não	Sterl et al. (1998)
MMAB NWW3*	1979 - 2009	NCEP CFSR NCEP CFSRR	3h 0.5° x 0.5°	WW3v3.14 WW3v5.16	Não	Chawla et al. (2012)
GOW	1949 - 2008	Reanalysis 1	Horária 1.5° x 1°	WW3v2.22	Calibração	Reguero et al. (2012)
CSIRO CAWCR	1979 - 2010	NCEP CFSR	Horária 0.4° x 0.4°	WW3v4.08	Não	Durrant et al. (2013)
GOW2	1979 - 2015**	NCEP CFSR	3h 0.25° x 0.25°	WW3v4.18	Não	Perez et al. (2017)
ERA5	1979*** - presente	ERA5	Horária 0.5° x 0.5°	IFS Cy41r2 (WAM)	Assimilação	Hersbach et al. (2020)

* existem duas fases para o NWW3, *Phase 1* e *Phase 2*

** a proposta é de atualização contínua do banco de dados, ver Perez et al. (2017)

*** uma extensão até 1950 já está em fase de elaboração (Hersbach et al., 2020)

Fonte: compilação dos autores

Ondas: reanálise ou não? A diferença entre os processos de assimilação e calibração de dados

Baseado na existência fundamental do processo de assimilação de dados para a composição de uma "reanálise tradicional", existe uma diferenciação terminológica entre os bancos de dados denominados de *hindcast* (simulação pura) e os de reanálise propriamente ditos.

Apesar de modelos como o WW3 suportarem sistemas assimilação de dados, nem sempre existe efetivamente uma assimilação como parte da construção do produto final, e de fato, com exceção do ERA5 para o período pós-1991, não existe a indicação de nenhum sistema de assimilação para a formulação dos *hindcasts* citados na Tabela 7.1. Segundo Chawla et al. (2011):

> *"There is not enough available data to develop a traditional reanalysis of the wave environment. Furthermore, wave dynamics are different from atmospheric dynamics in the sense that they are more of a boundary value problem than an initial value problem, with the wind forcing being the most dominant process driving wave dynamics. It is more useful to do a hindcast re-run using a reanalysis wind field."*[1] (Chawla et al., 2011, p.1)

No entanto, apesar da maioria dos casos não apontarem a aplicação de sistemas de assimilação de dados, calibrações feitas utilizando dados observacionais após a modelagem são por vezes realizadas. Um exemplo detalhado de metodologia de calibração é apresentado por Mínguez et al. (2011), adotado por Reguero et al. (2012) na formulação do banco de dados GOW.

Os sistemas de assimilação de dados são mais amplamente consolidados para a modelagem atmosférica, por terem surgido no contexto da previsão de tempo, quando definir o melhor estado inicial possível para o modelo era crucial para o desempenho das futuras previsões (Ghil, 1989).

O processo de assimilação de dados se inicia com a estimativa do campo inicial feito pelo modelo, denominado "*background*". No mesmo passo de tempo, uma malha de observações disponíveis que em geral dispõe de uma distribuição irregular tanto no espaço quanto no tempo, é aplicada à mesma grade resultando em um campo inicial com estimativas advindas tanto da modelagem quanto de observações (Bouttier e Courtier, 2002).

Contudo, a assimilação não é feita simplesmente pela substituição direta pelos valores observacionais, especialmente pelo caráter irregular das observações no espaço e tempo, e pelas incertezas associadas às observações que devem ser levadas em consideração. Esse processo é conduzido por metodologias que possuem embasamento estatístico e numérico, dando origem a diversos algoritmos de ajuste (Ghil, 1989; Bouttier e Courtier, 2002).

Como exemplo, o sistema de assimilação denominado 3Dvar fazem um ajuste tridimensional da estimativa inicial do modelo, além de outros sistemas de assimilação mais modernos como EnKF, EnVar e 4Dvar, o último correspondendo não apenas ao ajuste tridimensional do espaço, mas também na dimensão do tempo. Nesse processo é esperado que a assimilação faça apenas pequenas correções, caso contrário, grandes erros podem indicar a existência de problemas ou no dado sendo assimilado, ou até na representação de processos de rápido desenvolvimento pelo modelo (Bouttier e Courtier, 2002).

---

[1] "*Não há dados disponíveis suficientes para desenvolver uma reanálise tradicional do ambiente das ondas. Além disso, a dinâmica das ondas é diferente da dinâmica atmosférica no sentido de que são mais um problema de valor limite do que um problema de valor inicial, com a força do vento sendo o processo mais dominante que impulsiona a dinâmica das ondas. É mais útil fazer uma nova execução em hindcast usando um campo de vento de reanálise.*" (Chawla et al., 2011, p.1).

O método de assimilação de dados aplicado para ondas no ERA5 consiste em uma interpolação estatística (*optimum interpolation*) com metodologia aplicada proposta por Lorenc (1981) e mais bem descrita por Lionello et al. (1992), que discute a proposta de assimilação para o modelo de terceira geração de ondas, o WAM. O ECMWF (2016) apresenta o documento descritivo das configurações do modelo de ondas utilizado pelo IFS Cy41r2, que é operacionalmente o WAM, e descreve detalhadamente o processo de análise para as alturas significativas. No caso do ERA5, as fontes observacionais que para ondas estão ligadas ao sensoriamento remoto pelos dados de altimetria de fontes que incluem o ERS-1/ERS-2, Jason-1 e ENVISAT entre outros. Os sensores e satélites utilizados para cada período são detalhados por Hersbach et al. (2020).

Já para o processo de calibração, a metodologia proposta por Mínguez et al. (2011) combina as observações disponíveis (de diversas fontes), e procura, utilizando uma regressão não linear e com base na escolha de quartis, aplicar correções considerando alguns critérios de aplicação. A diferença essencial entre o processo de assimilação e calibração está no dinamismo e na ordem no qual são aplicadas as correções, sendo que na calibração a correção é feita posteriormente a todo o processo de modelagem, não interferindo no estado do campo de ondas ao longo do processo de modelagem a cada passo de tempo determinado na "análise".

Vale ressaltar que a afirmação feita por Chawla et al. (2011) apresentada anteriormente, baseada também na ausência de dados observacionais em ondas, era válida dentro do contexto quando foi elaborada. No entanto, o contínuo fornecimento de dados de altimetria e espectrais desde o advento do sensoriamento remoto e do desenvolvimento dos sensores específicos como o SAR (*synthetic aperture radar*) têm tornado a assimilação de dados para geração de reanálises um processo cada vez mais coerente e relevante para ser aplicado às ondas. Assim, é esperado que a tendência de criação de reanálises tradicionais em ondas cresça quando comparado às simulações puras feitas utilizando reanálises de vento como condição de contorno. É importante também ter em mente que, mesmo o ERA5, só teve início de assimilação de dados de altimetria a partir de 1991, o que torna o período anterior também um *hindcast* e se tornando reanálise de fato somente após 1991. Pela dominância do período de reanálise sobre *hindcast* no ERA5, se justifica a adoção da terminologia "reanálise" para o produto. No entanto, essa dualidade de caráter é de interessante consideração nas análises que envolvem ambos os períodos.

Considerações para aplicações de reanálise e *hindcast* em ambientes costeiros

Apesar da contribuição essencial da reanálise para os estudos climáticos, as inferências resultantes de seu uso e aplicações requer cautela. É necessário ter em mente as considerações das limitações encontradas pela diferença entre "observações" e "reanálises", e quais os fatores que podem afetar a acurácia dos dados, que variam dependendo da região, variável, ou período analisado (Brands et al., 2012). Caso contrário, tendências não naturais ao comportamento do sistema podem vir a ser encontradas e serem associadas equivocadamente às tendências climatológicas. Múltiplas questões como a distribuição não uniforme das estações amostrais ou pontos de coleta de dados observacionais, alterações nos instrumentos ou métodos de observação, e ainda, tendências encontradas do próprio modelo, são alguns dos pontos a serem considerados (Brower et al., 2013; Brands et al., 2016).

Além do estudo já apresentado de Brower et al. (2013), Oliver (2016) também faz algumas considerações sobre o uso indiscriminado das reanálises, ressaltando que apesar do consenso sobre a razoável acurácia dos resultados, uma avaliação da densidade espaço-temporal das observações na área de estudo é necessária. Um bom exemplo é a diferença do número de observações

disponíveis entre o Hemisférios Norte e Sul, que causa certa influência nos produtos de reanálises (Dee et al., 2011), para ventos e consequentemente para ondas.

Mínguez et al. (2011) também apresentam outras questões importantes quanto à necessidade de correção e avaliação prévia dos *hindcasts* antes do uso. Por exemplo, os autores ressaltam que a representação do campo de ondas em regiões de processos convectivos complexos tende a ser problemática, já que a questão ainda é um desafio para a modelagem atmosférica, o que acaba afetando a qualidade da representação de ventos utilizados como condição de contorno em ondas.

Em função do produto de *hindcast* a ser utilizado, diferenças podem ocorrer em relação a dados de saída para uma mesma localização. Tais diferenças estão relacionadas a estrutura do produto, tipo de reanálise de vento utilizada, grade, modelo de ondas e suas diferentes versões, batimetria utilizada, entre outros, como demonstrado na Figura 7.4. É necessário que o usuário faça uma análise prévia dos produtos disponíveis, seguido de comparações com dados medidos em campo para avaliar qual o produto que melhor atende aos objetivos e à região requerida.

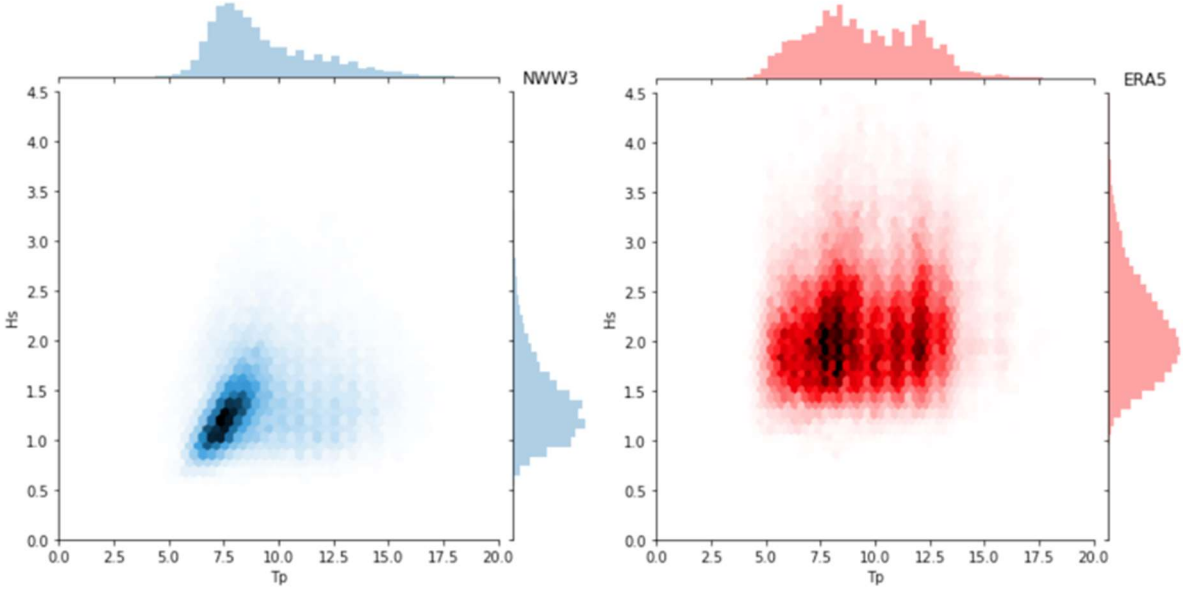


Figura 7.4. Comparação entre altura significativa de ondas (Hs) e período de pico (tp) entre o *hindcast* NWW3 e a reanálise de ondas ERA5 para um mesmo ponto de saída (20,5°S 40°W), para o intervalo de 1979 a 2009. Depreende-se da figura diferenças significativas, entre elas, superestimação de Hs pelo ERA5, e uma bimodalidade no período de pico, em 7,5s e 12,5s, no ERA5, que não aparece em NWW3. A bimodalidade é coerente com a sazonalidade do litoral sudeste, entre condições de tempo bom e tempestade.

Fonte: os autores

Ainda, há que se considerar que a assimilação dos campos de vento, forçante principal para geração de simulações de ondas, evoluiu ao longo do tempo, desde as primeiras reanálises. Isto subentende que, mesmo sendo o processo de assimilação de dados uma interpolação regional, certamente houve incremento na acurácia dos dados na medida em que mais dados observacionais, ou do advento do sensoriamento remoto, foram sendo implementados nas rodadas. Consequentemente, ao se analisar uma série temporal de 60 anos de dados de ondas, por exemplo, é provável que, na mesma série, haja uma maior acurácia de dados no intervalo após a década de 1990. Neste caso,

ao se trabalhar com parâmetros estatísticos abrangendo toda a série, estarão misturados dados com maior e menor acurácia, podendo acarretar desvios na interpretação dos resultados.

O *downscaling* é outro ponto de importância a ser observado quanto ao uso das reanálises para abordagens costeiras. Ribalaygua et al. (2013) definem *downscaling* como o conjunto de técnicas ou procedimentos de transferência de informações geradas em grades de modelos com baixa resolução espacial e/ou temporal, (e.g. grades globais) para grades de alta resolução (e.g. grades regionais/locais), utilizando as primeiras como condições iniciais, ou condições de contorno. Entre estas técnicas, destacam-se o *downscaling* dinâmico e o estatístico. Brands et al. (2012) exploram com detalhamento tais procedimentos, e apontam para diferenças nos resultados caso escolhida uma ou outra alternativa, o que chama a atenção para a importância da escolha da técnica mais adequada ao objetivo da análise.

A definição do que se considera alta ou baixa resolução é função dos objetivos da aplicação e das variáveis a serem analisadas. Para o caso de modelos de previsão climática, por exemplo, as técnicas de *downscaling* são fundamentais, tendo em vista as particularidades regionais como topografia, umidade e ventos, entre outros, de cada local, que não são contempladas nos modelos globais. Mcgregor (2015) apresenta uma revisão de aplicações de *downscaling* em modelos climáticos em diferentes locais do globo.

No caso de estudos costeiros, a necessidade de *downscaling* se faz premente, principalmente no que se refere ao levantamento do clima de ondas médio e de extremos. Perez et al. (2017) ressaltam que em alguns produtos de *hindcast* já são disponibilizados dados em áreas costeiras com alta resolução, no entanto, abrangendo apenas regiões da América do Norte e Europa. Para regiões como América do Sul, África e Ásia, não há dados de alta resolução disponíveis, o que leva à necessidade de aplicação de *downscaling* por parte do usuário.

No mesmo sentido, Camus et al. (2011) destacam que a física de ondas em águas rasas, como por exemplo refração, difração, dissipação de energia e *whitecapping*, geralmente não são contemplados nos dados de reanálises globais, pois mesmo que a física do modelo computacional contemple tais processos, a grade associada a batimetria de resolução global dificulta seu processamento em áreas rasas, o que leva a necessidade de *downscaling* para melhor compreender o clima de ondas nas áreas litorâneas. Neste aspecto, uma batimetria de melhor resolução, dados de marés, características sedimentares regionais e ventos locais são variáveis que contribuem para o melhoramento dos dados.

Além disso, a resolução espacial das grades globais geralmente não é suficiente para uma determinação de clima de ondas em nível local. Por exemplo, o *hindcast* da NWW3, assim como ERA5, apresenta uma grade de 0,5° de lat/lon, conforme Tabela 1. Isto representa um dado de altura significativa, período e direção das ondas para cada 50 km², aproximadamente, o que em áreas litorâneas é insuficiente para avaliações de segmentos costeiros em erosão, que comumente apresentam processos pontuais em função de características locais.

Um exemplo de produto de ondas que já traz dados processados em *downscaling* é o GOW2 (Tabela 7.1). Este apresenta grade mais detalhada nas regiões costeiras, com vistas a melhor representar os processos de ondas em águas rasas. Do mesmo modo, o mesmo instituto espanhol *IH Cantabria*, desenvolvedor do GOW, em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (Brasil) disponibilizaram um *software* - SMC - Brasil (Sistema de Modelado Costeiro), o qual traz em seu banco de dados informações sobre o clima de ondas de águas profundas e a possibilidade de propagação para águas rasas através do modelo OLUCA.

O sistema também disponibiliza dados de ondas em águas intermediárias, já trabalhadas em *downscaling*, o DOW (*Downscaled Ocean Waves)*. Dados de cartas náuticas e folhas de bordo de todo Brasil integram o *software*, servindo de base batimétrica para a propagação. Embora não seja possível acessar os dados "brutos" contidos no SMC, e, portanto, fazer validações independentes por parte dos usuários, o *software* aparece como ferramenta para determinação de clima de ondas de fácil acesso para os gestores costeiros.

Apesar das ressalvas, os numerosos estudos utilizando os mais diversos produtos de reanálises e *hindcasts* mostram que possíveis vulnerabilidades no dado podem existir e devem ser levadas à discussão, mas não são consideradas limitantes.

Diversos autores realizaram correlações qualitativas ou quantitativas entre dados de *hindcasts* e boias, ondógrafos ou observações em campo, encontrando correlações razoáveis em regiões da América do Sul (Izaguirre et al., 2013) e para a costa brasileira, principalmente para dados de altura significativa, como Pereira e Klumb-Oliveira (2015), Carvalho (2019), Albino et al. (2015), Pianca et al. (2010), entre outros. Neste sentido, Klumb-Oliveira et al. (2019) encontraram 80% de correlação entre eventos de tempestades no litoral de São Paulo contrastando dados observacionais com dados de *hindcast* do NWW3.

Conclusões

Este capítulo procurou trazer as principais considerações acerca do uso de reanálises para estudos costeiros, com ênfase na produção de dados de séries de ondas. Para tanto, foi necessário discorrer sobre o histórico das reanálises, metodologias e produtos, para, por fim, sugerir os principais usos e apontar as restrições.

Considera-se que a contribuição principal seja chamar a atenção para a questão do processo de assimilação de dados (convencionais ou de sensoriamento) que geralmente não ocorre nos dados de ondas, exceção feita ao ERA5, onde, do ponto de vista conceitual, não permite que tais produtos sejam considerados reanálises mas sim *hindcasts*, ou simulações.

Além disso, chama-se atenção também para as diferenças nos resultados disponibilizados entre os diferentes produtos, para um mesmo ponto e período amostral, como demonstrado na Figura 7.4. Sugere-se que o usuário analise as configurações de cada produto para posteriormente optar pelo que melhor se adeque aos objetivos da pesquisa e para a região em estudo.

Por fim, recomenda-se o uso de reanálises ou *hindcasts* para estudos costeiros, tendo em vista a disponibilidade de dados com a homogeneidade espacial e temporal necessária para interpretações conclusivas e ainda, a razoável percepção de correlação com verdades de campo, predominantemente em águas oceânicas. No entanto, recomenda-se a validação prévia do produto escolhido com dados de campo regionais, boias, ondógrafos, equipamentos do tipo *ADCP,* ou observações *in loco*, de maneira que seja formado um banco de validações regionais. Ainda, é necessário que os usuários atentem para a necessidade de *downscaling* para estudos costeiros e de apresentar em suas conclusões as possíveis incertezas e desvios metodológicos pertinentes aos resultados.

Referências bibliográficas

ALBINO, J; JIMÉNEZ, J.A; OLIVEIRA, T.C.A. Planform and mobility in the Meaípe-Maimbá embayed beach on the South East coast of Brazil. **Geomorphology**, 2015. doi: 10.1016/j.geomorph.2015.09.02.

BOUTTIER, F., e COURTIER, P. Data Assimilation Concepts and Methods. In **Meteorological Training Course Lecture Series**. ECMWF. https://www.ecmwf.int/node/16928. 2002.

BRANDS, S., J.M. GUTIÉRREZ, S. HERRERA, AND A.S. COFIÑO. On the Use of Reanalysis Data for Downscaling. **J. Climate**, 25, 2517–2526. 2012. PARKER, W.S. Reanalyses and Observations: What's the Difference? Bull. Amer. Meteor. Soc., 97, 1565–1572, https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00226.1. 2016.

BROWER, M., LLEDO, L., BARTON, M., DUBOIS J. A study of wind speed variability using global reanalysis data. **AWS Truepower**. 2013.

CAIRES, S; STERL, A; BIDLOT, J; GRAHAM, N.; SWAIL, V. Intercomparison of Different Wind Wave Reanalyses. Journal of Climate - **J CLIMATE**. 17. 1893-1913. 10.1175/1520-0442(2004)0172. 2004.

CARVALHO, B.C. Variabilidade da resposta da linha de costa aos condicionantes hidrodinâmicos e às oscilações do nível do mar no litoral sul fluminense. **Tese** (Doutorado em Oceanografia). Universidade Estadual do Rio de Janeiro, UERJ. 2019.

CAMUS, P., MENDEZ, F. J., e MEDINA, R. (2011). A hybrid efficient method to downscale wave climate to coastal areas. **Coastal Engineering**, 58(9), 851–862. doi:10.1016/j.coastaleng.2011.05.007

CHAWLA, A., D. SPINDLER AND H. L. TOLMAN. A thirty-year wave hindcast using the latest NCEP Climate Forecast System Reanalysis winds. **12th international workshop on wave hindcasting and forecasting e 3rd coastal hazards symposium**. Paper I1, 11 pp. 2011.

DEE, D.P.et al, The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. **Q.J.R. Meteorol. Soc**., 137: 553-597. doi:10.1002/qj.828. 2011.

DURRANT, T., HEMER, M., TRENHAM, C., GREENSLADE, D. CAWCR Wave Hindcast 1979-2010. v8. CSIRO. **Service Collection**. https://doi.org/10.4225/08/523168703DCC5. 2013.

ECMWF. Part VII: ECMWF Wave Model. In **IFS Documentation CY41R2**. ECMWF. https://www.ecmwf.int/node/16651. 2016.

ECMWF. 37 slides. Disponível em: **https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2011/14964-data-assimilation-atmospheric-reanalysis.pdf**. Acesso em 6 de abril de 2018.

GHIL, M. Meteorological Data Assimilation for Oceanographers. Part I: Description and Theoretical Framework. **Dyn. of Atmos. Oceans**, 13, 171-218. 1989.

GLAES, R.B. (1972). Numerical reanalysis through proportional differences. **Naval Postgraduate Schoo**l. Monterey, California.

HERBICH J.B., WALTERS T. Wave climate. In: **Climatology**. Encyclopedia of Earth Science. Springer, Boston, MA. 1987.

HERSBACH, H., BELL, B., BERRISFORD, P., HIRAHARA, S. et al. The ERA5 Global Reanalysis. **Q J R Meteorol Soc.** Accepted Author Manuscript. doi:10.1002/qj.3803. 2020.

IZAGUIRRE, C.; MÉNDEZ, F.J.; ESPEJO, A.; LOSADA, I.J.; REGUERO, B.J. - Extreme wave climate changes in Central-South America. **Climatic Change**, 119(2):277–290. DOI: 10.1007/s10584-013-0712-9. 2013.

KALNAY, E. et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-471. 1996. KISTLER, R., et al. The NCEP-NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation. **Bull. Amer. Meteor. Soc**., 82, 247-267. 2001.

KANAMITSU, M., W. EBISUZAKI, J. WOOLLEN, S. K. YANG, J. J. HNILO, M. FIORINO, AND G. L. POTTER: NCEP–DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). **Bull. Amer. Meteor. Soc**., 83, 1631–1643. 2002.

KLUMB-OLIVEIRA, L.A; FUKAI, D.T; SOUZA, C.R; ALBINO, J; EGUCHI, B. Avaliação do Comportamento de Ressacas Marinhas com base em Reanálise de Ondas e Observações *in loco* na Costa Sudeste do Brasil. **XIII OMARSAT**, Arraial do Cabo, RJ. 2019.

LINS-DE-BARROS, F. M. Risco, Vulnerabilidade Física à Erosão Costeira e Impactos Socioeconômicos na Orla Urbanizada do Município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Ano 6, nº 2, pp. 83-90. 2005.

LIONELLO, P., GÜNTHER, H., e JANSSEN, P. A. E. M. Assimilation of altimeter data in a global third generation wave model. **ECMWF. https://www.ecmwf.int/node/10762**. 1992.

LORENC, A.C., A Global Three-Dimensional Multivariate Statistical Interpolation Scheme. **Mon. Wea. Rev**., 109, 701–721, https://doi.org/10.1175/1520-0493(1981)109. 1981.

LOSADA, IJ, REGUERO, BG, MÉNDEZ, FJ, CASTANEDO, S, ABASCAL, AJ, AND MÍNGUEZ, R Long-term changes in sea-level components in Latin America and the Caribbean. **Global and Planetary Change,** 104:34-50. doi: 10.1016/j.gloplacha.2013.02.006. 2013.

LOWE, J.A; GREGORY J.M. The effects of climate change on storm surges around the United Kingdom. Philosophical Transactions of the Royal Society A**: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**. http://doi.org/10.1098/rsta.2005.1570.

MCGREGOR, J. L. Recent developments in variable-resolution global climate modelling. **Climatic Change.** 129:369–380 DOI 10.1007/s10584-013-0866-5. 2015.

MÍNGUEZ, R., A. ESPEJO, A. TOMÁS, F.J. MÉNDEZ, AND I.J. LOSADA,: Directional Calibration of Wave Reanalysis Databases Using Instrumental Data. **J. Atmos. Oceanic Technol**., 28, 1466–1485, https://doi.org/10.1175/JTECH-D-11-00008.1. 2011.

MITCHELL, J.K. - Community Response to Coastal Erosion: Individual and Collective adjustments to Hazard on the Atlantic Shore**. The Department of Geography**. The University of Chicago, Chicago, EUA. 1974.

OLIVER, E.C.J. Blind use of reanalysis data: apparent trends in Madden–Julian Oscillation activity driven by observational changes**. Int. J. Climatol**., 36: 3458-3468. doi:10.1002/joc.4568. 2016.

PETHICK, J. **An introduction to coastal geomorphology**. London: E. Arnold. 1984.

PAULA, D. P. DE; MORAIS, J.O.; FERREIRA, Ó.; DIAS, J.A. Análise histórica das ressacas do mar no litoral de Fortaleza (Ceará, Brasil): origem, características e impactos. In: Dais Pereira de Paula e J. Alveirinho Dias (orgs.), **Ressacas do Mar / Temporais e Gestão Costeira**, pp. 173-201, Editora Premius, Fortaleza, CE, Brasil. ISBN: 978-85-7924-440-7. 2015.

PEREIRA, N.; KLUMB-OLIVEIRA, L.A. Analysis of the influence of ENSO phenomena on wave climate on the central coastal zone of Rio de Janeiro (Brazil). **Revista da Gestão Costeira Integrada**. 15. 353-370. 10.5894/rgci570. 2015.

PEREZ, J ; MENENDEZ, M ; LOSADA, I.J. GOW2: A global wave hindcast for coastal applications. Coastal Engineering. 124. 1-11. 10.1016/**Journal of Coastal engineering**. 2017.03.005. 2017.

PIANCA C; MAZZINI PLF; SIEGLE E. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. **Brazilian Journal of Oceanography**. 58:53–70. doi: 10.1590/S1679-87592010000100006. 2010.

POLI, P. **Data Assimilation for Atmospheric Reanalysis**. **ECMWF Seminar on Data assimilation for atmosphere and ocean**, 6 - 9 September 2011.

REGUERO, B.G.; MENENDEZ, M e MENDEZ, F; MÍNGUEZ, R; LOSADA, I.J. A Global Ocean Wave (GOW) calibrated reanalysis from 1948 onwards. **Coastal Engineering**. 65. 38-55. 10.1016/j.coastaleng.2012.03.003. 2012.

RIBALAYGUA, J., TORRES, L., PÓRTOLES, J. et al. Description and validation of a two-step analogue/regression downscaling method. **Theor Appl Climatol** 114, 253–269). https://doi.org/10.1007/s00704-013-0836-. 2013.

RUDORFF, F. M.; BONETTI FILHO, J.; MORENO, D. A.; OLIVEIRA, C. A. F e MURARA, P. G. Maré de tempestade. In: Herrmann, M. L. P. Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010. 2. Ed. IHGSC**/Cadernos Geográficos**, Florianópolis, p. 151-154. ISBN 978-85-67768-00-7.2014.

SANTOS, F.D.; LOPES, A.M.; MONIZ, G.; RAMOS, L.; TABORDA, R. **Grupo de Trabalho do Litoral: Gestão da Zona Costeira: O desafio da mudança**. Filipe Duarte Santos, Gil Penha-Lopes e António Mota Lopes (Eds). Lisboa (ISBN: 978-989-99962-1-2). 2017.

SAHA, S. et. al. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. **Bull. Amer. Meteor. Soc**., 91(8), 1015-1057 (DOI: 10.1175/2010BAMS3001.1). 2010.

STERL, A., KOMEN, G. J., AND COTTON, P. D. Fifteen years of global wave hindcasts using winds from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts reanalysis: Validating the reanalyzed winds and assessing the wave climate, **Journal of Geophysics Research**. 103(C3), 5477– 5492, doi:10.1029/97JC03431. 1998.

SUN, Q., MIAO, C., DUAN, Q., ASHOURI, H., SOROOSHIAN, S., e HSU, K.-L. A review of global precipitation data sets: Data sources, estimation, and intercomparisons. **Reviews of Geophysics**, 56, 79– 107. https://doi.org/10.1002/2017RG000574. 2018.

SWAIN, J., UMESH, P., e BALCHAND, A. WAM and WAVEWATCH-III intercomparison studies in the North Indian Ocean using Oceansat-2 Scatterometer winds. **Journal of Ocean and Climate**. https://doi.org/10.1177/2516019219866569. 2019.

TOLMAN, H. L. User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 3.14. **NOAA / NWS / NCEP / MMAB Technical Note 276,** 194 pp.+ Appendices. 2009.

WAMDI GROUP: S. HASSELMANN, K. HASSELMANN, E. BAUER, P. A. E. M. et al. The WAM Model - A Third Generation Ocean Wave Prediction Model, **Journal of Physical Ocean**., 18: 1775-1810. 1988.

Leonardo Klumb-Oliveira é oceanógrafo, Doutor em Geografia (Física) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É Professor Adjunto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, atuando nas áreas de Oceanografia Costeira e Geomorfologia Costeira. E-mail: leoklumb@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/2591010762995842.

Denise Tyemi Fukai é oceanógrafa, mestranda em Meteorologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atua nas linhas de pesquisa envolvendo Modelos do Sistema Terrestre e modelos acoplados ligados ao CMIP6 para modelagem oceânica, com foco em massas de água e circulação no Atlântico Sul. E-mail: denise.fukai@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/0258439345866173.

Capítulo 8

Análise sedimentar como ferramenta de reconstituição paleoambiental: exemplo da evolução de uma baía para estuário

Giseli Modolo Vieira Machado

Introdução

Os tamanhos das partículas em um depósito particular refletem os processos de intemperismo, erosão, transporte e deposição ao qual o material foi submetido, mas também podem refletir a herança geológica da área fonte. O tamanho dos grãos e a classificação de sedimentos são dados úteis para reconhecer os paleoambientes e diagnosticar problemas erosivos. Diversas outras aplicações podem ser oferecidas aos dados relativos ao tamanho das partículas dos sedimentos, como: 1) auxiliar estudos paleontológicos; 2) interpretar a estratigrafia costeira e as flutuações do nível do mar; 3) identificar potenciais reservatórios de água e petróleo; 4) avaliar, por meio de propriedades físicas (geotécnicas) de depósitos sedimentares, seu potencial de queda, deslizamento ou deformação; 5) entender os fluxos, as fontes e os estoques de elementos químicos na natureza; 6) identificar as jazidas de minerais economicamente viáveis; 7) auxiliar na localização, dimensão, arquitetura e tipo de obras costeiras; 8) garantir o funcionamento de portos por meio de dragagens e escolha das áreas de bota-fora; 9) resolver problemas de assoreamento fluvial; e 10) auxiliar na localização, manutenção e controle da sedimentação de barragens.

▪ COMO CITAR:
MACHADO, G. M. V. Análise sedimentar como ferramenta de reconstituição paleoambiental: exemplo da evolução de uma baía para estuário. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 170-195. ISBN 978-65-992571-0-0

No entanto, o foco neste capítulo será dado à utilização dos dados sedimentológicos como ferramenta de análise paleoambiental, em outras palavras, o sedimento como *proxy*, na tentativa de compreender a intensidade e a natureza dos processos que atuaram durante a deposição dos sedimentos.

Apesar das características de um agente deposicional estarem refletidas na textura dos sedimentos (Sahu, 1964; Passega, 1957; 1964), a relação entre as características de tamanho de grão e os ambientes deposicionais, ainda não foram firmemente estabelecidos (Boggs, 2006). Muitas técnicas e modelos têm sido testados já há algum tempo para interpretar os ambientes deposicionais baseados nos resultados da distribuição granulométrica e na elaboração de diagramas e fórmulas empíricas (Passega, 1964; Sahu, 1964; Friedman, 1967, 1979; Visher, 1969). Embora as limitações dos modelos sejam reconhecidas por diversos autores, estes ainda são bastante empregados. Sucessos recentes têm sido alcançados na utilização dos padrões estatísticos granulométricos para interpretar tanto os processos de transporte quanto os ambientes costeiros atuais e antigos (Morgan e Bull, 2007; Rajganapathi et al., 2013; Razik et al., 2014). No entanto, poucos estudos utilizam a análise granulométrica como a principal ferramenta para interpretar adequadamente a paleogeografia (Gyllencreutz et al., 2010). Segundo Boggs (2006), um número inaceitavelmente alto de interpretações errôneas desses estudos, destacam as limitações do método e modelos associados. Por exemplo, a classificação da distribuição do tamanho do grão (manual ou automatizado) e as análises estatísticas multivariadas envolvem homogeneização da amostra, que poderia mascarar os processos que podem ter ocorrido antes ou depois da deposição (Morgan e Bull, 2007).

Importância merecida de fato é dada à textura dos sedimentos, no entanto, há pouco consenso quanto à sua confiabilidade na análise ambiental, uma vez que os modelos e as técnicas podem falhar devido a: 1) variabilidade de condições dentro dos principais ambientes, como por exemplo, as condições de energia e de fornecimento de sedimentos não necessariamente são as mesmas em um mesmo ambiente; 2) pelo fato da distribuição de tamanho dos grãos refletir os processos e não os ambientes, sendo ainda que os processos de transporte de sedimentos não são exclusivos de um ambiente específico; 3) pela capacidade de estocar ou perder certas frações de tamanho de sedimento, e 4) pelas particularidades de sedimentação e erosão atribuídas aos contornos morfológicos locais, que podem conduzir a uma variabilidade nos parâmetros sedimentológicos, mesmo em um pequeno recorte espacial. Neste caso, Boggs (2006) opina que os dados de tamanho de grão devem ser considerados apenas como uma das ferramentas disponíveis para a interpretação ambiental e não devem ser usados sozinhos para esse fim.

Como forma de dar maior credibilidade aos estudos paleoambientais, interpretações sedimentológicas têm sido sustentadas por outros indicadores (*proxies*). Por exemplo, restos mortais biológicos preservados como carbonato de cálcio, matéria orgânica, biomarcadores orgânicos, dentre eles assembleias de fóssil, foraminíferos, fitoplanctons, grãos de pólen, conchas e incrustações de organismos marinhos como cracas, ostras e vermitídeos são exemplos de *proxies* biológicos. Assim como as propriedades geoquímicas e isotópicas de material dentrítico e biogênico, dentre eles isótopos estáveis do carbono ($^{13}C/^{12}C$) e oxigênio ($^{18}O/^{16}O$), razões de concentrações totais de carbono/nitrogênio (C/N) e carbono/enxofre (C/S) são exemplos de indicadores geoquímicos. Segundo Angulo et al. (1997; 2002; 2006), Martin (2003), Meireles et al. (2005), Hillaire-Marcel e Vernal (2007), Pereira et al. (2007), dentre outros, o uso de multi-indicadores é necessário também para construir curvas de variação relativa do nível do mar.

De maneira a suprir os entraves inerentes à interpretação dos dados relativos ao tamanho do grão, novos desafios ainda são traçados para os sedimentólogos na tentativa de utilizar a análise

sedimentar como ferramenta principal de reconstituição paleoambiental e primeiramente, distinguir os processos envolvidos em sua sedimentação. Isto parece não excluir as possibilidades de interpretações equivocadas, mesmo que atenuadas, com o uso de *multi-proxies*, mas provocam novos desafios metodológicos para as diversas áreas da ciência, dentre elas diversas demandas que podem ser abraçadas pela Geografia Marinha.

Técnicas sedimentológicas

A associação de técnicas independentes e complementares de análise de sedimentos dá maior confiabilidade às interpretações paleoambientais (Asumadu et al., 1987; Newsome, 2000; Kleesment, 2009; Gyllencreutz et al., 2010; Rajganapathi et al., 2013; Kalinska-Nartisa et al., 2015, Machado et al., 2016). Os resultados de múltiplas análises são mais conclusivos quando combinados com as características das fácies sedimentares, como litologia, atributos texturais e aparência dos sedimentos (Catuneanu, 2006). Outros parâmetros sedimentológicos, como a mineralogia (Lessa et al., 2000; Drago et al., 2004); dados composicionais, como teor de matéria orgânica e carbonato de cálcio (Rios e Amaro, 2012); e aspectos relacionados aos grãos de quartzo como forma, grau de arredondamento, aparência (Mycielska-Dowgiallo e Woronko, 2004; Woronko e Pochocka-Szwarc, 2013; Kalinska e Nartiss, 2014; Machado et al., 2016) e microtexturas (Doornkamp e Krisnsley, 1971; Bull e Goldbergb, 1985; Madhavaraju e Ramasamy, 1999; Strand et al., 2003; Vos et al., 2004; Armstrong et al., 2005; Madhavaraju et al., 2006, 2009; Machado et al., 2016) são importantes para melhor discriminar os ambientes.

A aplicação de multi técnicas sedimentológicas seria então uma ideia viável a fim de compensar as limitações inerentes a cada uma das técnicas aplicadas isoladamente. Neste capítulo serão exemplificadas técnicas relativamente de fácil operacionalidade e disponíveis em praticamente todos os laboratórios de Geografia Física ou Sedimentologia. O objetivo aqui é estimular as pesquisas nas temáticas físicas da Geografia Marinha de forma descomplicada. A síntese das características das técnicas sedimentológicas exemplificadas estão na Tabela 8.1. Não é objetivo deste capítulo detalhar as etapas e os procedimentos de laboratório e sim esclarecer quanto às suas aplicações nos estudos paleoambientais.

Análise granulométrica

A análise granulométrica é uma técnica que consiste na determinação dos tamanhos dos grãos que compõe os sedimentos e é fundamental tanto em termos de conhecimento dos ambientes de sedimentação como também na avaliação da direção resultante de transporte (Albino, 1993) e reconhecimento de diferentes populações de sedimentos (Ponçano, 1986). Na sedimentologia, geralmente é adotada a escala de tamanho do grão de Wentworth (1922), que expressa em fi (ϕ) valores correspondentes em milímetros (mm). A escala é dividida em quatro categorias principais de tamanho: argila, silte (juntos denominados de lama), areia e cascalho, que podem ser subdivididas ainda mais, por exemplo, areia fina, areia média e areia grossa. O conjunto de equações bastante usado para a obtenção dos parâmetros granulométricos estatísticos é o proposto por Folk e Ward (1957). Uma análise granulométrica comumente consiste em uma medida de tendência central (média, mediana ou moda); uma medida do grau de dispersão ou seleção (desvio padrão); uma medida de inclinação da curva (assimetria); e uma medida de esbeltez

da curva (curtose). O foco aqui é dado ao significado destes parâmetros e as equações podem ser consultadas em Selley (2000), Muehe (2002) e Boggs (2006).

As medidas de tendência central estão relacionadas com a intensidade do agente de transporte e/ou com os níveis energéticos do ambiente deposicional (Dias, 2004). A média é o parâmetro que melhor caracteriza os processos hidrodinâmicos, como a velocidade do agente de transporte (Sahu, 1964; Ponçano, 1986; Muehe, 2002). A mediana é o parâmetro que melhor caracteriza o ambiente deposicional como um todo, por se situar mais próximo do valor da moda. Porém, quando a amostra apresenta mais de uma moda a representatividade das medidas centrais fica comprometida (Muehe, 2002), em outras palavras, a bi ou polimodalidade reflete à mistura de populações de sedimentos de diferentes áreas de origem ou diferentes processos de transporte num mesmo depósito (Le Roux e Rojas, 2007).

Tabela 8.1. Síntese de algumas técnicas sedimentológicas empregadas nos estudos paleoambientais

Análise	Técnica	Aplicações	Vantagens	Limitações	Tempo do ensaio/Quant. de amostra**
Granulométrica	Peneiramento	Obtenção dos prm.grn.est* e separação das frações granulométricas de amostras arenosas; estudos de processos e identificação de ambientes de sedimentação; técnica prévia p/ análise dos grãos de quartzo e classificação visual da mineralogia.	Precisão dos prm.grn.est*; aplicação de modelos físicos de previsão e simulação; fracionamento da amostra; facilidade operacional, recomendada p/ alunos de graduação, pois permite realizar manualmente e de maneira didática os cálculos dos prm.grn.est*.	Ensaio demorado e tedioso; médio custo de aquisição do equipamento; não adequado p/ amostras lamosas; resultados não correspondem ao comportamento hidrodinâmico das frações pesadas; erros em amostras c/ minerais de diferentes densidades, grãos caracterizados pelo tamanho e não pelo peso.	40 min/50 g
	Laser	Possibilita a obtenção dos prm.grn.est* de sedimentos finos; aplicada a estudos de processos e identificação de ambientes de sedimentação.	Rapidez do ensaio e dos resultados; precisão dos resultados, principalmente das frações finas; procedimento único p/ medir ampla variedade de tamanho de partículas (amostras areno-lamosa/lama-arenosa) diluídas ou secas.	Alto custo de aquisição do equipamento; alto grau de automação; alta influência da habilidade do operador nos resultados; fragilidade do equipamento; areias grossas devem ser excluídas.	3-5 min/2-5 g
	Tubo de decantação	Determinação do tamanho granulométrico e da velocidade de decantação de amostras arenosas; aplicada a estudos das características hidráulicas do sedimento (relações entre hidrodinâmica, granulometria e topografia).	Rapidez do ensaio; técnica simples e de baixo custo; ideal p/ analisar uma grande quantidade de amostras, inclusive a bordo de embarcações; reprodução mais correta das condições de sedimentação e equivalência hidráulica.	Necessidade de controle da temperatura do ambiente durante o ensaio; erros são esperados em amostras c/ minerais de densidades diferentes (quartzo, min. pesados e bioclastos); falta de precisão nos resultados de dispersão (seleção, assimetria e curtose).	Seg a 2 min/3 g
	Proveta volumétrica	Obtenção dos prm.grn.est* de sedimentos de qualquer granulometria.	Baixo custo na aquisição de equipamentos e reagente (NaOH); análise simultânea de várias amostras; facilidade operacional; adequada p/ alunos de graduação.	Ensaio relativamente demorado; limitada capacidade de seccionar a amostra em várias classes de tamanho de partículas, em especial a fração lamosa; necessidade de ambiente c/ temperatura estável durante o ensaio.	3 dias /10 g

Composicional	Queima do carbono orgânico e inorgânico em mufla	Quantificação de carbono orgânico (matéria orgânica) e do inorgânico (carbonato) no sedimento, posteriormente convertido p/ $CaCO_3$; indicado p/ caracterização de ambientes deposicionais.	Ensaio conjunto do carbono orgânico e inorgânico em uma única técnica; baixo custo operacional; análise simultânea de amostras limitada à capacidade da mufla.	Maior atenção em relação a riscos físicos pessoais devido às altas temperaturas atingidas no processo; maior risco de erros analíticos por parte do operador; médio custo de aquisição do equipamento.	2-4 h p/ mat.org. + 2 h p/ carbonato, total ~8 h /2-4 g
	Queima do carbono orgânico na chapa aquecedora (60°C) c/ H_2O_2	Quantificação de matéria orgânica no sedimento; indicado p/ caracterização da energia dos ambientes deposicionais.	Facilidade operacional; baixo custo na aquisição de equipamentos; análise simultânea de amostras limitada à capacidade da chapa.	Requer grande quantidade de reagente, nem sempre disponível no laboratório; tempo de ensaio variável dependendo da quantidade do conteúdo orgânico na amostra; possibilidade de transbordamento causado pela oxidação da amostra e consequente perda da mesma durante a queima.	horas a 2-3 dias/20 g
	Queima de Carbonato de Cálcio na chapa aquecedora (100°C) c/ HCl	Quantificação direta de $CaCO_3$ na amostra; indicada p/ identificação e caracterização dos ambientes marinhos e costeiros.	Rapidez do ensaio; facilidade operacional; baixo custo na aquisição de equipamentos; requer pouca quantidade de reagente (HCl); análise simultânea de amostras limitada à capacidade da chapa.	Perigo p/ o operador ao manusear o reagente altamente corrosivo.	~15 min/10 g
	Mineralogia c/ lupa binocular	Quantificação e identificação visual dos minerais na amostra; estudos de maturidade mineralógica e minerais pesados; classificação dos materiais litoclásticos e biocláticos.	Baixo custo na aquisição de equipamentos; facilidade operacional.	Ensaio demorado requerendo atenção e paciência, análise grão a grão; dificuldade de classificar os grãos muito pequenos (Md <0,105 mm); alta habilidade e calibração ocular do operador na obtenção de resultados balizados; necessidade do peneiramento a seco p/ a separação das frações.	30 min/100 grãos por fração
Dos grãos de quartzo	Morfoscopia c/ lupa binocular	Caracterização dos grãos de quartzo (forma, arredondamento e aspecto óptico); indicada p/ auxiliar na interpretação (paleo) ambiental, maturidade textural e diferenciação de processos; auxilia na distinção de dep. relíquias, palimpsestos e modernos.	Melhores resultados p/ grau de arredondamento e ideal p/ aspecto óptico; baixo custo na aquisição de equipamentos; facilidade operacional; técnica bastante didática.	Idem à mineralogia c/ lupa binocular	30 min./100 grãos por fração
	Microtexturas /MEV***	Estudos paleoambientais; distinção entre antigos ambientes deposicionais e processos ocorridos sobre o depósito; caracterização dos aspectos morfológicos dos grãos; quantificação e qualificação das microtexturas superficiais.	Imagens c/ características topográficas de alta resolução; detalhamento da superfície do grão; análise de marcas antigas e recentes presentes no mesmo.	Ensaio demorado, análise grão a grão; alto custo de aquisição do equipamento; alto grau de automação; inadequado p/ análise do aspecto óptico; análise apenas de uma face do grão; alta influência da habilidade do operador nos resultados; necessidade do peneiramento a seco e morfoscopia prévia.	40 min./10-25 grãos por fração

* Parâmetros granulométricos estatísticos (prm.grn.est.). ** Não estão incluídos no tempo do ensaio os procedimentos prévios e posteriores como lavagem, secagem, pesagem, eliminação da matéria orgânica da amostra, dentre outras. O tempo é aproximado e é referente à de um operador com certa experiência na técnica. ***Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

Fonte: compilação da autora.

O desvio padrão é um dos principais parâmetros para interpretação (paleo) ambiental juntamente com a mediana. A seleção melhora com o distanciamento da área fonte, contudo, um sedimento mal selecionado pode indicar também misturas de fontes distintas de sedimentos e/ou de processos. Frequentemente, esta medida traduz a constância ou a irregularidade dos níveis energéticos (Dias, 2004). A seleção também é utilizada como indicador da maturidade textural do sedimento, isto é, melhor seleção sugere maior maturidade.

A assimetria quando inclinada para o lado das frações grossas é negativa, e quando inclinada para o lado das frações finas é positiva. Esse parâmetro é adequado para estudos de processos e é sedimentologicamente muito significativo (Muehe, 2002). Por exemplo, um pequeno enriquecimento em partículas finas pode significar, mesmo por uma pequena moda localizada na parte extrema direita da curva, a ocorrência de um período menos energético após um evento deposicional (Dias, 2004).

A curtose é o grau de achatamento da curva granulométrica em relação à curva normal (mesocúrtica). Curvas pontiagudas são denominadas leptocúrtica e as achatadas são denominadas platicúrtica. Esse parâmetro sugere algumas tendências deposicionais quando platicúrtica, podendo indicar mistura de populações diferentes, e por outro lado, tendências de transporte quando leptocúrtica, podendo indicar remoção de alguma fração (Ponçano, 1986).

Estes parâmetros estatísticos têm sido utilizados com sucesso em muitos estudos de transporte e deposição de sedimentos em diferentes ambientes sedimentares (Le Roux e Rojas, 2007). Segundo os autores, as tendências mais comuns são: 1) sedimento melhor selecionado, mais grosso e com assimetria mais negativa, comumente encontrada em ambientes fluviais; e 2) sedimento melhor selecionado, mais fino e com assimetria mais positiva em direção ao transporte, comumente encontrados associados às correntes litorâneas. No entanto, estas generalizações devem ser usadas com cautela, pois é claro que outros tipos de tendência não podem ser descartados. Por exemplo, estudos texturais comparativos entre ambientes diferentes, onde as medidas de diâmetro mediano e classificação falharam em mostrar as diferenças, as conclusões necessariamente devem ser baseadas nos dados de assimetria e curtose (Mason e Folk, 1958). Segundo os autores, esses estudos indicaram que as areias de praia são simétricas ou negativas e leptocúrticas. Friedman (1961), Martins (1965) e Chappell, (1967) confirmam a assimetria negativa (raramente positiva) para os ambientes de praia e acrescenta ainda que as areias de rio e dunas, por exemplo, apresentam comumente assimetria positiva. Apesar dos intensos esforços, o problema ainda é desenvolver parâmetros estatísticos que possam diferenciar o ambiente deposicional de qualquer outra amostra de areia, uma vez que esses parâmetros podem, na verdade, refletir a ação de diferentes processos físicos e não necessariamente várias fontes (Selley, 2000).

O teor de lama e de areia é uma característica muito importante na compreensão da energia do ambiente deposicional. Ambientes de baixa energia favorecem a acumulação de sedimentos mais finos, enquanto, os mais energéticos são mais arenosos. Juntamente com o grau de seleção, este parâmetro granulométrico é também um indicador de maturidade textural. Um procedimento bastante simples para quantificar o percentual geral de lama/areia é a via úmida, realizada por meio da peneira de 0,0625 mm de abertura.

As técnicas de análise granulométricas mais comumente empregadas são peneiramento seco ou úmido, tubo de decantação, proveta volumétrica (pipetagem) e laser. Estas últimas são mais adequadas para os sedimentos lamosos e aquelas para os sedimentos arenosos, porém nem todas apresentam correlação satisfatória para a obtenção dos parâmetros granulométricos estatísticos.

O peneiramento se destaca pela sua popularidade atribuída principalmente à grande vantagem de determinar com certa precisão os resultados dos parâmetros granulométricos. A qualidade destes resultados é fundamental para a inferência de direções de transporte, das condições hidrodinâmicas atuantes e para o estabelecimento de correlações com a fauna bentônica (Muehe, 2002). Já a granulometria por laser, se destaca e ganha cada vez mais adeptos por ser uma técnica muito eficiente (Tabela 8.1), no entanto, apesar do equipamento ser preparado para medir uma ampla variedade de tamanhos de partículas, alguns técnicos de laboratório, receosos em danificar os onerosos componentes do equipamento, optam por excluírem as frações de areia da amostra e trabalharem apenas com a lama. Neste caso, o operador deve ter ciência que deverá usar outra técnica granulométrica para processar as areias, o que poderá gerar dificuldades metodológicas quando unir os dois resultados, uma vez que o granulômetro a laser fornece os resultados em volume e peneiramento em peso.

A escolha da técnica granulométrica é primeiramente função do objetivo a ser alcançado, ou seja, do resultado desejado ou suficiente para responder as questões levantadas na pesquisa. Segundo Limaverde et al. (2013), o método mais adequado está diretamente associado a diversos fatores, como faixa de tamanho em que se encontra a amostra, custo e tempo despendidos, qualidade desejada, massa disponível, possibilidade de recuperação de alíquotas com frações discretas, meio de suspensão, impacto da habilidade do operador nos resultados, diâmetro equivalente adequado e grau de automação. Cada técnica empregada na análise de tamanhos de partículas resulta em um tipo de diâmetro equivalente, assim, diferentes resultados de distribuição de tamanhos podem ser obtidos para uma mesma amostra. É muito importante ter ciência da escolha da técnica antes de iniciá-la, pois uma vez iniciado os procedimentos nem sempre é possível retroceder e optar por outra técnica. Por isto, não existe método melhor ou pior, uma vez que a adequação do método varia conforme os fatores já citados. Do mesmo modo, recomenda-se que comparações diretas entre as técnicas sejam evitadas, a não ser que este seja o propósito do trabalho ou parte integrante da resolução da problemática levantada.

Análise composicional

Assim como a textura, a composição do sedimento pode ser herdada da área de origem, não estando necessariamente relacionada ao processo. Sua composição final é função da disponibilidade e abundância dos minerais no ambiente (rocha matriz ou área fonte); da resistência mecânica do material à abrasão; da estabilidade química do mesmo; das condições ambientais da área fonte como clima, vegetação e fisiografia; e das características do meio de transporte. Estes fatores controlam a pré-seleção dos grãos e a taxa de sua chegada ao ambiente sedimentar. Por outro lado, as condições do ambiente deposicional controlam a capacidade de preservação de certos componentes, dentre eles o tipo de mineral e o conteúdo orgânico. Neste aspecto, a composição do sedimento pode ser analisada quanto à origem, à mineralogia e à concentração de carbono orgânico e inorgânico. O teor de carbono orgânico (matéria orgânica) é um parâmetro importante para a classificação faciológica, pois altos teores sugerem ambientes de baixa energia como os estuários e as lagunas (Lima et al., 2013). A concentração de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) no sedimento é outro bom indicador na distinção de ambientes de origem marinha ou continental, não significando que sua ausência no sedimento exclua a possibilidade de o depósito ser de origem marinha.

A quantificação do material orgânico pode ser feita, por exemplo, por queima em chapa aquecedora usando o reagente Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) ou queima por ignição (*loss on ignition* – LOI) em forno de mufla. O método LOI é amplamente utilizado para estimar o conteúdo orgânico e, também inorgânico dos sedimentos (Dean, 1974; Heiri et al., 2001; Konare et al., 2010; Wang et al., 2011). A determinação das porcentagens em peso é baseada no aquecimento sequencial da amostra em duas etapas: 1ª) queima da matéria orgânica em forno aquecido a 550°C por 1 a 4 horas (Heiri et al., 2001); e 2ª) combustão do carbonato, quando a amostra é devolvida à mufla aquecida a 950°C por mais 2 horas. A perda de peso entre 550-950°C é a quantidade de CO_2 liberado dos minerais carbonáticos (Dean, 1974) e isso pode ser usado para calcular a quantidade de $CaCO_3$, multiplicado o peso perdido pelo fator 2,274, que é a razão entre os pesos moleculares do $CaCO_3$ e do CO_2. Para a quantificação direta do teor de $CaCO_3$ aplica-se a técnica por dissolução com uso do ácido clorídrico (HCl) a 10% em chapa aquecedora; a diferença entre os pesos secos antes e após a queima é quantificado em percentagem de $CaCO_3$ na amostra.

A composição mineralógica por meio da lupa binocular consiste em um diagnóstico visual das frações arenosas. Geralmente aplica-se a contagem aleatória de 100 grãos de cada fração que deverão ser separados por classes, por exemplo, material litoclástico e bioclástico e suas subclasses. Devido ao tempo demasiadamente longo para tal tarefa, é comum escolher as frações 0,350; 0,250 e 0,125 mm, ou ainda, a fração modal dentre os sedimentos analisados. Porém, quando o foco do trabalho são os minerais pesados, as frações de areia fina são mais apropriadas. O contrário pode ser aplicado para a análise composicional de sedimentos carbonáticos, neste caso, as frações de areia fina e muito fina, compostas majoritariamente por fragmentos muito pequenos, são muito difíceis de serem trabalhadas.

Análise dos grãos de quartzo

O foco em termos de estudos paleoambientais com o uso de minerais permanece em grãos de quartzo, pois este é um mineral onipresente e abundante em quase todos os ambientes, dada a sua alta dureza e ultra estabilidade química. A análise morfoscópica dos grãos de quartzo com lupa binocular comumente aplica a mesma técnica de contagem dos grãos utilizada para a composição mineralógica. As frações de areia muito grossa, areia grossa e areia média conduzem, em geral, a bons resultados; a análise de frações finas de areia não compensa o esforço observacional, pois os percentuais de grãos não desgastados são normalmente bastante elevados (Dias, 2004). Segundo o autor, verifica-se efetivamente uma tendência para que as frações mais grossas da areia sejam constituídas por partículas mais roladas que as partículas de areia mais finas.

As características de forma e superfície dos grãos de quartzo fornecem informações importantes sobre os processos responsáveis pela deposição do sedimento (Krinsley e Doornkamp, 1973; Madhavaraju e Ramasamy, 1999; Mahaney, 2002; Armstrong et al., 2005; Madhavaraju et al., 2004, 2006, 2009; Kalinska e Nartiss, 2014). A correlação entre o grau de arredondamento e o aspecto óptico dos grãos de quartzo é uma metodologia bastante adotada para indicar de maturidade textural do grão, diferenciadores de subambientes e fontes prováveis dos grãos (Cailleux, 1942; Mycielska-Dowgiallo e Woronko, 2004; Dias, 2004; Kalinska e Nartiss, 2014; Machado et al., 2016).

O conceito de maturidade pressupõe um sedimento clástico e em geral se distinguem em maturidade mineralógica ou química e em maturidade textural ou física. A primeira é avaliada pela razão quartzo/feldspato (>2= maturidade elevada, 0,5 a 2= maturidade média e <0,5= maturidade baixa), pelo fato de ambos minerais serem gerados predominantemente das rochas magmáticas

plutônicas e o quartzo é muito mais resistente que o feldspato (Mendes, 1984). De todo modo, a proporção de feldspato depende do clima, do relevo da área fonte e de sua concentração na rocha mãe (Bernandes, 2005). Ainda segundo este autor, a maturidade textural traduz o estágio de diferenciação em confronto com seu material de proveniência, no tocante ao teor de argila, grau de seleção e arredondamento. A maturidade textural máxima é encontrada nos sedimentos eólicos, seguido dos de praia e barras arenosas. Os sedimentos lagunares não ultrapassam o estágio de imaturidade, seguidos pelos fluviais e de geleiras.

Os grãos que são submetidos a um "curto/menos intenso" transporte são mais imaturos e, portanto, podem ser associados ao primeiro ciclo de transporte e/ou conexos à área fonte; já os grãos que são submetidos a um "longo/intenso" transporte são mais maduros e, portanto, podem estar associado a um segundo ciclo de transporte (Kalinska e Nartiss, 2014), Figura 8.1. Usando este método de abreviatura é possível fazer a diferenciação de grãos imaturos e maduros. Os grãos imaturos são compostos por um agrupamento de grãos sem abrasão ou não desgastados, ou seja, grãos angulosos, frequentemente com arestas cortantes, que não foram ainda sujeitos a transporte durante tempo suficiente para adquirirem marcas e rolamento significativos, denominados por Cailleux (1942) de grãos NU ("Non-Usés") e também por grãos angulosos a subangulosos, indicando pouca maturidade de transporte. Os grãos maduros são compostos por grãos subarredondados e arredondados, refletindo moderado a elevado grau de maturidade.

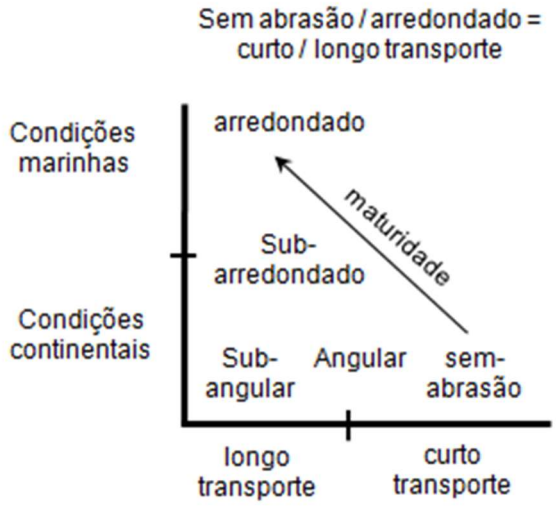


Figura 8.1. Diagrama esquemático da correlação entre o grau de arredondamento dos grãos de quartzo, distância a qual foram transportados (maturidade) e condições ambientais predominantes.

Fonte: adaptada de Kalinska e Nartiss, 2014.

Os grãos caracterizados quanto ao aspecto óptico podem ser distinguidos em: brilho natural, grão geralmente sem trabalhamento, com fratura da cristalização, se assemelhando a um vidro quebrado ou um diamante; fosco, grão sem brilho, esbranquiçado, "esfregado" por outros grãos; brilhante, grão geralmente trabalhado, lustroso; e sujo, grão com incrustações, por exemplo de ferro ou carbonato. Correlações podem ser estabelecidas entre o aspecto óptico e o grau de arredondamento ou ainda entre os teores de lama/areia no sedimento, a fim de identificar a maturidade e as condições de transporte e deposição do sedimento. Por exemplo: 1) grãos sujos x teores de lama/areia, na tentativa de identificar conexão entre a porosidade do sedimento e a impregnação de sujeira no grão e a energia do ambiente de sedimentação ou o tempo de quietude

do depósito; 2) grãos foscos x teores de lama, na tentativa de verificar se as condições energéticas do ambiente deposicional são favoráveis à ação química sobre os grãos, neste caso, altos percentuais de lama favorecem alterações químicas; e 3) grãos com brilho natural ou brilhantes x grau de arredondamento, a fim de corroborar grãos com menor ou maior efeito de transporte/abrasão à maturidade textural, respectivamente.

A herança de um processo que atuou sobre o depósito sedimentar pode ser registrada na superfície do grão de quartzo (Dias, 2004; Kalinska e Nartiss, 2014) e o microscópio eletrônico de varredura (MEV) é uma ferramenta bastante adequada para tal análise. Esta ferramenta é extraordinariamente flexível, capaz de operar em uma ampla gama de parâmetros ópticos, produzindo imagens com diferentes características, sendo as características topográficas uma das aplicações mais importantes desta ferramenta (Goldstein et al., 2018).

Detalhes da metodologia para o uso do MEV e exemplos de microtexturas na superfície dos grãos podem ser encontradas em Mahaney (2002) e Vos et al. (2013). Segundo os autores, a preparação das amostras e a escolha dos grãos devem ser previamente estudadas por lupa binocular ou mesmo por MEV. Além disto, uma revisão de literatura permite usar o MEV apenas esporadicamente para comprovação das observações em microscópio de luz (Mycielska-Dowgiallo e Woronko, 2004). É recomendado selecionar grãos com diâmetros similares. Grãos entre 100µm e 2 mm são os melhores candidatos para evolução de microtexturas (Vos et al., 2013), porém quando o tempo é limitado, a análise da fração mais representativa em toda amostragem é uma boa alternativa.

As microtexturas podem ser causadas por ação mecânica, química e/ou combinação de ambas que, conjuntamente, refletirão na topografia de cada grão (relevo alto, médio ou baixo). Desta forma, microtexturas fornecem uma visão sobre a história sedimentar dos sedimentos clásticos; não apenas informações sobre o ambiente de deposição, mas em alguns casos, ciclos sedimentares sucessivos podem ser reconhecidos (Vos et al., 2013). No entanto, ressaltam os autores, isto pode levar a reconstruções complexas da história sedimentar de grãos de depósitos multiciclo, uma característica comum dos sedimentos clásticos.

Grãos fluviais, por exemplo, tendem a ser subangulosos a subarredondados com formas e características heterogêneas (Nanson et al., 1995; Mahaney, 2002; Kleesment 2009; Vos et al., 2014), enquanto os grãos de praia são predominantemente arredondados para subarredondados, polidos e brilhantes (Chapman et al., 1982, Mycielska-Dowgiallo e Woronko, 2004; Madhavaraju et al., 2009). Grãos que passaram por processos diagenéticos são geralmente mais quimicamente alterados do que grãos de ambientes que não foram submetidos à diagênese (Doornkamp e Krinsley, 1971; Asumadu et al., 1987). O diagnóstico para a microtextura de ambientes subaquáticos são rachaduras de percussão na forma de “v”; grãos eólicos de quartzo são marcados principalmente pela fadiga, abrasão, bordas protuberantes, placas viradas e marcas de percussão em crescente; grãos glaciais caracterizam-se por linhas angulares, grande variedade de fraturas conchoidais, sulcos e estrias profundas entrincheiradas; crescimento cristalino é indicador típico de soterramento, grãos que passaram por processo de diagênse (Vos et al., 2013).

Aplicação nos Estudos Paleoambientais: Caso de Vitória

Um ambiente de sedimentação é a parte da superfície terrestre que é fisicamente, quimicamente e biologicamente distinta das adjacentes (Selley, 2000). Neste contexto, pode-se definir paleoambiente como um depósito não condizente com os processos atuais, ou seja, só poderiam

ter existido em condições hidrodinâmicas, climáticas, de aporte sedimentar e/ou de nível relativo do mar existente no passado.

Numa análise paleoambiental é necessária identificação de elementos ou propriedades de resposta que tenham significado ambiental. Essas propriedades incluem estruturas e texturas dos sedimentos, associações de fácies sedimentares e fósseis (Boggs, 2006). Contudo, a identificação dos ambientes de sedimentação costeiros antigos é extremamente complexa, pois é difícil determinar a profundidade da água em que antigos depósitos originaram, sendo assim, mais importante entender os processos ocorridos do que o paleoambiente propriamente dito.

O caso a ser exemplificado a seguir mostra uma combinação de técnicas sedimentológicas aplicadas para a compreensão da evolução dos depósitos costeiros da região de Vitória (ES), por meio de associação de fácies sedimentares de amostras coletadas em subsuperfície localizados na parte emersa. É objetivo aqui avaliar os processos envolvidos no preenchimento do embaiamento de Vitória e inferir sobre os paleoambientes existentes. No entanto, os aspectos geológico-geomorfológicos da região são bastante expressivos e por isso passam a ter relevância numa análise preliminar da evolução paleoambiental.

Contextualização da área

A costa sudeste do Brasil é caracterizada por trechos com enseadas rochosas, formando um litoral muito recuado (Klein e Short 2016), onde estão presentes pequenas planícies costeiras quaternárias e pequenos rios (Suguio e Martin, 1978; Suguio et al., 1980; Mahiques e Souza, 1999). Os depósitos costeiros quaternários no Espírito Santo são delimitados em sua margem terrestre pelas rochas cristalinas pré-cambrianas (granito/gnaisse) do complexo Paraíba do Sul e pelo platô neogênico do Grupo Barreiras (Martin et al., 1996) (Figura 8.2B). Na região de Vitória, as planícies costeiras são descontínuas (estreitas ou inexistentes) e sua evolução geológica está associada a flutuações no nível do mar e à disponibilidade de sedimentos fluviais (Albino et al., 2006; 2016). Terraços de areia, alagados (*wetlands*), depósitos arenosos de cristas de praia e estuários são evidências geomorfológicas de transgressão marinha nesta região, compreendidos numa bacia de sedimentação, denominada aqui de embaiamento de Vitória (Figura 8.2A).

Neste embaiamento estão inseridos dois outros embaiamentos menores, com morfologia e hidrodinâmica contrastantes: a baía de Vitória (BV) e a baía do Espírito Santo (BES), (Figura 8.2A). A BV é um sistema estuarino protegido pela morfologia e dominado por marés (Veronez Jr. et al., 2009a, 2009b; Bastos et al., 2010), do tipo vale afogado (*drowned incised river valley estuary)*, que circunda a Ilha de Vitória com dois canais que se conectam com o mar. A cobertura de sedimentos é principalmente de lama, com areia próxima à foz do rio Santa Maria da Vitória (formando um delta da cabeça da baía) e próxima à foz do estuário (Veronez Jr. et al., 2009b). A BES é uma enseada aberta em direção à plataforma adjacente e semiexposta à influência das ondas. A distribuição de sedimentos é dominada por areias finas a grossas, e a presença de formas de fundo evidenciam situações de tempestades na baía (Bastos et al., 2015). Segundo Veronez Jr et al. (2009a, b) e Bastos et al. (2010), o desenvolvimento limitado das planícies costeiras e a presença de sedimentos relíticos nas duas baías sugerem um ambiente de baixa sedimentação.

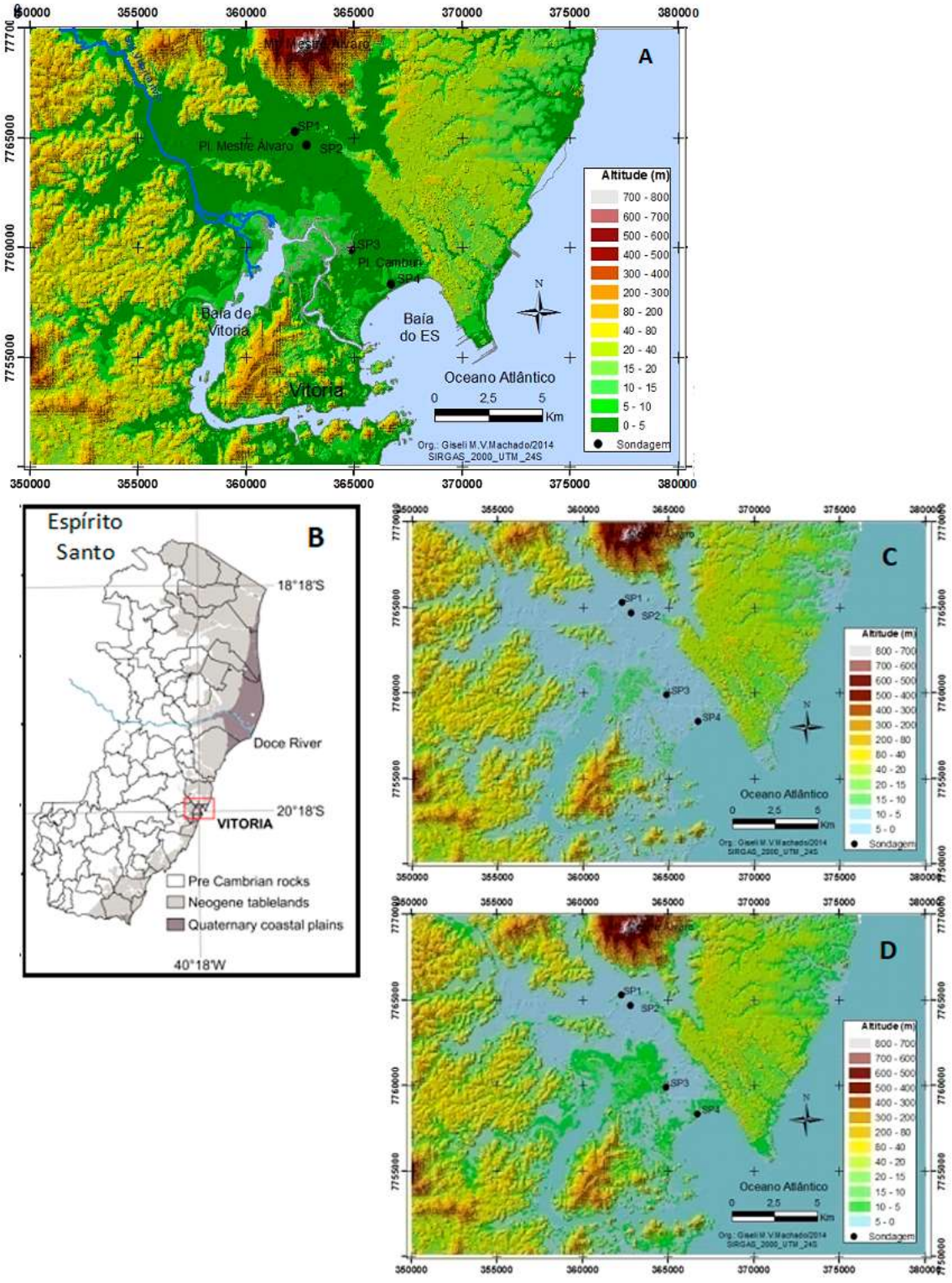


Figura 8.2. (A, B). Mapas de elevação digital do terreno e de localização da região de Vitória, sendo possível notar o embaiamento estrutural onde se acomoda a planície. Localização dos pontos de sondagens (Machado et al., 2016), do Rio Santa Maria da Vitória desaguando nos fundos da baía de Vitória, onde se encontra o manguezal. (C): Simulação do nível do mar 10 m acima do atual, ilustrando o cenário da última transgressão Pleistocênica. (D): Simulação do nível do mar 5 m acima do atual, ilustrando o cenário da transgressão Holocênica.

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados de elevação da CPRM.

A planície do Mestre Álvaro corresponde à parte mais interna do embaiamento (Figura 8.2A). Machado et al. (2016) descrevem essa planície como caracterizada por depósitos de areias brancas que se estendem descontinuamente até a base de unidades pré-quaternárias, truncadas por paleocanais fluviais. Esses depósitos arenosos alcançam menos de 3 m de altitude e são distribuídos entre os depósitos de turfa em áreas levemente deprimidas e inundadas durante eventos de chuva. A planície de Camburi é uma barreira arenosa do Holoceno, controlada por promontórios e ilhas com discretas cristas de praia de altitude máxima de 5 a 6 m, que mergulham em direção ao continente, onde zonas úmidas (inferiores 2 a 3 m de altitude) declinam para a retaguarda até atingir os manguezais nos fundos da BV.

Alguns estudos foram realizados no estuário de Vitória baseados em testemunhos rasos para entender a evolução costeira durante o Holoceno (Bastos et al., 2010; Machado et al., 2018; Freitas et al., 2018). Bastos et al. (2010) utilizaram idades de radiocarbono e análises de foraminíferos combinadas com perfis acústicos de subsuperfície para entender os processos de enchimento do estuário. Os autores concluíram que a BV era uma baía aberta até cerca de 4.000 anos atrás. A mudança de assembleias foraminíferas marinhas para salobra e de mangue também é definida por uma superfície estratigráfica sísmica nos dados acústicos. Nos últimos 4.000 anos, a baía passou por uma grande fase de regressão, tornando-se mais restrita em termos de circulação da água do mar, como mostram as assembleias foraminíferas. Além disso, o trabalho de Veronez et al. (2009b) aponta para a ocorrência de um depósito delta na baía de Vitória, indicando a fase regressiva.

Machado et al. (2018) combinaram análises sedimentológicas, geoquímicas (razão C/N) e paleontológicas (conchas e palinomorfos) com idades de radiocarbono para investigar a fase marinha durante o Holoceno médio a final, usando três *vibracores* coletados nos manguezais da BV. Os resultados indicam que a BV é influenciada pelas condições marinhas desde 8.000 cal BP, sendo uma baía aberta até cerca de 5.567 cal BP, quando a transgressão máxima foi atingida. Isso também é corroborado por Freitas et al. (2018).

O trabalho de Machado et al. (2016) vai além do sistema estuarino e se estende para as planícies adjacentes. Nelas cinco fácies paleoambientais (produto do Grupo Barreiras com influência marinha e fluvial, baía, estuário e praia) foram identificadas com base em amostras obtidas de 4 furos de sondagem (tipo SPT) de 20 m de profundidade cada (Figura 2A). Relevância maior é dada a esta publicação quanto à identificação dos processos e da energia envolvida no transporte e na deposição dos sedimentos com uso apenas de técnicas sedimentológicas. Neste trabalho, o conjunto de dados sedimentológicos foi essencial para estimar a extensão e a força da intrusão da água do mar no preenchimento do embaiamento de Vitória. Os resultados mostraram, principalmente pela análise de grãos de quartzo, indicadores refinados de proximidade com a área fonte, suprimento, energia, tipo de transporte, processos envolvidos (mecânicos e/ou químicos) e alterações que ocorrem na superfície do quartzo ao longo do transporte e deposição.

Um desdobramento da publicação de Machado et al. (2016) foi a primeira proposta evolutiva para o preenchimento sedimentar do embaiamento de Vitória, baseada na análise de conchas de moluscos marinhos, incluindo descrição de habitat e em uma sequência cronológica baseada em datação por radiocarbono e LOE (Machado et al., 2020). Este trabalho resultou na identificação de fases deposicionais evolutivas associadas aos estágios isotópicos marinhos (MIS). Infere-se que uma ampla baía estuarina com conexão livre com o mar tenha se formado durante o último máximo interglacial (MIS 5e) e um ambiente de baixa energia inibiu a formação de barreiras arenosas do Pleistoceno na parte interna da planície. Os resultados desta pesquisa evidenciam uma transgressão do MIS 3 na área de estudo (datado em torno de ^{14}C 50-38 ka BP), sugerindo um nível do mar mais alto do que geralmente é mostrado nas curvas estabelecidas. As idades ^{14}C do

Pleistoceno coincidem com a idade da areia fluvial OSL (36 OSL ka) na parte superior da planície, representando a regressão subsequente (MIS 2), onde não há influência marinha. De acordo com o modelo proposto, durante a transgressão do Holoceno (MIS 1), uma baía estuarina conectada ao mar foi novamente formada. Cerca de 7.800 cal BP uma barreira arenosa transgressiva foi formada na entrada do embaiamento, e subsequentemente foi afogada (7.500 cal BP) devido ao aumento do nível do mar. Durante a regressão do Holoceno, áreas internas foram preenchidas e transformadas em alagados, e em direção ao mar uma barreira arenosa regressiva datada entre 3.200 e 3.000 cal BP foi desenvolvida.

Controle geomorfológico na evolução paleoambiental

As inconformidades na região de Vitória, pré-cambriana ou neogênica, podem ser atribuídas à neotectônica com fraturas ou falhas que controlam a direção do fluxo de água e as características topográficas (Bricalli e Mello, 2013). Estas litologias pré-quaternárias foram moldadas pelo mar em várias elevações durante o Quaternário, e podem representar fontes importantes de sedimentos, especialmente quando os rios da região são pequenos. De maneira simplória, o contorno do litoral é traçado pela sua capacidade de ajuste morfológico e pela intrusão da água do mar até onde o substrato geológico e as cotas altimétricas permitem.

O mapa de elevação do terreno (Figura 8.2A) deixa claro o domínio geológico e geomorfológico sob os depósitos quaternários. Cenários com o nível do mar mais alto que o atual, permitem visualizar o afogamento do embaiamento de Vitória e a intrusão das águas marinhas limitada pelo relevo. É válido lembrar que a topografia utilizada para a simulação é atual e que certamente não era a mesma em outras situações de nível do mar.

O cenário com nível do mar dez metros acima do atual ilustra as águas marinhas no sopé dos depósitos pré-quaternários íngremes, excluindo praticamente a possibilidade de existência de planícies (Figura 8.2B). Os contornos geomorfológicos neste cenário conduzem à interpretação de uma baía ampla, bastante abrigada e com conexão livre com o mar. Esta paisagem parece ilustrar o máximo da última transgressão pleistocênica ocorrida cerca de 120 mil anos A.P., quando, segundo Suguio et al. (1985) e Martin et al. *(*1996, 1997), o nível do mar atingiu 8 ± 2 m acima do atual. O limitado aporte sedimentar da região de Vitória, e o restrito alcance das ondas dentro do embaiamento, parecem ter inibido a deposição de terraços ou cristas arenosas pleistocênicas, tampouco a formação de paleo falésias internas (Machado et al., 2020).

Na simulação de nível do mar cinco metros acima do atual, praticamente toda a planície é afogada novamente (Figura 8.2C). Neste momento, a BV parece ter exibido um canal principal mais largo que o atual e com várias saídas de comunicação para o mar. Apesar do pouco refinamento topográfico, este cenário sugere um ambiente de baixa energia, semelhante a uma baía ou laguna aberta, porém um pouco mais restrita que o cenário anterior - e, portanto, mais favorável à instalação de um manguezal -, mas ainda um ambiente com maior domínio marinho e praticamente sem influência fluvial. Esta paisagem corrobora a interpretação colocada por Machado et al. (2020) e ilustra o período do máximo transgressivo holocênico que teria ocorrido no litoral norte do estado por volta de 5.600 a 5.700 anos cal. A.P., segundo Dominguez et al. (1981), Suguio e Martin (1981), Suguio et al. (1985), Martin et al. (1997), quando o nível do mar teria atingido em Guarapari (ES) cotas máximas em torno de 4 m (Ribeiro et al., 2011; Ribeiro, 2011).

O sedimento

Os dados sedimentológicos de cinco paleoambientes identificados por Machado et al. (2016) estão na Tabela 8.2, seguida das interpretações paleoambientais e alguns exemplos de tipos de grãos observados na lupa binocular e no MEV (Figura 8.3).

Tabela 8.2. Dados sedimentológicos e paleoambientais interpretados por Machado et al. (2016) para a região de Vitória, ES.

Ambiente deposicional	Descrição sedimentológica	Descrição morfoscópica dos grãos de quartzo
Produto do retrabalhamento (por processos fluviais e marinhos) do Grupo Barreiras	Areia lamosa/lama arenosa (34 a 94% de lama): silte fino a areia fina de cor cinza claro a esverdeado; bimodal; mal selecionada; simétrica ou assimetria muito positiva; curtose muito platicúrtica a mesocúrtica. Composição: mat.orgânica (6 a 21%); $CaCO_3$ (3 a 10%); quartzo (52-100%); feldspato (<8%); minerais pesados (<5%); outros litoclastos (<3%), nódulos carbonáticos (21-485), quartzos incrustados por carbonato (17-24%).	Grãos imaturos (97%), pred. subangulosos/angulosos, sem abrasão (27%), com brilho natural (40%), foscos (49%). Microtexturas pred. por ação mecânica: alto relevo (74%), superfícies frescas (44%), arestas afiadas e ângulos retos (37%), marcas na forma de "v" (25%), rachaduras (61%), ranhuras/degraus retos (29%), fraturas conchoidais (11%). Grãos com superfície limpa e pouco ou nenhuma alteração química.
Fluvial	Areia cascalhosa marrom: areia grossa a média; mal a moder. bem selecionada; assimetria positiva; curtose pred. leptocúrtica. Composição: mat.orgânica e $CaCO_3$ (< 2%); quartzo (97%); minerais pesados (2%); feldspato (1%).	Grãos pred. imaturos (69%): subangulosos a subarredondados; sujos (51%); foscos (24%); brilho natural (17%), brilhantes (8%). Microtexturas pred. por ação mecânica como sinais de impacto, arestas afiadas e algumas superf. frescas: grãos com alto relevo (73%), rachaduras (84%), marcas na forma de “v” (57%), ranhuras retas/sinuosas (33%); fraturas conchoidais (8%). Grãos com superfície modificada pela ação química: superfície dissolvida (59%); pré-intemperizada (37%); poços de dissolução (44%). Os grãos próximos à costa são mais gastos e afetados pela ação química.
Baía	Lama de cor cinza a cinza escuro (76-95% de lama): pred. silte fino; muito mal selecionado; simétrica a negativamente assimétrica; curtose meso a platicúrtica. Composição: mat. orgânica (5-15%); $CaCO_3$ (15-66%, média 40%); quartzo (30%); bioclastos (68%) representado por moluscos e foraminíferos.	Grãos pred. maduros (63%) e quimicamente foscos (97%) independente da maturidade. Microtexturas: grãos com alto (50%) e médio relevo (43%); muito intemperizados (42%), superfície dissolvida (68%), gravuras de dissolução (35%), poços de dissolução (61%), pré-intemperizados (30%), marcas na forma de "v" (32%); rachados (62%). As arestas dos grãos são mais gastas pelo desgaste químico, os grãos próx. à costa são mais arredondados e de aspecto envelhecido.
Estuarino	Lama arenosa/areia lamosa marrom escuro a preto (55 a 94% de lama): silte fino e grosso a areia fina; muito mal selecionada; assimetria variável; curtose platicúrtica a mesocúrtica. Composição: mat.orgânica (6 a 39%); $CaCO_3$ (1 a 32%); quartzo (93%), nódulos carbonáticos (6%), fragmento de bioclastos (1%)	Grãos maduros (50%) e imaturos (50%); quimicamente foscos (88%); brilhantes (12%). Microtexturas: grãos com médio (48%) a alto (37%) relevo com bordas e superfícies desgastadas, marcas de “v” (31%), rachados (68%) poços de dissolução (42%) e poços de dissolução alinhados (10%)superfície dissolvida (56%), gravuras de dissolução (59%); grãos quimicamente afetados e grãos trabalhados mecanicamente.
Praia	Areia cascalhosa amarelada: areia muito grossa a grossa; mal a moderadamente selecionada; uni modal; pred.simétrica a assimetria negativa; curtose variável, porém pred.meso a platicúrtica. Composição: sem mat. orgânica; CaCO3 (<12%); quartzo (95%); bioclastos (5%) composto por moluscos, foraminíferos, equinodermas e algas	Grãos predominantemente maduros (62%); sujos (57%); brilhantes (40%); foscos (1%). Microtexturas: grãos mais homogêneos com relevo médio (52%); arestas mais arredondadas; superfície limpa; polidos microtexturas químicas como gravuras e poços aparecem desgastadas pela ação mecânica; marcas na forma de “v" antigas (30%); marcas de dissolução (24%); levemente dissolvido (23%); alguns poços de dissolução (18%).

Fonte: Machado et al. (2016)

1) Interpretação para o depósito produto do retrabalhamento do Grupo Barreiras por processos continentais e marinhos: uma importante característica sedimentológica deste depósito é a bimodalidade. Isto reflete dois processos distintos. Um pode ser identificado pelo alto grau de imaturidade textural e pela menor maturidade mineralógica das frações de areia, corroborada pela relevante presença de grãos de quartzo com brilho natural, sem abrasão, superfície fresca e com pouco ou nenhuma microtextura por ação química. A seleção apesar de ruim é existente, o que pode sugerir a ocorrência de relativo transporte, mesmo que de forma caótica por rio e/ou movimento gravitacional, capaz de proporcionar também certo arredondamento dos grãos. Estas características são comumente encontradas nos depósitos areno-lamosos do Grupo Barreiras. O outro grupo de sedimento que compõe este depósito é representado pelos sedimentos mais finos juntamente com alguns fragmentos bioclásticos, nódulos de carbonato e grãos envolvidos por carbonato. Estas características sugerem baixa energia e influência marinha. Devido ao controle geomorfológico local, esta situação parece ter sido favorável a existência de um ambiente estuarino e ou lagunar no passado formado sedimentologicamente pelo retrabalhamento parcial dos grãos imaturos do Grupo Barreiras somados aos sedimentos trazidos pela intrusão marinha. As microtexturas demonstram grãos muito pouco alterados onde ainda preservam fortes marcas de ação mecânica.
2) Interpretação para o depósito arenoso fluvial: os sedimentos que caracterizam este depósito são predominantemente imaturos, porém com certo ganho de maturidade textural observado pela tendência de melhoramento do selecionamento e a presença de grãos subangulosos e subarredondados. A presença de minerais pesados e feldspato pode indicar também certa proximidade da área fonte. O diâmetro grosso do sedimento indica energia relativamente alta do ambiente, sugerindo a atuação de processos fluviais na deposição do mesmo, uma vez que a baixa hidrodinâmica ocasionada pelo embaiamento inibe a entrada de ondas e, consequentemente, o transporte de areias grossas marinhas para o interior da planície. O aspecto sujo dos grãos sugere tempo de quietude do depósito suficiente para a impregnação do ferro por meio da percolação. As microtexturas revelam ação mecânica forte ocorrida em algum momento do transporte dos grãos, que ainda preservam marcas de impacto, não condizente com a dinâmica atual, e ao mesmo tempo alterações químicas apagando algumas marcas antigas e desgastando as arestas dos grãos.
3) Interpretação para o depósito de baía: o sedimento lamoso e com seleção muito ruim ilustram ainda a pouca maturidade textural deste depósito, mesmo com o aumento de grãos de quartzo maduros à medida que se aproxima do mar. O quartzo é pouco presente dada a enorme concentração de bioclastos, garantindo assim a forte influência de água marinha no depósito. Novamente o controle estrutural parece explicar a baixa energia do ambiente corroborada pela curtose meso a platicúrtica, pelo elevado teor de matéria orgânica e, também, pelo predomínio de grãos de quartzo quimicamente foscos, ou seja, abundância de microtexturas químicas claramente associadas a alterações pós-deposicionais.
4) Interpretação para o depósito estuarino moderno: o atributo de ambiente de transição entre o continente e o mar está refletido também nas características dos sedimentos interpretados como ambiente estuarino. A presença de sedimentos arenosos e lamosos com uma mistura equilibrada de grãos de quartzo maduros e imaturos caracterizam os grãos quimicamente foscos com microtexturas resultantes de reações ocorridas em ambientes de água salgada, como por exemplo, poços de dissolução alinhados, mas que ainda preservam o médio a alto relevo resultante de ações mecânicas passadas. Os grãos

de quartzo apresentam arestas e superfícies bem mais desgastadas pela abrasão mecânica e química, ao mesmo tempo em que grãos brilhantes e o conteúdo de material carbonático passam a ter maior representatividade indicando a participação de processos costeiros. Por outro lado, o significativo teor de matéria orgânica garante também a baixa energia do ambiente.

5) Interpretação para o depósito de praia: este depósito é caracterizado por areias textualmente mais maduras compostas predominantemente por grãos sujos subarredondados, seguidos de grãos de quartzo brilhantes, com aspecto morfológico mais homogêneo e de relevo mais baixo. Estes atributos em conjunto conduzem para um ambiente de alta energia capaz de desgastar mecanicamente e polir os grãos pela ação contínua das ondas e correntes. No entanto, a seleção, mesmo que um pouco melhor, ainda não caracterizaria um ambiente de praia propriamente dito. Neste caso, o fator geológico deve ser levado em consideração, uma vez que as areias grossas e ainda o grau de arredondamento parecem refletir a proximidade da área fonte (rochas cristalinas e Grupo Barreiras). A presença de bioclastos e o posicionamento espacial deste depósito (próximo à praia atual) garantem a atuação de processos costeiros na deposição e, também, na tendência de desaparecimento das microtexturas mais antigas ainda presentes na superfície dos grãos de quartzo.

Machado et al. (2016) concluíram que a influência marinha nos depósitos sedimentares foi determinada pela presença de fragmentos bioclásticos, nódulos de carbonato e grãos envolvidos por carbonato, com grãos de quartzo predominantemente subangulosos a subarredondados, brilhante, fosco e/ou sujos.

As microtexturas que predominaram nos depósitos lamosos resultaram de alterações químicas, como superfícies dissolvidas, poços de solução e superfície intemperizada. Nos depósitos arenosos praiais as microtexturas foram predominantemente associadas ao desgaste mecânico, resultando em grãos mais homogêneos, polidos, com bordas mais arredondadas e com menor variedade de microtexturas. Por outro lado, ficou claro para os autores acima, que os depósitos arenosos continentais foram identificados pela presença de outros minerais terrestres, como o feldspato, ausência de carbonato de cálcio na composição de sedimentos, presença de grãos de quartzo imaturos, com grãos sem abrasão, de brilho natural e, também foscos e/ou sujos. As microtexturas associadas à ação mecânica foram mais fortes e mais presentes, como grãos rachados, bordas afiadas, superfícies frescas, rachaduras em forma de V, arranhões e fraturas conchoidais.

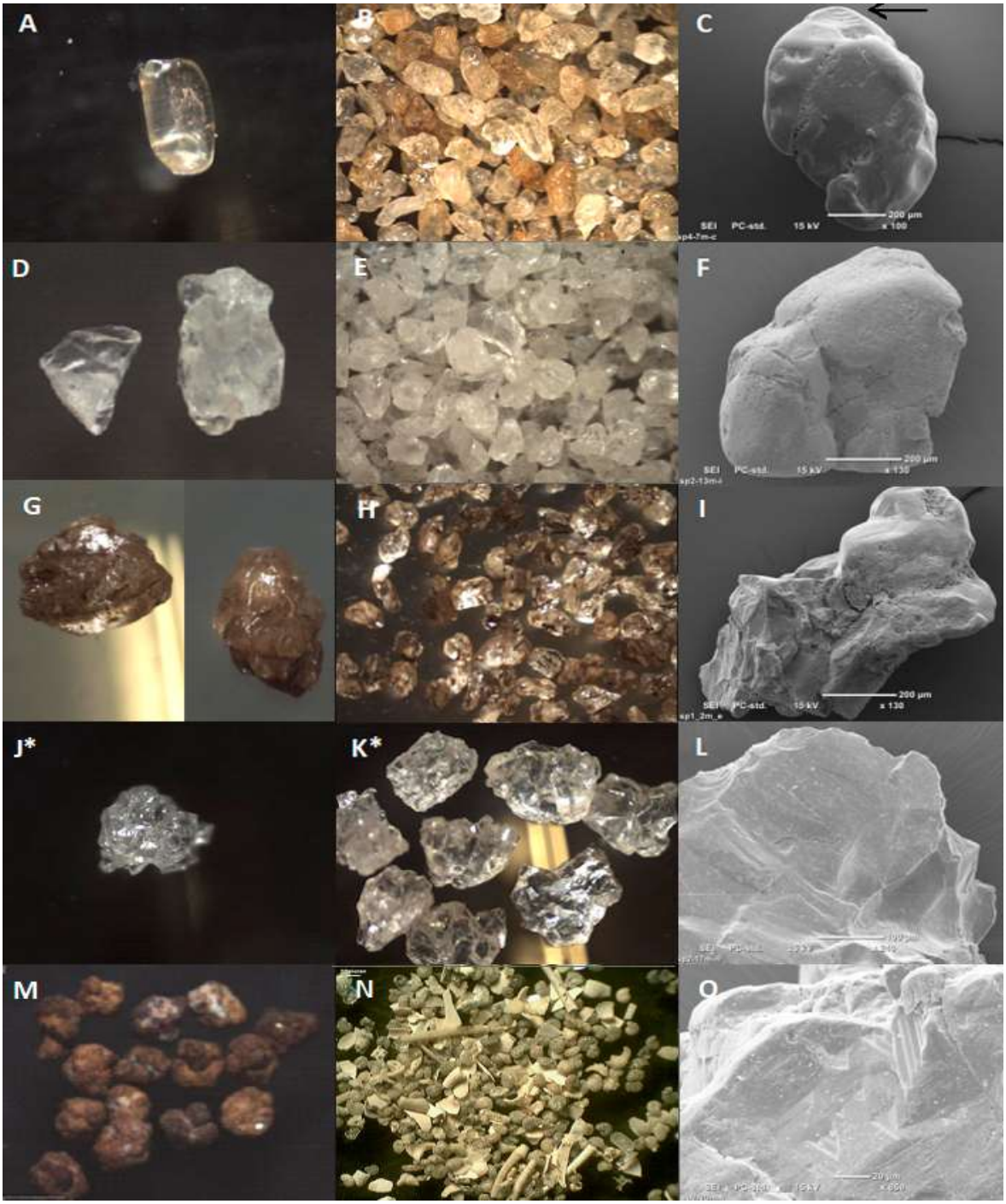


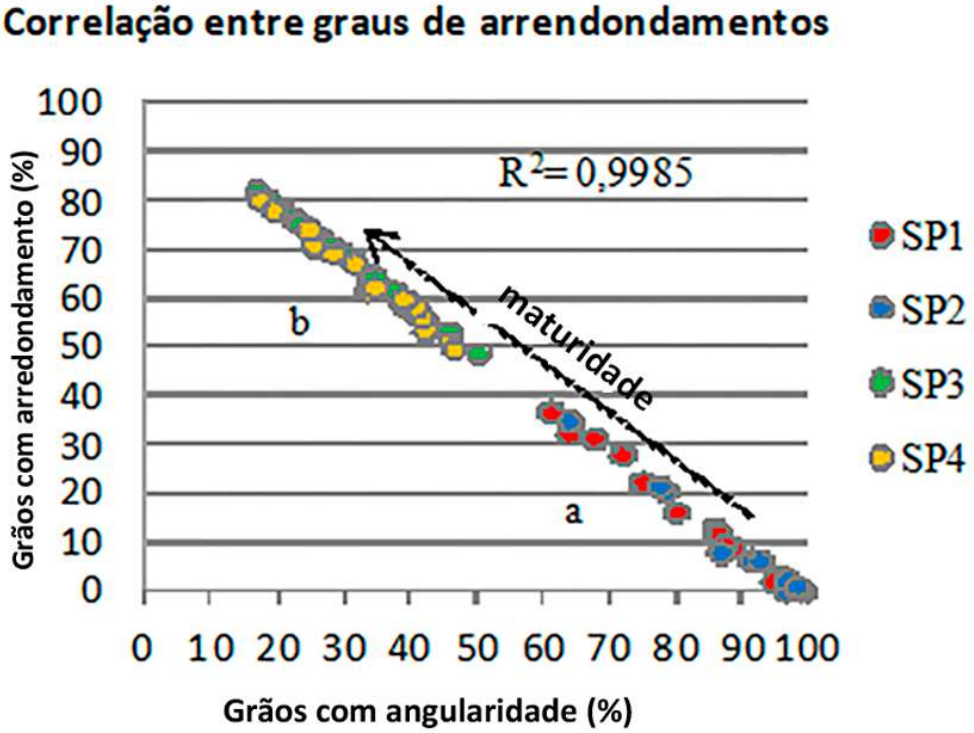
Figura 8.3. Exemplos de tipos de grãos obtidos na lupa binocular e no MEV (diâmetro dos grãos: 0,5 mm). Grãos de quartzo brilhantes arredondado (A) e subarredondados (B); grão de médio relevo, subarredondado, arestas gastas, rachado, intemperizado nas depressões da superfície do grão, feição conchoidal grande sinalizando forte impacto (seta) (C); grãos quimicamente foscos subangulosos a subarredondados (D,E); grão de médio a alto relevo, de aspecto antigo pelo grau de arredondamento e de intemperismo muito forte, grão quimicamente fosco em lupa binocular (F); grãos sujos subarredondados a subangulosos (G, H); grão anguloso com topografia muito acentuada, irregular, muito rachado, com arestas afiadas e outras desgastadas e bastante atacadas pela ação química, com superfícies dissolvidas e intemperizadas (I); grãos com brilho natural angulosos a subangulosos (J*, K*); detalhe de uma grão anguloso de alto relevo, com bordas afiadas sem polimento, sinais fortes de impacto mecânico, ranhuras, sulcos retos e curvos, pouco afetado pela ação química (L); nódulos carbonáticos (M); sedimento com predomínio de bioclastos (N); detalhe de um grão subanguloso, pré-intemperizado, com fortes sinais de impacto como, marcas na forma de "v" bastante expressivas, degraus retos, indicando ambiente relativamente energético (O).

Fotos: arquivo pessoal. Fotos: Machado et al. (2016).

Os sedimentos analisados no embaiamento de Vitória são muito mal selecionados, com elevados teores de lama e predominantemente subangulosos, portanto, são texturalmente imaturos. Numa análise apenas do grau de arredondamento, o grupo dos grãos imaturos (56%) predomina em relação aos grãos maduros (44%). A Figura 8.4 permite visualizar a distribuição da maturidade textural de acordo com a localização dentro do embaiamento. Nota-se uma correlação muito boa entre os indicadores (R^2= 0.9985) com uma linha de tendência bem definida, separando nitidamente as amostras mais distantes do mar (SP1 e SP2) com menor grau de maturidade (grupo a) e as amostras mais próximas do mar (SP3 e SP4) com maior grau de maturidade (grupo b). Correlações como estas permitem caracterizar grãos de quartzo com menor efeito de transporte e/ou transporte menos intenso, sugerindo maior proximidade da área fonte. Em contrapartida, grãos com grau de maturidade mais alto indicam que foram submetidos a um longo ou mais intenso transporte.

Numa análise individual dos grãos com base na posição estratigráfica que eles ocupam na sondagem, independentemente da localização do furo, demonstra as maiores concentrações de grãos sem abrasão estão na base (16 a 20 m de profundidade) dos furos mais internos (SP1 e SP2), reduzindo seu percentual em direção ao topo. Isto indica que estas amostras situadas na base correspondem aos grãos introduzidos recentemente no ciclo sedimentar, pois foram menos trabalhados/mobilizados durante as oscilações marinhas, ficando confinados ao interior do embaiamento, muito provavelmente em função da baixa hidrodinâmica.

Apesar do baixo aporte sedimentar, a participação continental parece ter sido significativa no fornecimento de sedimentos arenosos para a construção interna da planície, dado também o limitado alcance das areias marinhas para o interior, onde as lamas transgressivas marinhas tiveram suma importância para o preenchimento do embaiamento. De qualquer maneira, o baixo aporte sedimentar favorece a preservação de um sistema estuarino ainda pouco maduro em termos de preenchimento sedimentar, provavelmente atribuído ao forte controle morfoestrutural e, também, à neotectônica local, infelizmente ainda muito pouco estudados na região (Bricalli, 2011; Bricalli e Mello, 2013). Conclui-se, então, que o embaiamento foi preenchido predominantemente por sedimentos fluviais e/ou gravidade transportados por curtas distâncias, pouco mobilizados durante flutuações marinhas e afetados quimicamente após deposição devido à água do mar e a baixa energia.



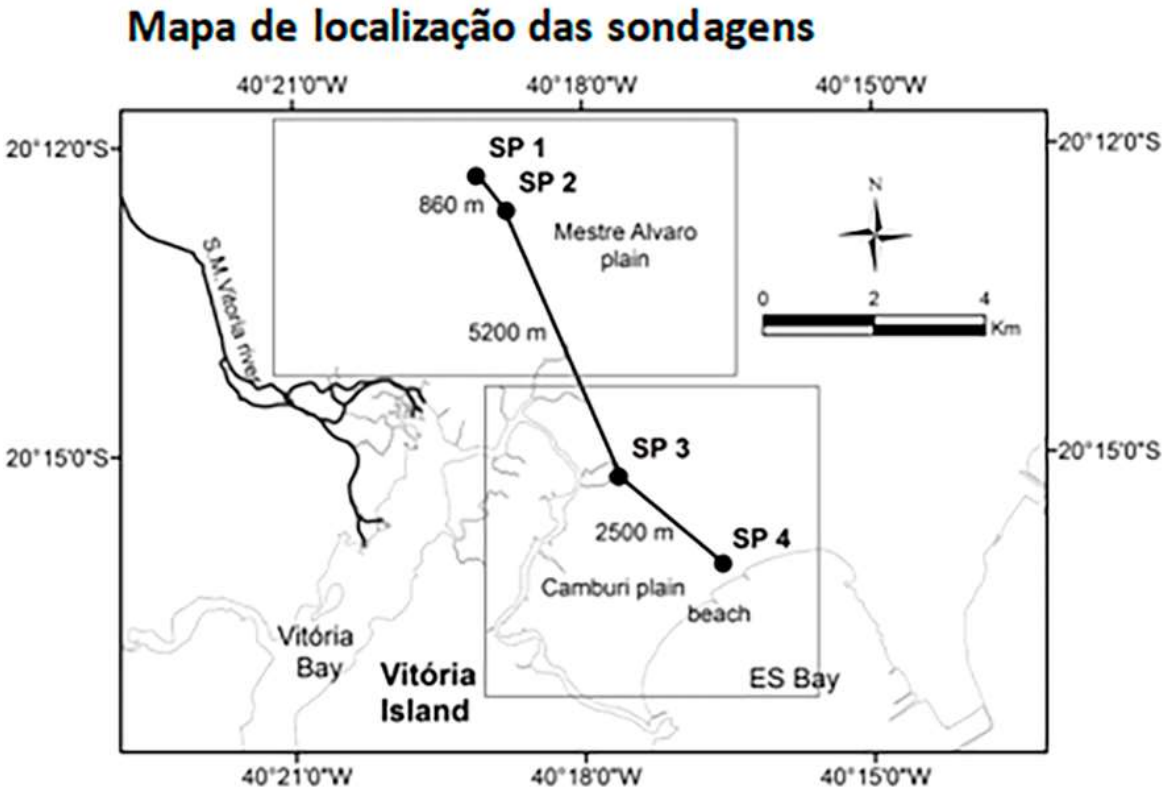


Figura 8.4. Correlação dos grãos arredondados (subarredondados + arredondados) e angulosos (angulosos + subangulosos) analisados das amostras de sedimentos coletadas por sondagem tipo SPT realizadas sobre a planície da região de Vitória, mostrando uma tendência de ganho de maturidade em direção à praia (da sondagem SP1 para SP4).

Fonte: a autora.

Considerações finais

Os modelos evolutivos para os depósitos costeiros nem sempre são aplicáveis a ambientes aparentemente semelhantes, pois podem variar em função de fatores como a herança fisiográfica e geológica, e outros fatores como clima de ondas e aporte sedimentar (Menier et al., 2010). Em função disso, reconhece-se aqui a complexidade dos registros sedimentares e da compreensão evolutiva dos depósitos quaternários frente às oscilações marinhas num contexto de costa rochosa com baixo aporte sedimentar.

Os dados sedimentológicos disponíveis e a configuração geomorfológica da região de Vitória tem mostrado, até o momento, que o embaiamento parece ter evoluído de um ambiente de baía em situação de nível de mar mais alto para uma planície atual caracterizada por depósitos arenosos fluviais interrompidos por terras alagáveis, um estuário ainda jovem, e depósitos arenosos marinhos estreitos junto à praia.

Apesar das limitações e dificuldades de interpretação dos dados granulométricos estatísticos, a aplicação conjunta de outras técnicas sedimentológicas pode ser um recurso simples e acessível para auxiliar na interpretação paleoambiental, uma vez que fornecem subsídios para reconhecer o alcance das fontes continentais e costeiras na composição sedimentar, e apontam indicadores de maturidade textural, intensidade, e tipo de transporte. Os resultados obtidos do MEV em grãos de quartzo são um refinamento para os dados morfoscópicos, porém não os substituem. Crédito maior merece ser dado à aplicabilidade e às possibilidades de ampliação de uma pesquisa quando iniciada com análise morfoscópica com lupa binocular, principalmente para os alunos de graduação.

De qualquer maneira, este capítulo é um incentivo aos geógrafos da área física e sedimentólogos para aplicarem e aprimorarem as técnicas sedimentológicas. Estímulo de estudo deve ser dado também, em especial, para os litorais ainda pouco estudados, como a costa centro sul do Espírito Santo.

Referências bibliográficas

ALBINO, J. Presença de um tômbolo submarino e sua influência na dinâmica sedimentar da Plataforma Continental Interna e na morfodinâmica praial, Macaé-RJ. In: **SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA**, 5, 1993, São Paulo. Anais... p.225-230.

ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, A.K. Atlas de erosão e progradação costeira do litoral do Espírito Santo. In: Muehe, D. (org.). **Atlas de erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: MMA, p.227-264. 2006.

ALBINO, J.; NETO, N.C.; OLIVIERA, T.C.A. The beaches of Espirito Santo. In: Short, A.D. e Klein, A.H.F. (org.). **Brazilian Beach Systems**. v.17. Florida: Springer, p.333-361. 2016.

ARMSTRONG-ALTRIN, J.S.; MADHAVARAJU, J.; RAMASAMY, S.; GLADWIN GNANA ASIR, N. Provenance and depositional history of sandstones from the upper Miocene Kudankulam Formation, Tamil Nadu. **Journal Geol. Society**, India, v.66, p.59-65, 2005

ANGULO, R.J.; LESSA, G. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**, v.140, p.141–166, 1997

ANGULO, R.J.; PESSENDA, L.C.R.; SOUZA, M.C. O significado das datações ao ^{14}C na recosntrução de paleoníveis marinhos e na evolução das barreiras Quaternarias do litoral Paranaense. Revista **Brasileira de Geociencias**, v.32, n.1, p. 95-106, 2002.

ANGULO, R.J.; LESSA, G.C.; SOUZA, M.C. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary Science Reviews**, v.25, p.486-506, 2006.

ASUMADU, K.; GILKES, R.J.; CHURCHWARD, H.M.; ARMITAGE, T.M. Detailed characterization of quartz grains in two sandy soils, Western Australia. **Geoderma**, v.41, p.29-47, 1987.

BASTOS, A.C.; VILELA, C.G.; QUARESMA, V.S.; ALMEIDA, F.K. Mid to Late-Holocene estuarine infilling processes studied by radiocarbon dates, high resolution seismic and biofacies at Vitoria Bay, ES, southeastern Brazil. **An. Acad. Bras. Ciências**, v.82, n.3, p.761-770, 2010.

BERNARDES, E. S. Diagênese da formação Corumbataí na mina Partezani*, Rio Claro-SP*. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2005. 128p. **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional.

BOGGS, Jr. S. **Principles of Sedimentology and Stratigraphy**, 4 ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2006. 662 p.

BRICALLI, L. Padrões de lineamentos e fraturamentos neotectônicos no estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. **Tese de Doutorado**, Programa de Pós-Graduação em Geologia.

BRICALLI, L.; MELLO, C.L. Lineament patterns related to lithostructural and neotectonic fracturing (state of Espírito Santo, southeastern Brazil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, p.301-311, 2013.

BULL, P.A.; GOLDBERGB, P. Scanning electron microscope analysis of sediments from Tabun Cave, Mount Carmel, Israel. **Journal Archaeol**. Sci., v.12, p.177-185, 1985.

CAILLEUX, A. Les actiones éoliennes périglaciaires en Europe. **Mém. Soc. Géol. Fr**., v.41, p.1-176, 1942.

CHAPPELL, J. Recognizing fossil strand lines from grain-size analysis. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.3, p.157-165, 1967.

CATUNEANU, O. **Principles of Sequence Stratigraphy**, 1 ed. Amsterdam: Elsevier, 2006, 375 p.

CHAPMAN, D.M.; GEARY, M.; ROY, P.S.; THOM, B.G. **Coastal Evolution and Coastal Erosion in New South Wales**. 1 ed. Sydney: David Ell Press, 1982.

DEAN, W. E. Jr. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.44, n.1, p.242-248, 1974.

DIAS, J.A. 2004. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos:** Uma introdução a Oceanografia Geológica: Uma introdução à Oceanografia Geológica. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236551412 Acesso em: 03 jun. 2020.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S.; MARTIN, L. Esquema evolutivo da sedimentação Quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, v.11, n.4, p.227-237, 1981.

DOORNKAMP, J.C.; KRISNLEY, D. Electron microscopy applied to quartz grains from a tropical environment. **Sedimentology**, v.17, p.89-101, 1971.

DRAGO, T.; FREITAS, C.; ROCHA, F.; MORENO, J.; CACHAO, M.; NAUGHTON, F.; FRADIQUE, C.; ARAUJO, F.; SILVEIRA, T.; OLIVEIRA, A.; CASCALHO, J.; FATELA, F. Paleoenvironmetal Evolution of estuarine systems during the last 14.000 years e the case of Douro Estuary (NW Portugal). **Journal of Coastal Research**, Special. Issue, v.39, p.186-192, 2004.

FREITAS, A. S.; BARRETO, C. F.; BASTOS, A. C.; BAPTISTA NETO, J. A. The HolocenePalaeoenvironmental Evolution of Vitória Bay, Espírito Santo, Brazil. **Palynology**, v.2, p.1-11, 2018.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**. v.27, n.1, p. 3-26, 1957.

FRIEDMAN, G. M. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.31, p.514-529, 1961.

FRIEDMAN, G. M. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.37, p.327-354, 1967.

FRIEDMAN, G.M. Address of the retiring president of the International Association of Sedimentologists: differences in size distribution of populations of particles among sands of various origins. **Sedimentology**, v. 26, p.3-32, 1979.

GOLDSTEIN, J. I.; NEWBURY, D. E.; MICHAEL, J. R.; RITCHIE, N. W. M.; SCOTT, J. H. J.; JOY, D. C. **Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis**. 4 ed. New York: Springer, 2018. 550 p.

GYLLENCREUTZ, R.; MAHIQUES, M. M.; ALVES, D. V. P.; WAINER, I.K.C. Mid- to late- Holocene paleoceanographic changes on the southeastern Brazilian shelf based on grains size records. **The Holocene**, v.20, n.6, p.863-875, 2010.

HEIRI, O.; LOTTER, A. F.; LEMCKE, G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. **Journal of Paleolimnology**, v.25, p.101-110, 2001.

HILLAIRE-MARCEL, C.; VERNAL, A. **Developments in Marine Geology:** Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography. 1 ed. Amsterdam: Elsevier, 2007.

KALINSKA-NARTISA, E.; NARTISS, M.; THIEL, C.; BUYLAERT, J. P. Late-glacial to Holocene aeolian deposition in northeastern Europe e the timing of sedimentation at the Iisaku site (NE Estonia). **Quaternary International**, v.357, p.70-81, 2015.

KALINSKA, E.; NARTISS, M. Pleistocene and Holocene aeolian sediments of different location and geological history: a new insight from rounding and frosting of quartz grains. **Quaternary International**, v.328-329, p.311-322, 2014.

KLEESMENT, A. Roundness and surface features of quartz grains in Middle Devonian deposits of the East Baltic and their palaeogeographical implications. **Est. J. Earth Sci**., v.58, n.1, p.71-84, 2009.

KLEIN, A. H.F.; SHORT, A.D. Brazilian beaches systems: Introduction. In: Short, A.D.; Klein, A.H.F (org). **Brazilian beach systems***,* v.17. Florida: Springer, p.1-35, 2016.

KRINSLEY, D.H.; DOORNKAMP, J.C. *Atlas of Quartz Sand Surface Textures*. Cambridge: University Press, 1973.

KONARE, H.; YOST, R. S.; DOUMBIA, M.; MCCARTY, G. W.; JARJU, A.; KABLAN, R. Loss on ignition: measuring soil organic carbon in soils of the Sahel, West Africa. **African Journal of Agricultural Research**, v.5, n.22, p.3088-3095, 2010.

LE ROUX, J.P.; ROJAS, E.M. Sediment transport patterns determined from grain size parameters: overview and state of the art**. Sedimentary Geology**, v. 202, p.473-488, 2007.

LESSA, G.C.; ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.; ARAUJO, A.D. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. Marine Geology, v.165, p.87-108, 2000.

LIMA, LG.; DILLENBURG, S.R.; MEDEANICA, S.; BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C.; TOMAZELLI, L.J. Sea-level rise and sediment budget controlling the evolution of a transgressive barrier in southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v.42, p.27-38, 2013.

LIMAVERDE, M.S.V.; BERGERMAN, M.G.; DELBONI JR. H. Avaliação de diferentes técnicas de análise de tamanho de partículas para amostras finas de minério de cobre. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 25. 2013. Goiânia. Anais...p. 129-137.

MACHADO, G.M.V.; ALBINO, J.; LEAL, A.P.; BASTOS, A.C. Quartz grain assessment for reconstructing the coastal palaeoenvironment. **Journal of South American Earth Sciences**, v.70, p.353-367, 2016.

MACHADO, G.M.V.; BASTOS, A.C.; FREITAS, A.S.; NETO, J.A.B. Sedimentary, geochemical and micropaleontological responses tosea-levelvariations in the Vitoria estuary, Espírito Santo. **Radiocarbon**, v.60, n.2, p.583-600, 2018.

MACHADO, G.M.V.; BASTOS, A.C.; ALBINO, J.; ZAMPROGNO, G.C. Late Quaternary evolution model for a coastal embayment with low sediment input and bedrock control (Southeast Brazil). **Estuarine Coastal and Shelf Science**, SI 243, https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106905, 2020.

MADHAVARAJU, J.; RAMASAMY, S. Microtextures on quartz grains of Campanian - Maastrichtian sediments of Tiruchirapalli District, Tamil Nadu-Implication on depositional environments. **Journal of Geol. Soc. India**, v.54, p.647-658, 1999.

MADHAVARAJU, J.; RAMASAMY, S.; MOHAN, S.P.; HUSSAIN, S.M.; GLADWIN GNANA ASIR, N.; STEPHEN PITCHAIMANI, V. Petrography and surface textures on quartz grains of Nimar Sandstone, Bagh Beds, Madhya Pradesh-Implications on provenance and depositional environments. **J. Geol. Soc. India**, v.64, p.747-762, 2004.

MADHAVARAJU, J.; IL LEE, Y.; ARMSTRONG-ALTRIN, J.S.; HUSSAIN, S.M. Microtextures on detrital quartz grains of upper Maastrichtian-Danian rocks of the Cauvery Basin, Southeastern India: implications for provenance and depositional environments. **Geosciences Journal**, v.10, p.23-34, 2006.

MADHAVARAJU, J.; BARRAGAN, J.C.G.; HUSSAIN, S.M., MOHAN, S.P. Microtextures on quartz grains in the beach sediments of Puerto Penasco and Bahia Kino, Gulf of California, Sonora, Mexico. **Revista Mexicana Ciências Geológica**, v.26, n.2, p.367-379, 2009.

MAHANEY, W.C. **Atlas of Sand Grain Surface Textures and Applications**. New York: Oxford University Press, 2002.

MAHIQUES, M.M.; SOUZA, L.A.P. Shallow seismic reflectors and upper Quaternary sea-level changes in the Ubatuba region, São Paulo State, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v.47, n.1, p.1-10, 1999.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; ARCHANJO, J.D. Coastal Quaternary formations of the southern part of the state of Espírito Santo (Brazil). **Anais Acad. Bras. Ciências**, v.68, n.3, p.389-404, 1996.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. **Geologia do Quaternário costeiro do litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo.** São Paulo: CPRM e FAPESP, 1997.

MARTIN, L. Holocene sea-level history long Eastern-Southeastern Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, UFRJ, v.26, p.13-24, 2003.

MARTINS, L.R. Significance of skewness and kurtosis in environmental interpretation. **Journal of Sedimentary Research**, v.35, n.3, p.768, 1965.

MASON, C. C.; FOLK, R. L. Differentiation of beach dune and eolian fiat environments by size analysis; Mustang Island Texas. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.18, p.211-226, 1958.

MEIRELES, A.J.A.; ARRUDA, M. G. C.; GORAYEB, A.; THIERS, P.R.L. Integração dos indicadores geoambientais de flutuações do nível relativo do mar e de mudanças climáticas no litoral Cearense. **Mercator, Revista de Geografia da UFC**, v.4, n.8, p.109-134, 2005.

MENDES, J.C. **Elementos de Estratigrafia**. São Paulo: T.A. Queiroz, v.12. 1984. 566 p.

MENIER, D.; TESSIER, B.; PROUST, J-N.; BALTZER, A.; SORREL, P.; TRAINI, C. The Holocene transgression as recorded by incised-valley infilling in a rocky coast context with low sediment supply (southern Brittany, western France). **Bull Soc. Geol.Fr**., t. v.181, n.2, p.115-128, 2010.

MORGAN, R.M.; BULL, P.A. The use of grain size distribution analysis of sediments and soils in forensic enquiry. **Sci. Justice**, v. 47, p.125-135, 2007.

MUEHE, D. Geomorfologia costeira: In: Cunha, S.B. e Guerra, A.J.T (Org). **Geomorfologia:** exercícios, técnicas e aplicações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. Cap. 6. 2002.

MYCIELSKA-DOWGIALLO, E.; WORONKO, B. The degree of eolization of Quaternary deposits in Poland as a tool for stratigraphic interpretation. **Sediment. Geologt**, v.168, p.149-163, 2004.

NEWSOME, D. Australian Journal of Earth Sciences: an International Geoscience Journal of the geological Society of Australia. **Aust. J. Earth Sci**., v.47, p.695-706, 2000.

PASSEGA, R. Texture as characteristic of clastic deposition. **Bull Am. Assoc. Pet. Geol**. v.41, p.1952-1984, 1957.

PASSEGA, R. Grain size representation by CM partterns as a geological tool. **Journal of Sedimentary Petrology**. Amsterdam, v. 34, n. 4, p. 830-847, 1964.

PEREIRA, S.D.; CHAVES, H.A.F.; SANTOS, S.B. Evidence of sea level change at Guaratiba Mangrove, Sepetiba Bay, Brazi. **Journal of Coastal Research**, Australia, Special Issue, v.50, p.1097-1100, 2007.

PONÇANO, W.L. 1986. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v.16, n.2, p. 57-170, 1986.

RAJGANAPATHI, V.C.; JITHESHKUMAR, N.; SUNDARARAJAN, M.; BHAT, K.H.; VELUSAMY, S. GrainsizeanalysisandcharacterizationofsedimentaryenvironmentalongThiruchendurcoast, Tamilnadu, India. **Arab. J. Geosci**. v.6, p.4717-4728, 2013.

RAZIK, S.; DEKKERS, M.J.; DOBENECK, T.V. How environmental magnetism can enhance the interpretational value of grain-size analysis: A time-slice study on sediment export to the NW African margin in Heinrich Stadial 1 and Mid Holocene. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v.406, p.33-48, 2014.

RIBEIRO, P.C. Vermetídeos em costões rochosos de Guarapari, ES: contribuição para o estudo do nível relativo do mar e da circulação marinha no Holoceno. 2011. 83f. **Monografia de Graduação**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

RIBEIRO, P.C.; GIANNINI, P.C.F.; NASCIMENTO Jr., D.R.; SAYEG, I.J. Vermetídeos fósseis em costões rochosos de Guarapari, ES: distribuição espacial, morfologia, mineralogia e $\delta^{18}O$. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 13., 2011. Armação de Búzios. *Anais*...2011.

RIOS, V.P.L.; AMARO, V.E. Caracterização dos depósitos sedimentares Holocênicos no sistema de ilhas barreiras do estuário Diogo Lopes, litoral setentrional do Rio Grande do Norte. **Revista de Geologia**, v. 25, p.55-69, 2012.

ROY, P.S.; THOM, B.G.; WRIGHT, L.D. Holocene sequences on an embayed high energy coast: an evolutionary model. **Sediment. Geology**, v.26, p.1-19, 1980.

SAHU, B.K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**. Amsterdam, v.34, n.1, p.73-83, 1964.

SELLEY, R.C. **Applied Sedimentology**. 2 ed. Florida: Academic Press.2000. 543 p.

STRAND, K.; PASSCHIER, S.; NASI, J. Implications of quartz grain microtextures for onset Eocene/Oligocene glaciation in Prydz Bay, ODP Site 1166, Antarctica. **Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecology**, v.198, p.101-111, 2003.

SUGUIO K.; MARTIN L. Quaternary marine formations of the state of Sao Paulo and southern Rio de Janeiro. The Brazilian national workshop group for the IGCP-Project 61. **Sociedade Brasileira de Geologia**, Special Issue, 1, 1978.

SUGUIO K.; MARTIN L.; FLEXOR JM. Sea-level fluctuations during the past 6,000 years along the coast of the State of São Paulo, Brazil. In: N.A. Mdrner (org.). **Earth Rheology, Isostasy and Eustasy**. John Willey and Sons, p.471-486, 1980.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Significance of quaternary sea-level fluctuations for delta construction along the Brazilian Coast. **Geo-Marine Letters**. v.1, 181-185, 1981.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.15, n.4, p.275-286, 1985.

VERONEZ JR, P.; BASTOS, A. C.; PIZZIN, B. F.; GAVA, R. D.; QUARESMA, V. S.; SILVA, C. G. Sonar de varredura lateral e sísmica de alta resolução aplicados no estudo de ecofácies na baía de Vitória - ES. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.27, n.3, p.411-425, 2009 a.

VERONEZ JR.; P., BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S. Morfologia e distribuição sedimentar em um Sistema Estuarino Tropical: Baía de Vitória, ES. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.27, n.4, p. 609- 624, 2009 b.

VISHER, G. S. Grain size distributions and depositional processes: **Journal Sed. Petrology**, v.39, p. 1074-1106, 1969.

VOS, K.; VANDENBERGHE, N.; ELSEN, J. Surface textural analysis of quartz grains by scanning electron microscopy (SEM): from sample preparation to environmental interpretation. **Earth Sci. Rev**., v.128, p.93-104, 2014.

WANG, Q.; LI, Y.; WANG, Y. Optimizing the weight loss-on-ignition methodology to quantify organic and carbonate carbon of sediments from diverse sources. **Environ. Monit. Assess**, v.174, p.241–257, 2011.

WENTWORTH, C.K. Aescale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of. Geology**, v.30, 1922.

WORONKO, B.; POCHOCKA-SZWARC, K. Depositional environment of a fan delta in a Vistulian proglacial lake (Skaliska Basin, north-eastern Poland). **Acta Palaeobot**., v.53, n.1, p.9-21, 2013.

Giseli Modolo Vieira Machado é geógrafa, Doutora em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil com Bolsa sanduiche na Universidade de Wollongong, Austrália. Atualmente faz pós doutorado e participa como professora do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, onde trabalha na área de sedimentologia, com ênfase em sedimentação costeira e inundação costeira. E-mail giselimodolo@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/9074880827446704

Capítulo 9

Morfodinâmica costeira do litoral fluminense: 15 anos de observação contínua

Guilherme Borges Fernandez; Silvio Roberto de Oliveira Filho; Thaís Baptista da Rocha; Thiago Gonçalves Pereira; Sérgio Cadena de Vasconcelos; Victor Buznello de Vasconcellos Maluf; Maria Angélica Rabello Quadros; Martim Almeida Braga Moulton

Introdução

As paisagens costeiras apresentam em sua configuração morfológica o reflexo de um particular posicionamento geográfico, cuja distribuição ao longo do contato das bordas continentais registram a interação entre fatores associados a atmosfera, ao continente e ao oceano. Tais diferenças paisagísticas são exemplificadas e categoricamente definidas em função da ação mais direta de diferentes fatores, sejam em relação às forçantes, como ventos, marés e ondas, em conjunção com aspectos geológicos como a proximidade do arcabouço geológico, a sedimentação ou mesmo a foz de um rio, dando origem a campos de dunas, deltas ou costas rochosas, por exemplo.

▪ COMO CITAR:
FERNANDEZ, G. B. et al**.** Morfodinâmica costeira do litoral fluminense: 15 anos de observação contínua. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 196-226. ISBN 978-65-992571-0-0

Mais especificamente em relação às forçantes, o desenvolvimento das diferentes paisagens reflete com maior ou menor grau a influência da ação hidrodinâmica, associada às ondas ou marés, que dependendo das condições da geologia antecedente, formam por exemplo, planícies costeiras quaternárias, com distintas características envolvendo a distribuição de diferentes ambientes deposicionais (ver o trabalho clássico de Davis Jr. e Hayes, 1984). Quando observada a costa brasileira, a proposta de Davis Jr e Hayes (1984) se aplica, categoricamente, pela franca ocorrência de ambientes deposicionais cuja distribuição é dependente de ondas e marés, e as praias representam feições amplamente distribuídas, independentemente do predomínio de forçante ou outro (Klein e Short, 2016).

O que se quer dizer é que ao longo do litoral brasileiro nota-se que mesmo no norte do Brasil, regido predominantemente por condições marégráficas de macro e mesomaré, e sedimentação moderna entre sedimentos finos e arenosos modernos, há desenvolvimento de praias e mesmo dunas, observadas nas franjas litorâneas de reentrâncias fluviais, como no litoral maranhense (e.g. Muehe, 1998; Klein e Short, 2016; Fernandez et al., 2019). Por outro lado, no extremo sul do Brasil, onde predominam planícies costeiras caracterizadas por barreiras costeiras arenosas intercaladas com sistemas lagunares, em área de influência de micromaré, ocorrem as praias mais longas do Brasil. Portanto, de norte a sul do Brasil, existem exemplos interessantes de como diferentes fatores determinam regionalmente distintas paisagens costeiras e, de alguma forma, determinam a distribuição das praias arenosas. O interessante é que independente da distribuição geográfica, as praias são ambientes que podem estar localizados em diferentes pontos do litoral, desde que haja possibilidade de se depositarem sedimentos por ação de ondas, além de obviamente se incluir fatores como as marés, e também a ação dos ventos, favorecendo a formação de dunas frontais.

Não restam dúvidas de que as praias exercem um fascínio não somente para os cientistas, mas para toda a sociedade, que identificam as praias como um local preferencial para atividades recreacionais, envolvendo desde práticas de atividades esportivas, bem como muitas vezes área de primeira opção para vilegiatura. Da mesma forma, a zona costeira aponta historicamente para concentração populacional, e por conseguinte, socioeconômica, estando ou não estas posicionadas frontalmente em relação às praias arenosas, mas que em possíveis ou prováveis cenários de alterações nas elevações no nível do mar, estariam em risco e vulnerabilidade (Kulp e Strauss, 2019). Voudoskas et al. (2020), por exemplo, argumenta que as praias estariam em risco de desaparecimento, em função de flutuações positivas nas altitudes no nível do mar. Tal fato não se mostra coerente, uma vez que mesmo com o aumento no nível do mar, as praias se projetariam em direção ao continente, seguindo princípios básicos de manutenção dos estoques sedimentares em ajuste a este nível. Em risco de desaparecimento estariam apenas as praias sob forte influência urbana, ou seja, aquelas que teriam imobilizados o espaço de migração por construções de engenharia (Cooper et al., 2020).

A concretização dos diferentes processos físicos que envolvem os estudos das praias pode ser encontrada em Short (1999), que a partir de uma ampla participação de pesquisadores, promoveu talvez a melhor compilação de capítulos dedicados aos principais subambientes observados nas praias. Num tratado de geomorfologia, a geomorfologia costeira foi descrita de maneira bem ampla, mas o interessante foi verificar a dedicação de capítulos específicos aos subambientes praiais (Shroder, 2013). Mais recentemente Jackson e Short (2020) apresentam os principais avanços relacionados a morfodinâmica de praias arenosas. Na costa brasileira o interesse científico sobre a morfologia e a dinâmica destes ambientes também parece atual, frente aos recentes esforços de compilação de dados para a costa brasileira, conforme apresentado por Klein e Short (2016).

Fica assim evidente, que as praias estão mobilizando um acalorado e interessante debate científico, que recai de qualquer maneira, não somente para comunidade acadêmica, mas para a sociedade como um todo. Neste sentido, admitindo que os pressupostos assumidos pela Geografia Marinha, que é o tema central deste livro, envolvem entre os diferentes aspectos relacionados a zona costeira, a Geomorfologia Costeira e o estudo das alterações morfológicas observadas nas praias (Muehe, 2016), este capítulo tem como objetivo principal mostrar como uma rede de monitoramento de perfis transversais à costa do estado do Rio de Janeiro, monitorados ao longo de 15 anos, serviram e servem para se analisar a morfodinâmica costeira, definida a partir de determinados e diferentes temas de pesquisa.

O estabelecimento de uma rede de monitoramento de perfis de praia no estado do Rio de Janeiro

Não é de interesse aqui fazer uma ampla análise sobre os diferentes trabalhos publicados ao longo do estado do Rio de Janeiro, que foram baseados em perfis topográficos de praias. Tal fato, de certa forma, já foi sumarizado em Muehe e Lins-de-Barros (2016), e mais recentemente, tendo como tema principal a erosão costeira no estado do Rio de Janeiro, por Muehe et al. (2018), por conta da atualização do livro "Panorama da Erosão Costeira do Brasil". O que de fato foram aqui sumarizadas são as diferentes aplicações de um programa contínuo de monitoramento de perfis topográficos transversais à praia, como elemento de suporte analítico para diferentes temas envolvendo a morfodinâmica costeira (Wright e Thom, 1977; Carter e Woodroffe, 1994; Masselink e Gehrels, 2014). Desta maneira, a partir de 2005, o Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal Fluminense (LAGEF – UFF) se predispôs a desenvolver tais estudos, utilizando como bases analíticas perfis bidimensionais, distribuídos desde a planície costeira da Massambaba até a foz do Rio Paraíba do Sul (Figura 9.1), com coordenadas apresentadas na Tabela 9.1. A rede de monitoramento foi motivada por diversas propostas de pesquisas submetidas ao financiamento por diferentes órgãos de fomento governamentais, federal e estadual, envolvendo a morfodinâmica costeira, dentro de diferentes temáticas sugeridas por Viles (1990) e Stephenson e Brander (2003; 2004), para o desenvolvimento das principais temáticas para a zona costeira.

De maneira resumida, a morfodinâmica costeira, proposta por Wright e Thom (1977), se estabelece a partir de que determinados processos hidrodinâmicos, em interação com a resposta geomorfológica, regem o sistema praial, ou seja, as alterações na morfologia ocorrem em função de flutuações na energia das ondas. Mesmo podendo ser aplicado de uma forma mais ampla em termos de escala espacial e temporal nos diferentes ambientes costeiros (Carter e Woodroffe, 1994; Masselink e Gehrels, 2014), este paradigma se consolida, segundo Masselink e Gherels (2014), como norteador nos estudos costeiros, a partir de um modelo morfodinâmico descrito nas praias australianas, que foram determinados por perfis transversais à costa, imagens aerofotogramétricas e parâmetros empíricos envolvendo hidrodinâmica e sedimentação. Este engenhoso modelo, descreve que as praias arenosas, em áreas submetidas a regimes de micromaré, tenham sua morfologia classificada entre dissipativa, refletiva e intermediária (sendo esta distribuída em quatro estágios ou estados distintos). Descrições detalhadas deste modelo, envolvendo também aspectos relacionados a variações de maré, distribuição e padrões de bancos arenosos na zona de surfe, além da associação direta entre a morfologia detectada e parâmetros empíricos, podem ser obtidas em Short (1999).

Em relação ao método de levantamento dos perfis, foram utilizados diferentes equipamentos, desde os mais simples como balizas de Emery, até levantamentos com estação total e prisma de

reflexão. Esta mudança de equipamentos de forma alguma inviabilizou as análises comparativas entre os levantamentos subsequentes, uma vez que a projeção topográfica, em todas as técnicas, está dentro da incerteza na projeção das linhas em ambiente computacional, conforme recentemente sugerido em Muehe et al. (2020).

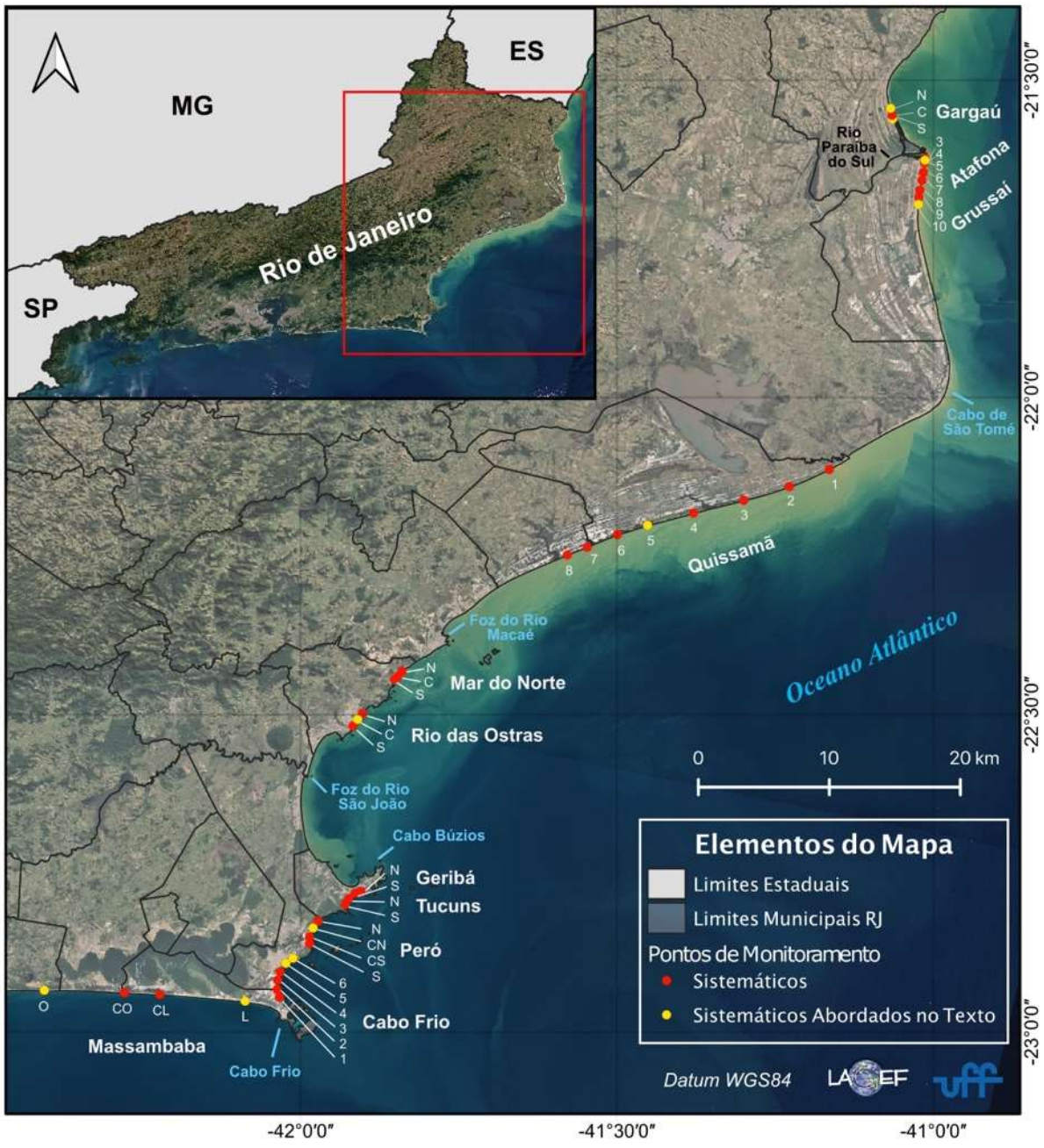


Figura 9.1. Distribuição geográfica dos pontos de monitoramento, entre a Massambaba e Gargaú. Os pontos em amarelo representam os perfis que serão discutidos no texto.

Fonte: os autores

Tabela 9.1. Distribuição dos pontos e localização geográfica da rede de monitoramento de perfis de praia

Praia	Ponto	Lat.	Long.
Massambaba	Oeste	-22,934788	-42,403040
	Centro-Oeste	-22,938603	-42,278791
	Centro-Leste	-22,941346	-42,222837
	Leste	-22,951835	-42,087912
Cabo Frio	1	-22,945853	-42,033518
	2	-22,933516	-42,037402
	3	-22,918702	-42,036692
	4	-22,905775	-42,032686
	5	-22,892264	-42,023503
	6	-22,884071	-42,012490
Peró	Norte	-22,825533	-41,972619
	Centro-Norte	-22,836480	-41,980393
	Centro-Sul	-22,850829	-41,986179
	Sul	-22,861179	-41,986298
Tucuns	Sul	-22,799560	-41,929986
	Norte	-22,790541	-41,924446
Geribá	Sul	-22,781526	-41,914024
	Norte	-22,778895	-41,904440
Rio das Ostras	Norte	-22,498046	-41,902286
	Centro	-22,507772	-41,909988
	Sul	-22,517914	-41,917603
Mar do Norte	Norte	-22,431714	-41,839436
	Centro	-22,439330	-41,845689
	Sul	-22,444699	-41,851896
Quissamã	1	-22,248409	-41,578516
	2	-22,236182	-41,547271
	3	-22,216384	-41,499529
	4	-22,201691	-41,451713
	5	-22,182452	-41,379254
	6	-22,162211	-41,299933
	7	-22,140775	-41,227766
	8	-22,113671	-41,164526
Atafona	3	-21,622935	-41,012847
	4	-21,626433	-41,013301
	5	-21,630162	-41,014107
	6	-21,645216	-41,015658
	7	-21,657830	-41,018046
	8	-21,673585	-41,021289
Grussaí	9	-21,685060	-41,023024
	10	-21,695632	-41,023297
Gargaú	Sul	-21,558238	-41,064460
	Centro	-21,555247	-41,065287
	Norte	-21,544374	-41,067478

Fonte: os autores

O fato é que estudos em que a determinação morfodinâmica se torna o único elemento, é deveras verticalizado, porém de suma importância dentro do que se entende como uma base de dados básicos para estudos em zonas costeiras, e tal fato não deve ser negligenciado. Por outro lado, esses estudos verticais ou de base morfodinâmica pura, a partir da utilização de perfis de praia e imagens

aéreas associados a outros métodos, permitiram a ampliação da perspectiva analítica de diferentes estudos morfodinâmicos costeiros no estado do Rio de Janeiro. Temas como impactos de tempestades em praias arenosas, relação morfodinâmica entre praias e dunas frontais, análise integrada entre a sedimentação adjacente e a tipologia da praia, processos erosivos ou deposicionais em curto e médio prazo, surgem a partir de perfis de praia. Tais estudos, quando ampliados por outras ferramentas, como simulações de ondas, modelos de impactos de tempestade, determinação de mobilidade da linha de costa, permitem uma melhora analítica, mas os perfis topográficos transversais funcionam ainda como uma base segura de análise e interpretação.

Morfodinâmica de praia em seu estado clássico – Praia da Massambaba

A Praia da Massambaba está localizada a leste da Baía de Guanabara e se estende entre a desembocadura da lagoa de Saquarema e Cabo Frio, ponto em que o litoral se inflexiona bruscamente da direção leste-oeste para a direção norte-sul (Figura 9.1). Em função deste alinhamento preferencial, este arco de praia está frontalmente exposto a ondulações de alta energia, oriundas do quadrante sul formadas por eventuais passagens de frentes frias, que regularmente atingem o litoral fluminense. Ondulações de tempo bom, geradas a partir do anticiclone semifixo do Atlântico Sul, com direção oriunda do quadrante leste-nordeste, são refratadas pelo cabo Frio, antes de atingirem a Massambaba. Detalhes regionais para a distribuição das ondulações na costa brasileira, que também influenciam o litoral fluminense, podem ser encontrados em Rodriguez et al. (2016). Este arco praial não apresenta fontes modernas de sedimentação, sendo a composição arenosa da praia reflexo da sedimentação distribuída na zona submarina, envolvendo a plataforma continental coberta majoritariamente por areias (Muehe e Carvalho, 1990). Muehe e Corrêa (1989) determinaram que a sedimentação da parte emersa do arco praial reflete de maneira evidente um gradiente de decréscimo do diâmetro granulométrico observado na zona submarina, de maneira que areias grossas a médias foram encontradas mais a oeste e areias médias e finas a leste.

As primeiras considerações sobre morfodinâmica de praias na Massambaba foram feitas por Muehe e Corrêa (1989), que a partir de perfis topográficos transversais à costa, localizados nos extremos leste e oeste, pretendiam identificar um efeito rotacional de sedimentação, em um enorme esforço de levantamentos sistemáticos. Os autores concluíram que a variabilidade morfológica identificada nas praias, na realidade, não se refletia num padrão de sedimentação e erosão em cada extremo, e sim, eram fruto de flutuações entre a sedimentação na zona submarina e na parte emersa da praia, que ocorriam de maneira independente nos extremos do arco, refletindo, portanto, em células de circulação costeira locais. Bentes et al. (1997) e Bentes e Muehe (2004) pela primeira vez se utilizaram dos estágios morfodinâmicos para classificar a Massambaba. Em ambos trabalhos, as análises se deram a partir de perfis topográficos transversais à costa, sendo alguns apresentados com extensão para a zona submarina, em associação com parâmetros empíricos morfodinâmicos, tendo como resultado final a classificação da praia como intermediária.

O monitoramento na Massambaba, por parte do LAGEF – UFF, se iniciou em 2010, com o objetivo de melhor interpretar a morfodinâmica costeira, como apoio adicional de realização de mapeamentos de detalhe da planície costeira e investigação da morfologia da barreira costeira holocênica e sua arquitetura deposicional, que foram publicados por Figueiredo et al. (2018), além

de detalhar processos de transposição de ondas e alterações morfológicas por ventos bidirecionais no extremo leste (Fernandez e Muehe, 2004; Fernandez et al., 2016).

Um estudo ainda não concluído de análise sobre a morfodinâmica de praia foi apresentado por Maluf et al. (2016). Os autores apontam nuances interessantes em relação as características morfodinâmicas nos extemos do arco praial da Massambaba, a partir de dados de perfis de praia e padrões de reflexão ótica em imagens de satélite, gratuitamente distribuídas, na identificação de formas de relevo submarino, que derivam para características modais dos diferentes estágios morfodinâmicos. Maluf et al. (2016) mostraram que nos extremos leste e oeste as características morfodinâmicas são essencialmente intermediárias, mas com nuances entre os diferentes estados modais. A leste (Figura 9.2) ocorre com frequência o desenvolvimento de duplos bancos, como provável resposta a sedimentação de areia fina na zona submarina, e a exposição de ondulações extremas de tempestade (com alturas superiores à quatro metros), se encontrando dentro do espectro dos estágios morfodinâmicos intermediários mais próximo ao estágio dissipativo (Bancos Transversais – BT e Banco e Praia Rítmicos - BPR). Este banco externo foi identificado primeiramente por Muehe et al. (2001), a partir do acoplamento de um perfil topográfico emerso, com seu prolongamento em direção a antepraia, e depois registrado por ecobatímetro, numa operação relativamente complexa, chamada topobatimetria, envolvendo embarcação de pequeno porte e mergulhador com capacidade de conduzir a topografia até próximo a embarcação. Dados topobatimétricos são adquiridos para se representar a continuidade topográfica na parte emersa projetada na zona submarina, de maneira que o ajuste das profundidades ocorra em função das altitudes da planície. Isso é interessante, pois normalmente a batimetria está ajustada ao nível de redução das marés e a topografia ao nível médio do mar, portanto na topobatimetria as profundidades precisam estar acopladas ao referencial emerso, de maneira a não causar distorções na continuidade do levantamento. No caso de Maluf et al. (2016) a identificação de bancos distribuídos na zona de surfe não foi realizada por topografia, e sim com a interpretação direta nas imagens, seguindo passos metodológicos propostos no modelo original desenvolvido na Austrália, que prevê a avaliação em planta, com auxílio de fotografias aéreas, e em perfil, o que levou os autores a identificarem padrões de BT e BPR. Por outro lado, a oeste (Figura 9.3), os autores identificaram padrões morfodinâmicos associados também ao estado intermediário (Terraço de Baixa-Mar - TBM), entretanto, este mais próximo ao estado refletivo, sugerindo flutuações de dinâmica horizontal de incorporação de bermas, a partir da remoção de sedimentos depositados na parte emersa e depositados na zona de surfe. De fato, os autores notaram a distribuição de bermas com altitudes distintas, sendo a mais interiorizada com mais de quatro metros de altitude, marcando processos de incorporação sedimentar após tempestades. A análise realizada através das imagens, permitiu ainda a indicação de ondas de areia (*sandwaves*), ou seja, projeções da sedimentação, não relacionadas diretamente a cúspides, e sim a auto-organização sedimentar em função de ondas oblíquas.

O que se pode concluir é que, para uma análise mais robusta de processos morfodinâmicos envolvendo a praia e a antepraia, a utilização de perfis de praia em conjunto com imagens aéreas se tornam essenciais, uma vez que são muito difíceis de serem obtidos dados na zona submarina, principalmente em condições de tempestade. Apenas para registro, Violante-Carvalho et al. (2020) sugere a utilização de um sistema chamado “âncora voadora”, que prevê o lançamento de um sensor de pressão invertido, a partir de um propulsor na praia, para além da zona de surfe. O engenhoso equipamento permitiu levantamentos fidedignos da topografia submarina e pode ser talvez uma alternativa para este tipo de aquisição, principalmente na Massambaba.

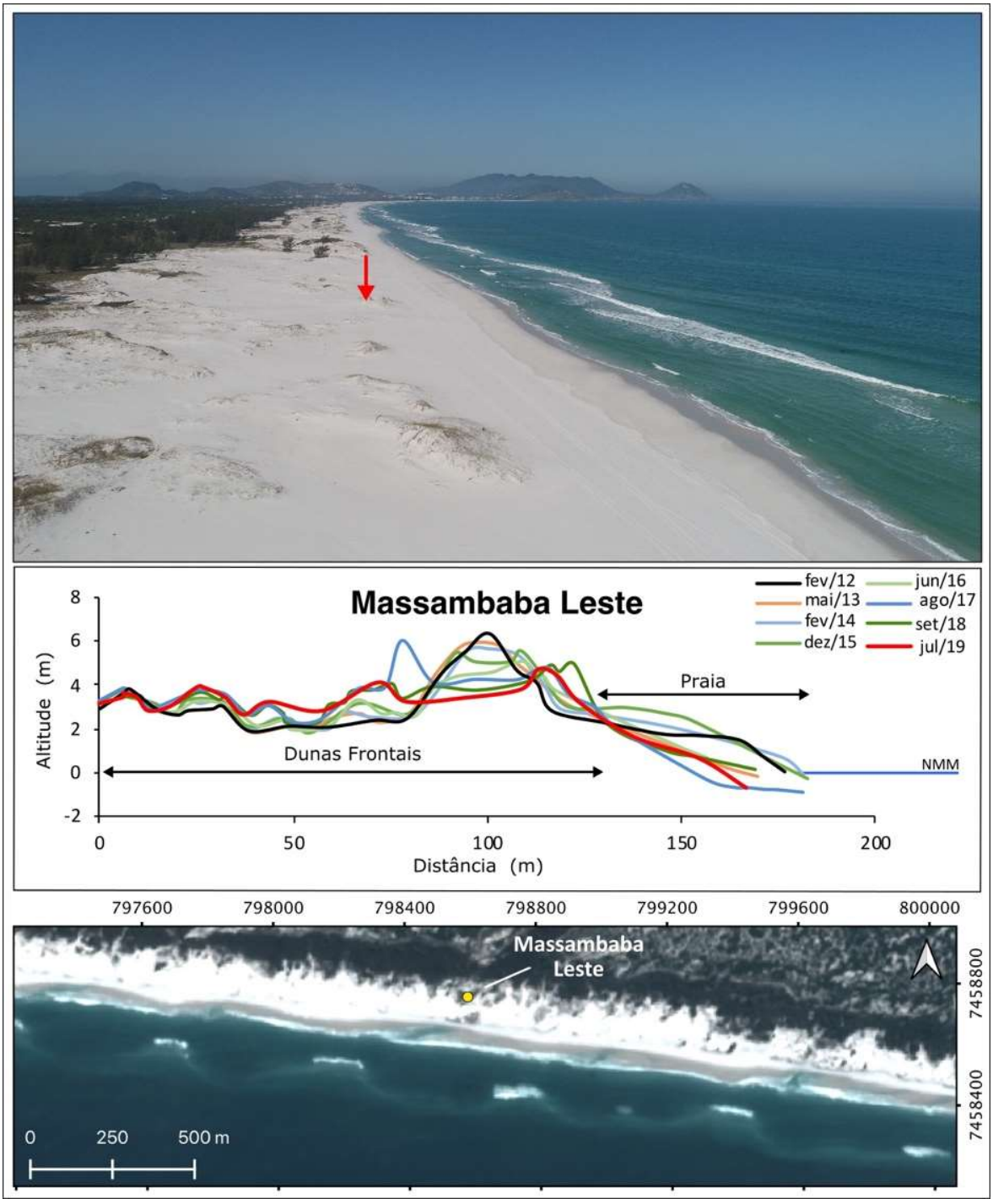


Figura 9.2. Na parte superior da figura, uma fotografia oblíqua mostra a paisagem da Massambaba Leste em que se nota o desenvolvimento de dunas frontais, e na zona submarina um banco contínuo, marcado por uma linha clara de arrebentação. A seta em vermelho, na fotografia oblíqua, mostra a localização aproximada do perfil, no trecho das dunas frontais. Na superposição dos perfis se nota a variação intensa da topografia nas dunas frontais e na praia, como resultado da ação hidrodinâmica e aerodinâmica característica neste trecho do arco. Abaixo, uma imagem *PlanetScope*, em que são evidentes bancos rítmicos, indicativos de praias tipicamente intermediárias. A localização geográfica do ponto, assim como o posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, está respectivamente apresentada na Tabela 9.1 e na Figura 9.1.

Fonte: os autores

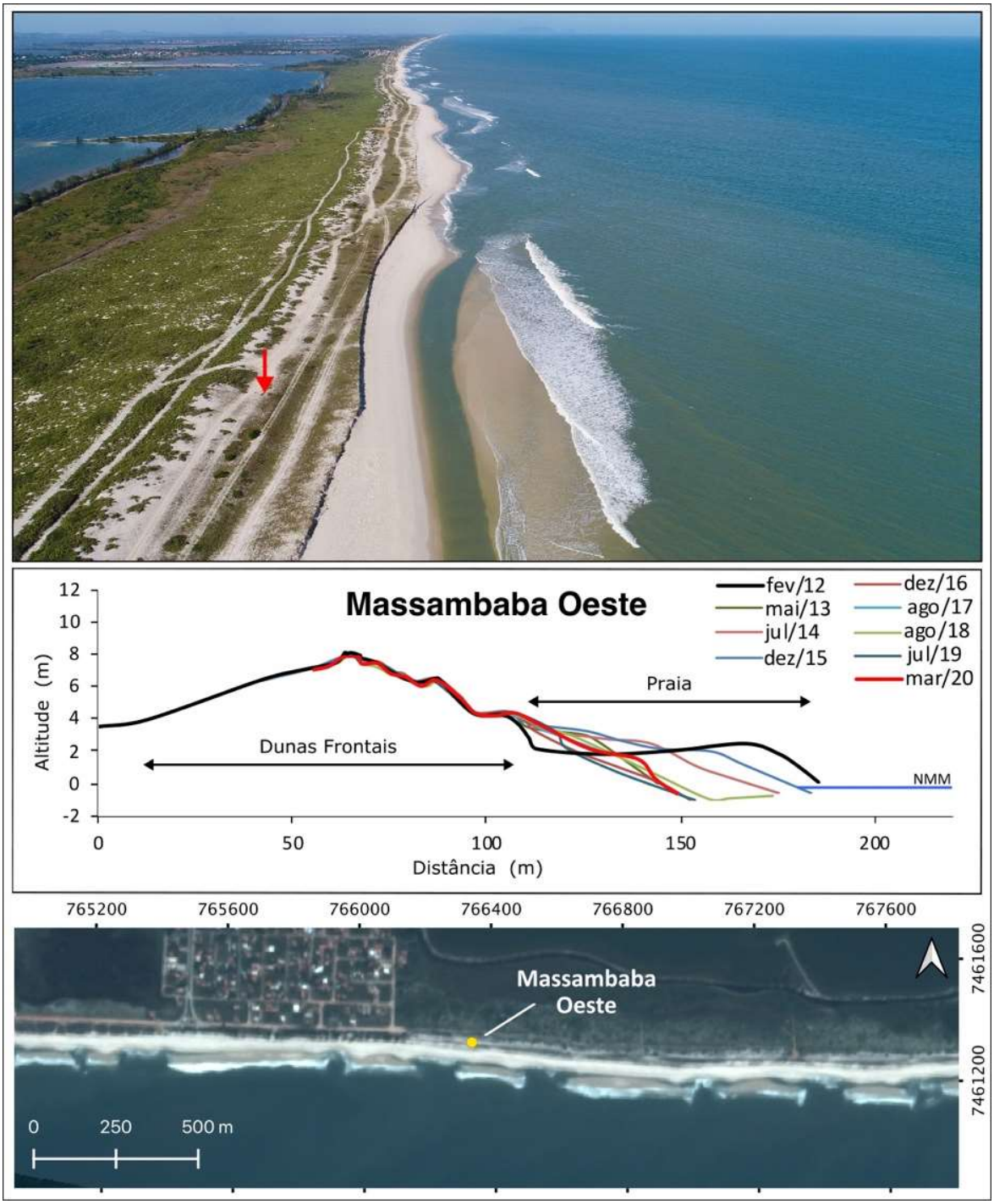


Figura 9.3. Na fotografia oblíqua, na parte superior da figura, é possível ver um banco paralelo quase incorporado a parte emersa da praia, que representa um estado característico de terraço de baixa-mar, além de cúspides em pontos onde os bancos estão mais distais da praia. A seta em vermelho, na fotografia oblíqua, mostra a localização aproximada do perfil. Na superposição dos perfis é evidente a flutuação das bermas, como resultado da ação erosiva e de recuperação da praia. Abaixo da sobreposição dos perfis, em uma imagem *PlanetScope*, nota-se a formação deste banco paralelo, quase anexo a praia, e cúspides praiais. A localização geográfica do ponto, assim como o seu posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, estão respectivamente apresentados na Tabela 9.1, e na Figura 9.1.

Fonte: os autores

Interação praia-duna – Praia do Cabo Frio

As praias localizadas entre a Ilha do Cabo Frio e a península de Armação dos Búzios se destacam por apresentar, à retaguarda, os mais bem desenvolvidos campos de dunas transgressivas do sudeste do Brasil (Fernandez et al., 2017; Moulton et al. 2013). Fernandez et al. (2017) descrevem a formação contínua de dunas frontais, adjacentes à praia, nesses arcos. Parte da explicação para o desenvolvimento deste cordão de dunas frontais é reflexo da inflexão do litoral a partir do cabo Frio, de maneira que o litoral passa do alinhamento leste-oeste, para a direção norte/nordeste-sul/sudoeste. A inflexão do alinhamento do litoral expõe as praias à ação frontal de ondas de tempo bom (quadrante leste/nordeste), e as ondas de tempestade (quadrante sul/sudoeste) são difratadas no Cabo Frio, e por diferentes ilhas posicionadas ao largo dos arcos praiais. Os ventos que atingem o litoral com direção do mar para terra favorecem, portanto, o desenvolvimento de dunas adjacentes a praia (ver Walker et al., 2017).

Processos que mostram a interação entre a praia e as dunas frontais talvez tenha em Short e Hesp (1982) o trabalho pioneiro e mais referenciado, em que os autores demonstram que a diferenciação dos diferentes estágios morfodinâmicos, combinados com a distribuição da energia das ondas, são responsáveis por diferenças morfológicas nas dunas frontais ao longo de um mesmo arco praial ou seguimento de litoral. Os resultados empíricos propostos por Short e Hesp (1982) mostraram que praias dissipativas apresentam fatores ambientais favoráveis ao desenvolvimento de dunas frontais transgressivas, como a granulometria composta de areias finas, topografia mais suave, maior largura da praia, além da maior energia das ondas, que abasteceria a praia com volumes sedimentares mais distais da zona submarina. Nas praias intermediárias, o desenvolvimento de dunas frontais estaria condicionado a formas parabólicas evoluídas a partir de cortes eólicos (*blowouts*). Praias refletivas teriam dunas frontais pouco desenvolvidas, em função de sua composição granulométrica grossa e reduzida largura da praia. Contudo, a discussão sobre os diferentes fatores envolvendo o desenvolvimento morfodinâmico de praias e dunas adjacentes à costa continua sendo um tema frequente e constantemente atualizado. Outros fatores como a obliquidade de incidência dos ventos em relação às dunas adjacentes, promovem uma diferenciação na largura da pista (*fetch*), abordados por Delgado-Fernandez (2010), e mesmo as diferentes escalas espaço-temporais de análise do fenômeno morfodinâmico entre praias e dunas, trazidos por Walker et al. (2017), devem ser considerados.

A partir do modelo Short e Hesp (1982), Pereira et al. (2008) apresentaram as primeiras considerações sobre diferenças dos padrões morfodinâmicos observados ao longo do arco praial de Cabo Frio, e a relação entre estes padrões com o desenvolvimento de dunas frontais. Pereira et al. (2008) verificaram que, de sul para norte, as praias apresentaram diferentes características morfodinâmicas, passando de estados modais de terraço de baixa-mar (TBM) ao sul, para o estado dissipativo ao norte. Este padrão de diferenciação seria resultado do gradiente de decréscimo do diâmetro granulométrico de sul para norte, e do aumento da energia de ondas seguindo este mesmo gradiente. O gradiente granulométrico refletiria a cobertura sedimentar da zona de surfe e antepraia. A distribuição da energia das ondas estaria determinada a maior exposição da parte norte do arco às ondas de tempestade, de direção sudeste, e a diminuição da energia na parte mais ao sul, por estar mais próxima aos efeitos de proteção do Cabo Frio. Desta maneira, os autores atribuem consistência ao modelo proposto por Short e Hesp (1982), para o arco praial de Cabo Frio.

Mais recentemente, Cardoso et al. (2018) destacaram que o desenvolvimento diferenciado das dunas frontais estaria também relacionado à exposição preferencial aos ventos de nordeste, que resultaria no aumento da pista de ação dos ventos ao norte, decrescendo em direção ao sul. É

interessante ressaltar que a partir de dados tridimensionais, Cardoso et al. (2018) mostram que, de fato, no trecho mais ao norte predominam dunas transversais desenvolvidas sobre a berma, justamente no trecho mais dissipativo do arco. Mais ao sul deste ponto, foram observadas na paisagem dunas frontais e cortes eólicos, nas proximidades do centro norte do arco, justamente na área de domínio intermediário, e no extremo sul o pouco desenvolvimento das dunas frontais, se ajustaria às condições morfodinâmicas do espectro TBM/Refletivo. Estes dados corroboram os dados empíricos de Pereira et al. (2008), ao relacionar a morfodinâmica de praias e dunas a partir do modelo de Short e Hesp (1982), mas reforçam o papel do alinhamento da praia e dos ventos, em relação ao maior ou menor desenvolvimento das dunas, a partir das considerações de Delgado-Fernandez (2010).

Na Figura 9.4 estão representados a visão oblíqua do trecho localizado mais ao norte de Cabo Frio e os perfis superpostos, monitorados entre 2005 e 2020. Na superposição dos dados, se nota que existe uma forte variação topográfica no que seria o trecho da berma da praia, e pouco representativa na zona de surfe. A maior variação morfológica na parte emersa da praia, não está diretamente relacionada a flutuações na energia de ondas, que removeriam sedimentos da berma em direção à zona submarina em situações erosivas e posterior reconstrução em condições de tempo bom, e sim em função da documentação sistemática da migração transgressiva de dunas transversais. Este registro ocorre justamente no trecho da praia onde se verifica a área de pista eólica, ou seja, esta variação topográfica representa a contínua transição de sedimentos em direção ao continente, por ventos de nordeste soprando do mar para a terra, mobilizados pelo vento na forma de dunas transversais livres.

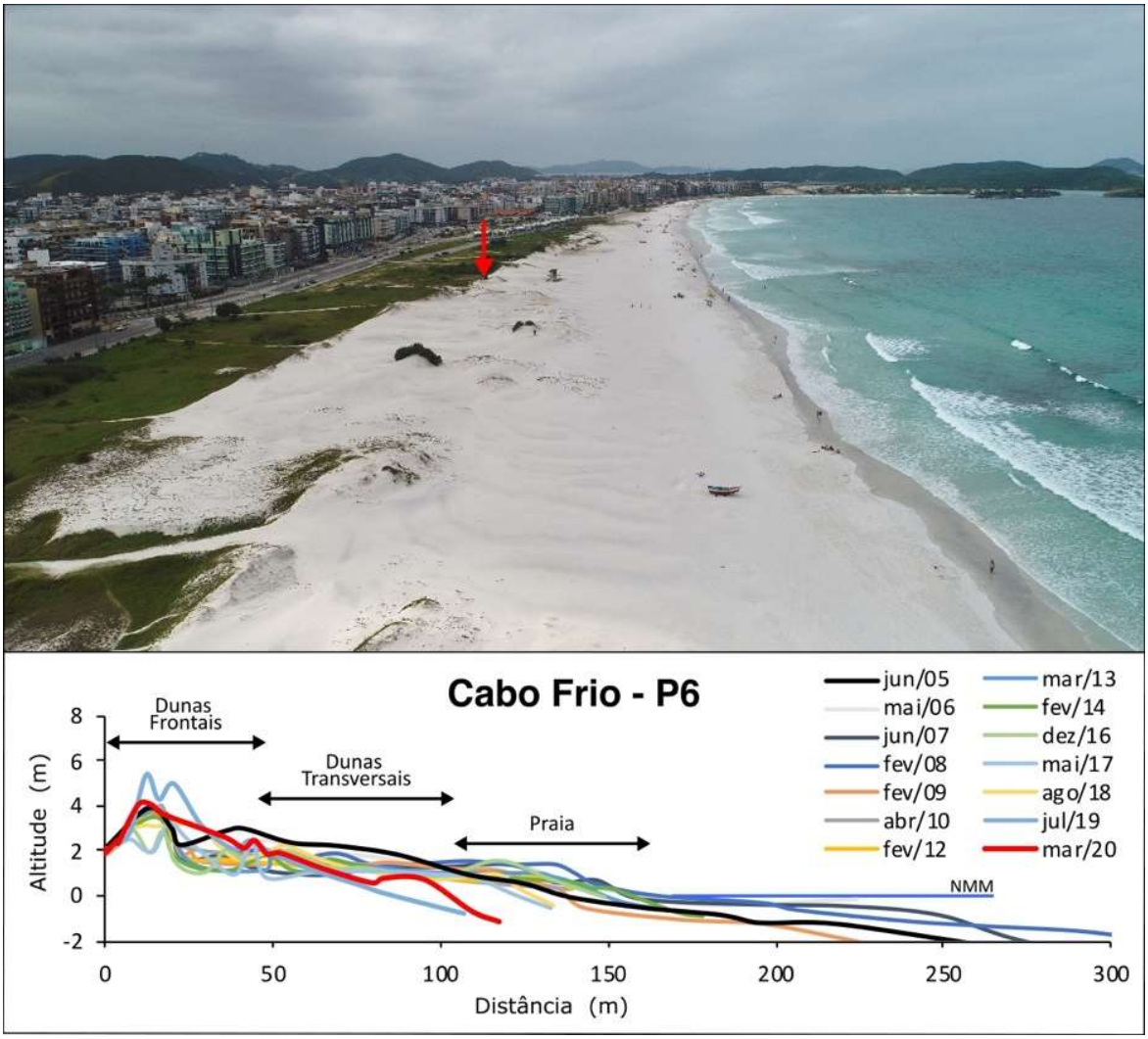


Figura 9.4. Trecho mais ao norte de Cabo Frio, na parte superior, a partir da fotografia oblíqua, é possível se verificar dunas transversais desenvolvidas sobre a berma (a seta em vermelho indica o início do perfil). A superposição dos perfis indica pela variação topográfica, a contínua migração de sedimentos impulsionada pelo vento. A localização geográfica do ponto, assim como o seu posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, estão respectivamente apresentados na Tabela 9.1 e na Figura 9.1.

Fonte: os autores

Na Figura 9.5, a partir do monitoramento realizado entre 2005 e 2018, foram registrados padrões bastante distintos do perfil anterior. A variação topográfica é quase que inexistente na praia, e mais representativa na zona de surfe. Mas o que se documentou de fato foi a intensa flutuação das linhas de representação topográfica no trecho das dunas frontais, descrita pela superposição dos perfis. Estas variações são resultado da ação eólica contínua, promovendo processos de erosão e deposição sedimentar, formando e alterando continuamente cortes eólicos. Estes cortes eólicos na realidade foram identificados a partir de dunas parabólicas, também previstos por Short e Hesp (1982) e posteriormente mais bem definidos em Hesp (2002). Portanto, estas alterações morfológicas, identificadas nos perfis, indicam a franca evolução destas dunas que migram transgressivamente, ajustadas ao padrão de ventos preferenciais de nordeste.

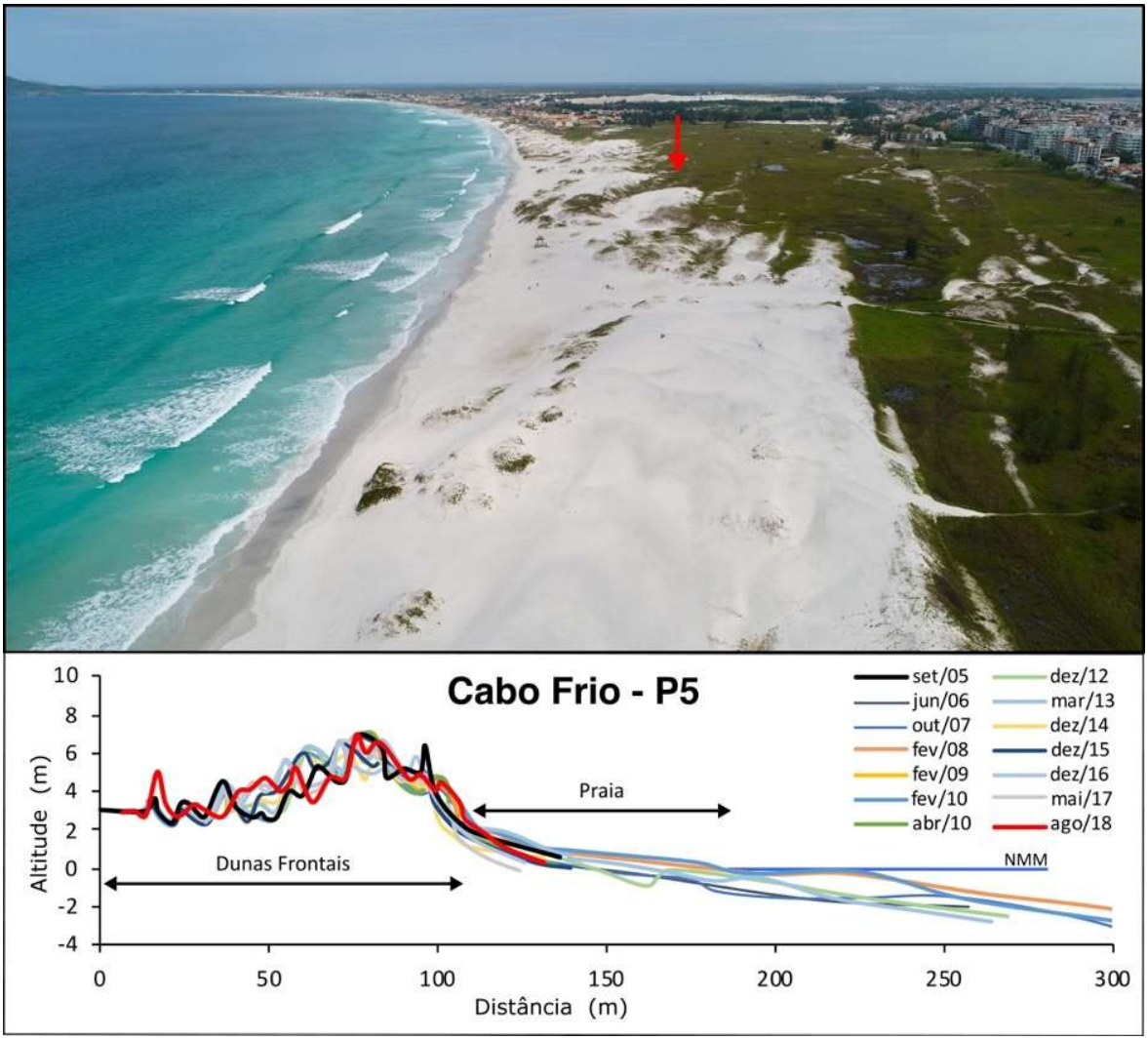


Figura 9.5. Na parte superior da figura, a partir da visão oblíqua da parte centro-norte da Praia de Cabo Frio (P5), nota-se o desenvolvimento de dunas transgressivas ao longo do arco. A seta em vermelho mostra o início do perfil. Abaixo na superposição dos perfis, é possível se verificar a mobilidade topográfica relacionada a ação dos ventos, transportando sedimentos em formas de dunas transversais sobre a berma. A localização geográfica do ponto, assim como o seu posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, estão respectivamente apresentados na Tabela 9.1 e na Figura 9.1.

Fonte: os autores

Impactos de tempestade – Praias do Peró e Rio das Ostras

Um dos principais temas em que um monitoramento de perfis topográficos transversais à praia possa ser utilizado, repousa na identificação dos impactos morfológicos decorrentes de ondas de tempestades. Recentemente Burvingt et al. (2017) indicam que existem três fatores fundamentais para estudos relacionados aos impactos de tempestades em praias arenosas: a exposição às ondas de alta energia, o ângulo de aproximação destas ondas, e o grau de proteção das praias a serem analisadas. Talvez uma das maneiras mais interessantes de se avaliar os impactos derivados por eventos de tempestades está no trabalho de Sallenger (2000), que descreve estes impactos a partir da análise morfométrica de perfis, em comparação com parâmetros de ondas, discriminando uma escala de impactos de tempestade. A graduação da escala de Sallenger (2000) se distingue pela

magnitude dos impactos em quatro regimes diferentes: espraiamento, colisão, transposição e inundação. Estes diferentes regimes se distinguem considerando dados observados em campo como a relação entre a altitude máxima do espraiamento das ondas projetada no perfil (Rmax), com a altitude do recuo máximo das ondas (Rmin), além da relação de altitudes do topo da barreira (Dmax) e a da base (Dmin).

Recentemente Oliveira-Filho et al. (2020) aplicaram este modelo para avaliar os impactos de uma tempestade gerada por ciclone tropical em praias refletivas no estado do Rio de Janeiro e posterior recuperação natural. Essa tempestade ocorreu em abril de 2010, a partir da formação de um ciclone tropical que se posicionou ao largo do cabo Frio, criando condições favoráveis para ondulações de alta energia. De fato, a partir da análises de dados de modelos numéricos (*Wavewatch III - WWIII*), se determinou que esta tempestade se manteve quase que permanentemente, gerando ondas de alta energia, em que o pico tenha atingido ondas com alturas superior a 4,7 m, e períodos de 13 segundos, e principalmente, com direção de SSE/SE. Este evento foi explorado por diferentes autores, na avaliação dos impactos desta tempestade utilizando diferentes metodologias, como por exemplo Fernandez et al. (2011); Bulhões et al. (2014); Fernandez et al. (2015) e Muehe et al. (2015).

As Praias do Peró e de Rio das Ostras diferem em relação as características morfodinâmicas. Enquanto a Praia de Rio das Ostras é um exemplo típico de praia refletivas de alta energia (Figura 9.6), a Praia do Peró é caracterizada por apresentar características dissipativas a intermediárias (Figura 9.7). É interessante ressaltar que ambas as praias estão expostas a ondulações de sudeste, frente ao alinhamento NE/SW, o que permite análises comparativas dos efeitos da tempestade de 2010, em função das diferentes características morfodinâmicas. Neste caso, há uma oportunidade de se avaliar de que forma praias com diferentes classificações modais em relação aos estágios morfodinâmicos, respondem a eventos de tempestade.

Na praia de Rio das Ostras foram estabelecidos três perfis de monitoramento (Figura 9.1), e segundo Oliveira-Filho et al. (2020) existe, além da classificação refletiva para todo o arco, um comportamento rotacional da praia. Este comportamento foi determinado pela análise volumétricas em ambos os extremos do arco. Neste caso, houve acumulação sedimentar durante os períodos de verão no perfil sul, fruto da maior ação das ondas de tempo bom, de direção nordeste, favorecendo o transporte de norte para o sul. Por outro lado, durante o período de tempestades, mais frequentes entre abril e setembro, o perfil mais ao norte apresentou acumulação de sedimentos como resultado da ação de ondas mais frequentes do quadrante sul/sudeste, invertendo o transporte e deposição de sedimentos. No sentido de se determinar os efeitos da tempestade de abril, na figura 9.6 está apresentado o perfil central, ou seja, aquele que mostraria somente o impacto real da tempestade, sendo este o perfil que apresenta as menores variações topográficas e volumétricas, por estar na parte central do arco, não sofrendo portanto, influência do efeito rotacional mencionado. A partir do perfil de monitoramento, é possível se verificar a rápida erosão causada pela tempestade, em que houve a destruição completa da praia, atingindo a vegetação fixadora de uma duna frontal incipiente no topo da barreira. Este impacto foi analisado como efeito de colisão, seguindo a classificação de Sallenger (2000), numa detalhada análise feita por Oliveira-Filho et al. (2020). O interessante é o decréscimo volumétrico evidente, quando são analisados os dados pré tempestade (fevereiro de 2010) e durante a tempestade (abril de 2010), em que o volume observado passou de 152 m^3/m para 47 m^3/m, e subsequentemente, ter recuperado o estoque total anterior a tempestade, em dezembro de 2012, apresentando no último monitoramento (março de 2020), 174 m^3/m (Figura 9.6).

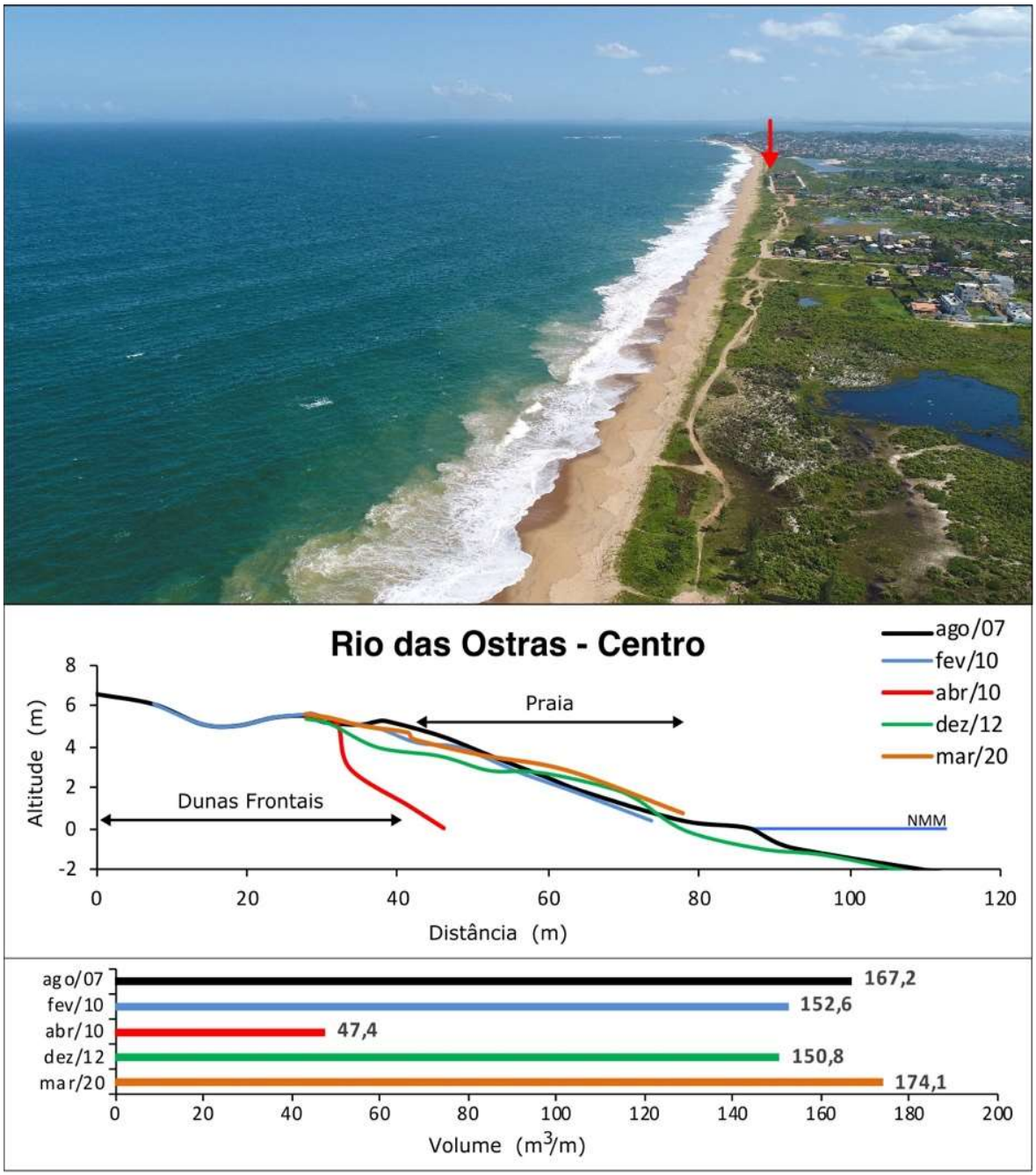


Figura 9.6. Visão oblíqua da Praia de Rio das Ostras, na parte superior da figura, em que é possível se verificar uma praia com características refletivas. A seta em vermelho, na fotografia, mostra a localização aproximada do perfil. Abaixo, se destaca o perfil obtido em abril de 2010, em que houve um recuo de pelo menos 30 m da parte emersa da praia, em um único evento. Por outro lado, o perfil de dezembro de 2012, mostra a total recuperação dos estoques volumétricos. A localização geográfica do ponto, assim como o seu posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, estão respectivamente apresentados na Tabela 9.1 e na Figura 9.1.

Fonte: os autores

Se houve uma rápida resposta em relação a tempestade de 2010 em Rio das Ostras, a Praia do Peró (Figura 9.1) apresentou um comportamento diferente. No Peró, por ser uma praia com características que variam de intermediarias à dissipativas, a dinâmica sedimentar já está predominantemente localizada na zona submarina, de maneira a projetar bancos pouco proeminentes, em uma extensa zona de surfe, composta por sedimentos arenosos finos ou muito finos, dissipando a energia das ondas. Os perfis superpostos e a análise volumétrica mostraram que poucas alterações foram possíveis de serem verificadas durante a tempestade. O volume pré tempestade, de 151 m^3/m, foi pouco alterado pelo evento de abril de 2010, que promoveu a retração para 140 m^3/m, o mesmo que o primeiro levantamento, realizado em outubro de 2007. Por outro lado, no levantamento de março de 2020, se nota uma redução do volume sedimentar, que atingiu 112 m^3/m. Morfologicamente é possível se verificar uma erosão no topo do perfil, o que deve ter afetado diretamente o volume total. Esse dado é interessante de se comparar com o acompanhamento de perfis publicado por Muehe et al. (2015), que documenta processos erosivos no topo das dunas do Peró, com aprofundamento da topografia transversal por cortes eólicos, e mesmo numa área mais ao sul do perfil aqui apresentado, onde os autores identificaram erosão na base das dunas frontais. Na fotografia oblíqua apresentada na Figura 9.7 é possível verificar uma escarpa contínua de erosão, na base das dunas frontais, que está representada na sobreposição dos perfis. Além disso, nota-se uma série de caminhos utilizados por veículos utilizados para recreação, em direção as dunas frontais. Estes caminhos provavelmente podem ser importantes para se acompanhar em relação a conexão com futuros cortes eólicos.

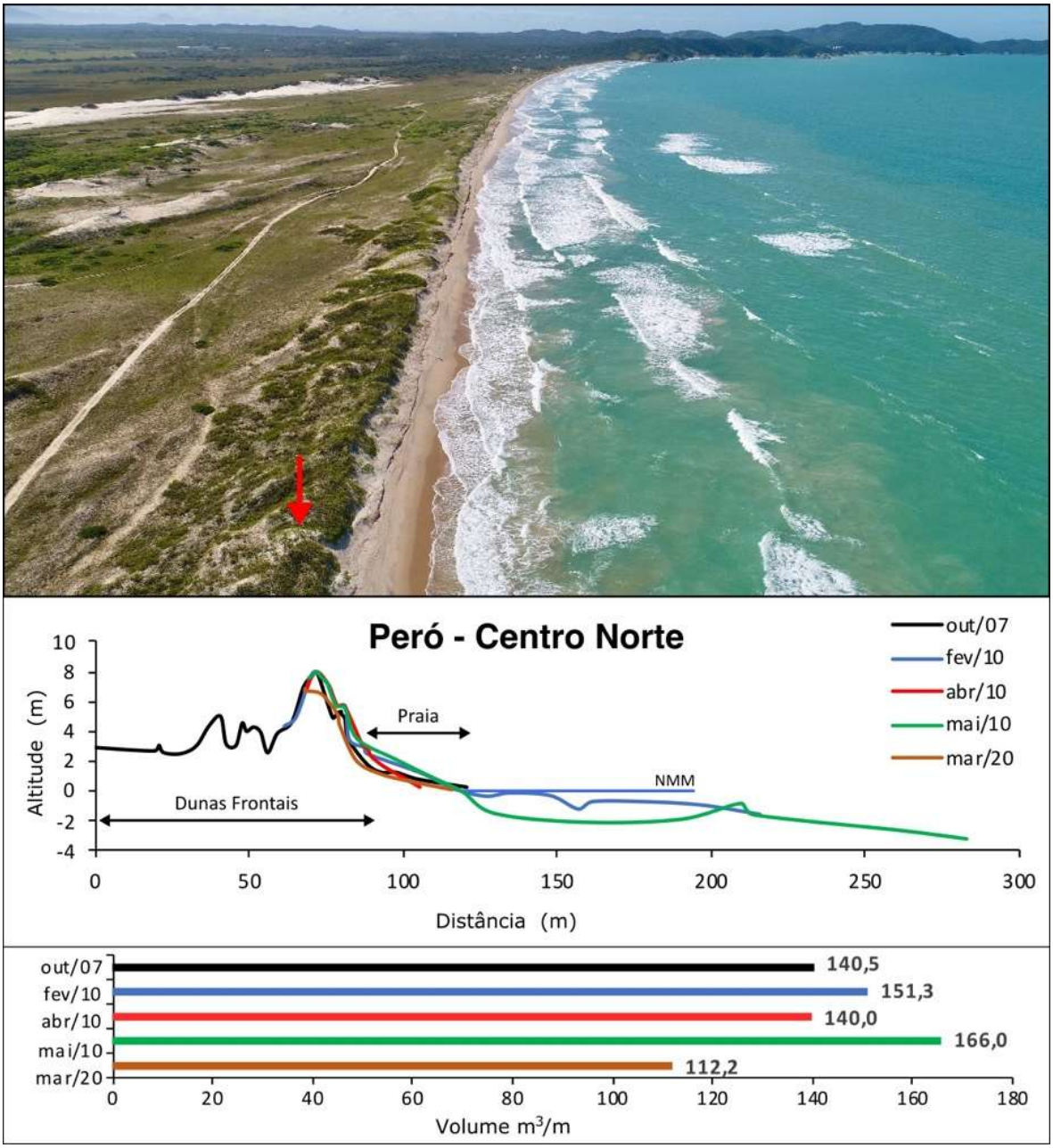


Figura 9.7. Na fotografia oblíqua na Praia do Peró, parte superior da figura, se destacam dunas frontais formadas ao longo da praia, que apresentam características dissipativas. A seta em vermelho, na fotografia, mostra a localização aproximada do perfil. Na sobreposição dos perfis foram escolhidos os mesmos perfis representativos daqueles descritos em Rio das Ostras, e o que se nota é um banco arenoso formado após a tempestade de abril de 2010, indicando que nas praias dissipativas, mesmo com impactos menos evidentes na parte emersa, houve um provável deslocamento de sedimentos para a zona submarina. A localização geográfica do ponto, assim como o seu posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, estão respectivamente apresentados na Tabela 9.1 e na Figura 9.1.

Fonte: os autores

Processos morfodinâmicos associados à transposição de ondas na parte meridional do delta do Rio Paraíba do Sul – Praia de Quissamã

O delta do Rio Paraíba do Sul (DRPS) se destaca como de relevância internacional, sendo colocado como um exemplo representativo de delta dominado ou predominantemente dominado por ondas, desde o trabalho clássico de Galloway (1975). Mesmo com questionamentos em relação ao uso do termo delta para as planícies costeiras adjacentes as principais desembocaduras fluviais do leste da costa brasileira, esta discussão está absolutamente superada, uma vez que não somente estão preservadas diferentes fases de deltação nas planícies deltaicas, como não se questiona mais a fonte moderna de sedimentos por parte dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul, para as alterações morfológicas recentes junto a foz destes canais (Dominguez, 2009; Fernandez et al., 2019).

No caso específico do DRPS, a morfologia em cúspide associada a desembocadura, as diferentes classificações geomorfológicas da barreira holocênica (Rocha e Fernandez, 2016), e alterações do alinhamento da linha de costa, subdividem o delta em dois trechos distintos: o delta meridional e o setentrional. O litoral entre a foz do Rio Macaé e o cabo de São Tomé representa a parte meridional do DRPS, e é caracterizado por uma barreira costeira transgressiva e sistemas lagunares à retaguarda, que apresentam sua morfologia truncada pelo contínuo deslocamento da barreira holocênica em direção ao continente (Dias e Kjerfve, 2009; Rocha et al. 2013), que no monitoramento estabelecido é apresentado como Quissamã (Figura 9.1). O movimento de translação da barreira se deve a processos de transposição de ondas, que remove sedimentos da parte frontal da praia e projeta esta sedimentação, na forma de leques e lençóis, para dentro dos sistemas lagunares. Este processo não ocorre ao longo de toda a feição holocênica, sendo que em alguns trechos os efeitos de ondas são notados pela formação de escarpas erosivas ou mesmo a presença de vegetação no topo da barreira, fixando uma delgada camada de sedimentos eólicos (Machado, 2010). Os trechos onde ocorre transposição do espraiamento das ondas nos sistemas lagunares, quando morfologicamente observadas em planta, apresentam formato de meia-lua, com a borda próxima à costa retilínea e à distal côncava, reforçando o papel desempenhado pela migração contínua da barreira em direção ao continente. Na Figura 9.8 é possível verificar na paisagem um exemplo interessante da ocorrência de um depósito, em forma de coalescência de leque, formando um lençol para o interior do sistema lagunar em Quissamã, além dos sistemas lagunares truncados. O mecanismo de transposição gerado pela transposição das ondas está diretamente associado à exposição do litoral às ondulações de sudeste, que atingem frontalmente este trecho do delta, apresentando um desajuste da geomorfologia da barreira (Rocha et al. 2013) em relação às condições de rebaixamento do nível do mar durante o Holoceno (Angulo et al., 2006).

Com o monitoramento de perfis na Praia de Quissamã, desenhado a partir de junho de 2010, buscou-se verificar o comportamento transgressivo da barreira, utilizando dados de topografia, para se evidenciar em curto prazo este mecanismo de alteração no posicionamento da linha de costa (Figura 9.1). Até o presente ainda não foi detectado por topografia este mecanismo. Por outro lado, Quadros et al. (2016) identificaram que a linha de costa, determinada pelo indicador de recuo máximo das ondas (os autores sugerem que em praias refletivas, como a de Quissamã, o recuo máximo apresenta os melhores resultados), apresentou taxas distintas de comportamento, quando analisados dados históricos, a partir da análise de fotografias aéreas. O trecho em que a barreira apresentou tendência à retrogradação, que variava entre 30 e 50 m no período de 1976 a 2012, estava justamente nos pontos em que havia indicativos de transposição. Nestes trechos também estão registradas as mais baixas altitudes da barreira frontal, determinadas pela aquisição contínua,

com auxílio de GNSS geodésico, levando Quadros et al. (2016) a concluir que os trechos mais baixos eram os mais críticos para a ocorrência de transposição.

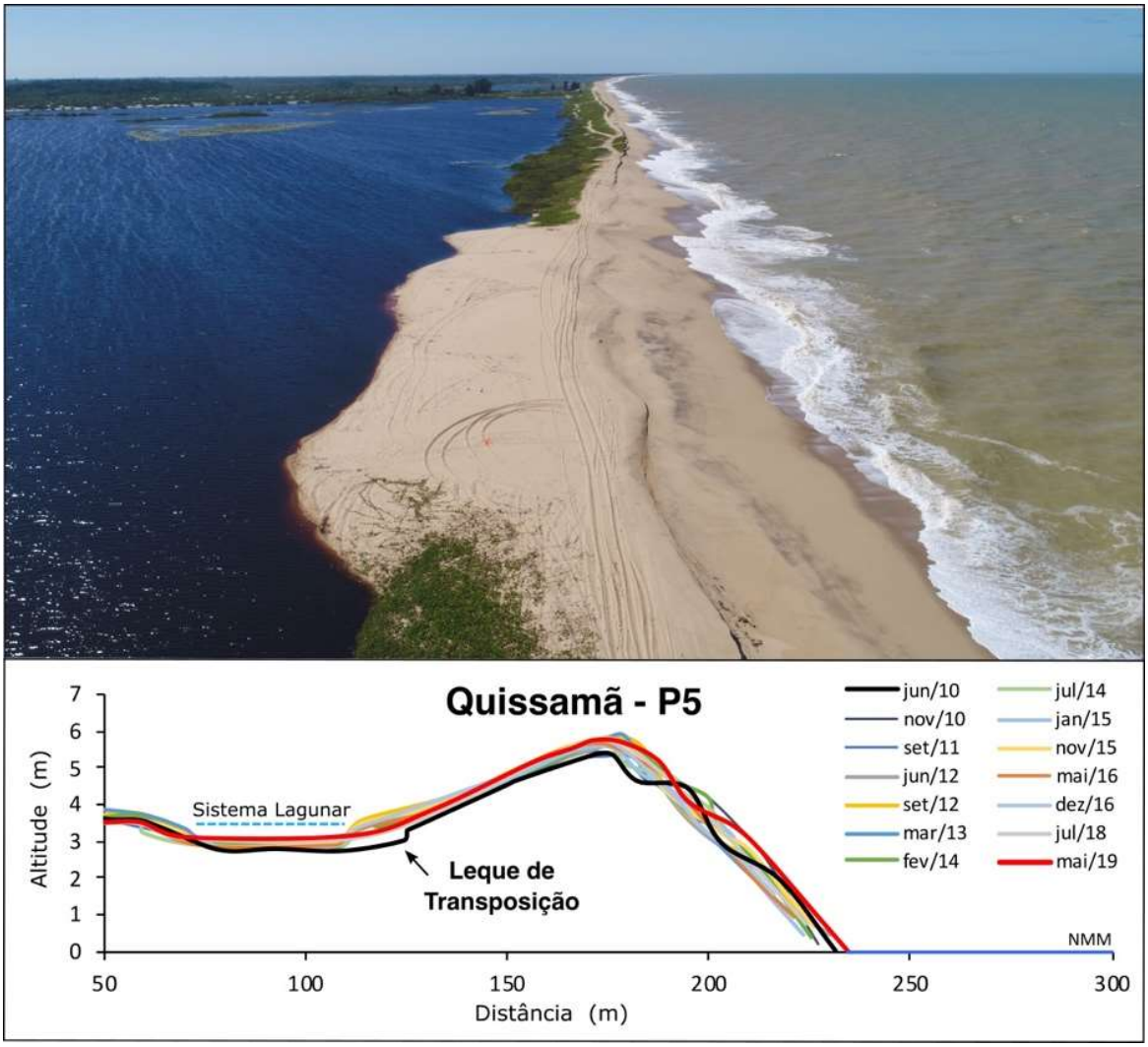


Figura 9.8. Na fotografia oblíqua é clara a formação de depósitos associados às ondas de tempestade, que ultrapassaram o topo da barreira holocênica, depositando sedimentos no interior do sistema lagunar. Esta feição da foto está localizada nas proximidades do perfil P3 (ver Figura 9.1). Na superposição de perfis, foi escolhido na realidade o perfil P5, que mostra evidências de acreção vertical e no reverso da barreira por este mesmo mecanismo. A localização geográfica do ponto, assim como o seu posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, estão respectivamente apresentados na Tabela 9.1 e na Figura 9.1.

Fonte: os autores

Por outro lado, na sobreposição dos perfis monitorados, é possível verificar que os processos de transposição têm alterado, de certa forma, a morfometria da barreira, com as altitudes sendo gradualmente aumentadas por incorporação de sedimentos, tanto no topo como no reverso da feição. Essa alteração morfológica reforça que as ondas conseguem ultrapassar o topo da barreira, sedimentando o reverso por materiais depositados na parte mais distal dos leques e, ao mesmo tempo, estes sedimentos também estão sendo gradualmente depositados no topo, aumentando a altitude. A não identificação do processo de deslocamento transgressivo da linha de costa

provavelmente acontece devido a inconstância do processo de transposição, o qual ocorre apenas em ocasiões excepcionais, em condições de ondas extremas de mau tempo. O interessante é que o monitoramento em Quissamã se iniciou em junho de 2010, portanto depois do evento extremo de abril descrito em Rio das Ostras e Peró. Essa "má sorte" na tomada de decisão, impossibilitou a documentação do processo, pois, caso o início do monitoramento tivesse ocorrido em fevereiro de 2010, talvez fosse possível se verificar o processo de migração através da sobreposição dos dados.

Erosão costeira – Praias de Atafona e Grussaí

Os processos erosivos estão entre os principais temas para aqueles que estudam a morfodinâmica costeira, cujo comprometimento já alcança a escala global (Mentaschi et al. 2018), de forma que ações de mitigação são continuamente apresentadas, principalmente em áreas de concentração de atividades socioeconômicas (Williams et al., 2018), mas é crescente entre as ações de mitigação e prevenção na erosão, indicar pela proteção costeira com o intuito de manutenção dos ecossistemas litorâneos (Gracia et al., 2018). No caso da costa brasileira, Muehe (2018) organizou um amplo mapeamento sobre o problema da erosão. No caso específico do Rio de Janeiro, Muehe et al. (2018) identifica qualitativamente a ocorrência de erosão na localidade de Atafona, e a descreve como uma área em que os processos erosivos foram detectados por diferentes autores.

Os estudos com perfis topográficos de praia desenvolvidos no LAGEF, têm no trecho que vai de Atafona a Grussaí o seu mais longevo monitoramento, tendo se iniciado em abril de 2005, na ocasião posicionando dez perfis (Figura 9.1). Durante este período, dois perfis proximais ao pontal do rio foram abandonados, por não mais ser possível representar a dinâmica transversal que os perfis possibilitam, uma vez que para se entender a dinâmica de pontais, seriam necessários outros métodos. Entre os diferentes temas em que foram utilizados perfis de praia, o mais recente trata da relação praia e desenvolvimento de dunas, e não restam dúvidas de que a identificação de contínuos processos erosivos em Atafona e de sedimentação em Grussaí, foram determinantes em diferenças relativas ao desenvolvimento de dunas frontais (Rocha et al., 2018). No trabalho de Rocha et al. (2018), os autores notaram que no trecho erosivo provavelmente predominam processos erosivos gerando escarpas e posterior remobilização sedimentar para o interior, na forma de dunas parabólicas. Recentemente Machado et al. (2019), utilizando dados de aeronaves remotamente pilotadas (drones), mostraram que as dunas formadas na parte erosiva se ajustaram à migração para o interior da linha de costa a partir do desenvolvimento de dunas parabólicas e cortes eólicos. Por outro lado, no trecho deposicional, as dunas assumiram feições mais próximas a dunas frontais típicas, desenvolvidas pela acumulação sedimentar por efeito de vegetação.

Na figura 9.9, parte superior, nota-se a extensão da erosão tomando uma grande parte do trecho urbano da localidade de Atafona. Na parte inferior da figura, na superposição dos perfis é possível se verificar o deslocamento de mais de 80 metros dos limites mais distais obtidos pelo contato do perfil com o oceano, em relação ao atual. Por outro lado, no perfil monitorado no extremo sul, na localidade de Grussaí, o que se verifica é que houve uma sensível projeção da praia, resultado da incorporação de sedimentos, sejam eles por deriva lateral, ou mesmo por incorporação de bancos, haja vista a mobilidade na zona de surfe (Figura 9.10).

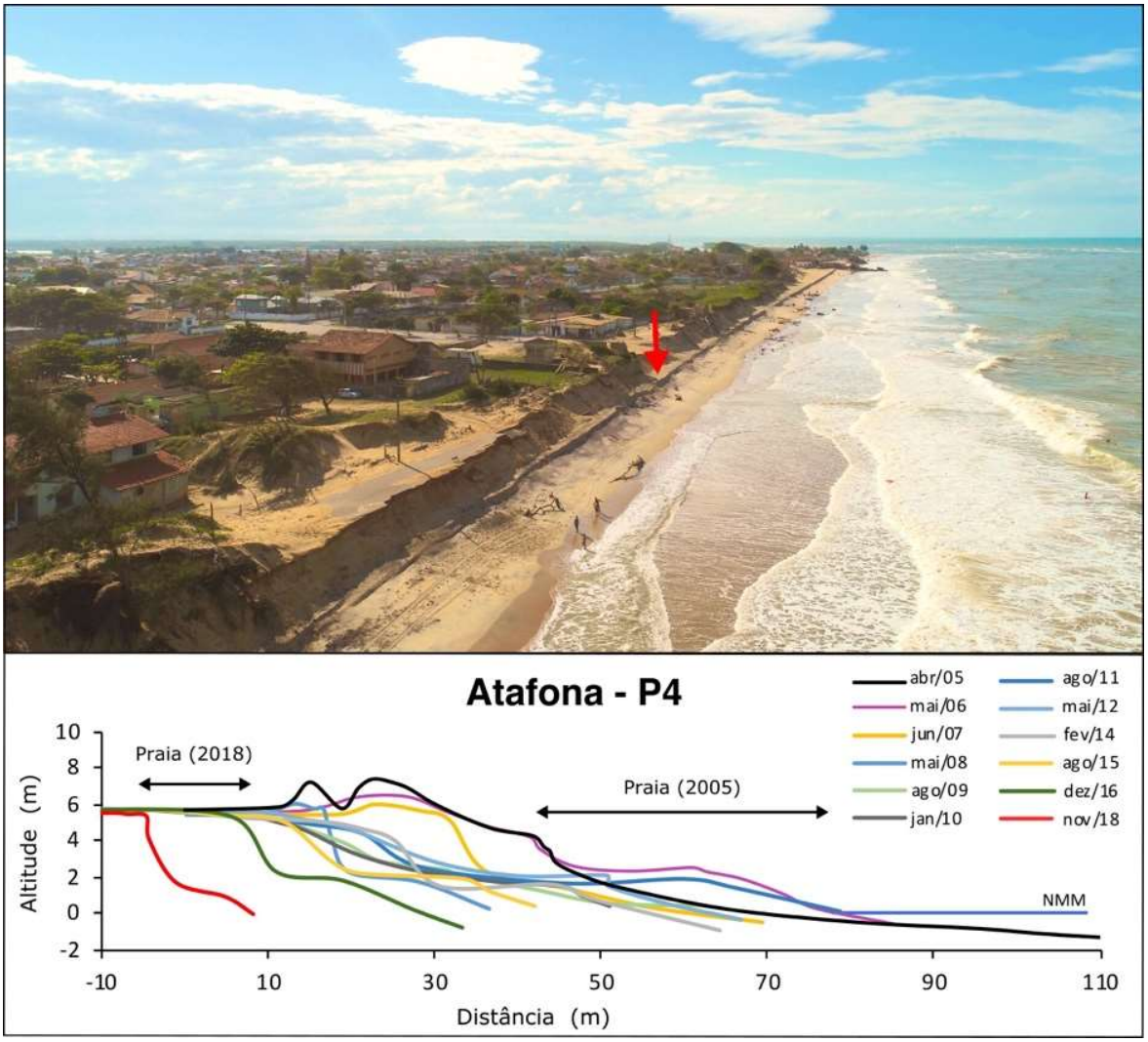


Figura 9.9. A fotografia oblíqua mostra a extensão da erosão costeira sobre a localidade de Atafona, com a formação de uma escarpa erosiva contínua, em que é possível se verificar a destruição de uma rua de acesso, que atualmente se dirige a praia. A seta em vermelho mostra justamente o início do perfil. Na superposição dos perfis na parte baixa da figura, se nota a sensível erosão pelo recuo da escarpa erosiva. A localização geográfica do ponto, assim como o seu posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, estão respectivamente apresentados na Tabela 9.1 e na Figura 9.1.

Fonte: os autores

Se o comportamento erosivo e deposicional dos diferentes perfis de praia foi de fundamental importância para o entendimento da relação morfodinâmica entre as dunas frontais e a praia, são ainda inconclusivos os mecanismos hidrodinâmicos que atuam no atual processo de erosão e deposição. Muito provavelmente estes processos estão diretamente associados à distribuição de ondas difusivas e antidifusivas, conforme modelo apresentado por Ashton e Murray (2005) e analisado empiricamente com ondas locais por Machado (2010). Independente do conhecimento das causas da erosão, é interessante se notar que este processo erosivo parece ter ocorrido ao longo da evolução geológica da planície deltaica, uma vez que Rocha et al. (2019) sugerem que o realinhamento das cristas de praia possa estar relacionado aos atuais eventos erosivos observados. Portanto, se a identificação de truncamentos no alinhamento das barreiras regressivas, durante a evolução holocênica, ocorreu no passado geológico, é possível que as causas da erosão sejam bem

mais complexas do que a simples identificação de alterações na bacia, em relação à carga hidráulica e à sedimentação. O que é fato, é que as taxas de erosão desde o primeiro levantamento em 2005, utilizando o perfil mais representativo deste processo, mostrou a migração de mais de 80 m, sendo, portanto, avaliada como um contínuo deslocamento por processos erosivos, verificados sistematicamente por monitoramento de perfis de praia. E, por outro lado, o monitoramento permitiu a determinação de acumulação sedimentar em escala de décadas, na Praia de Grussaí.

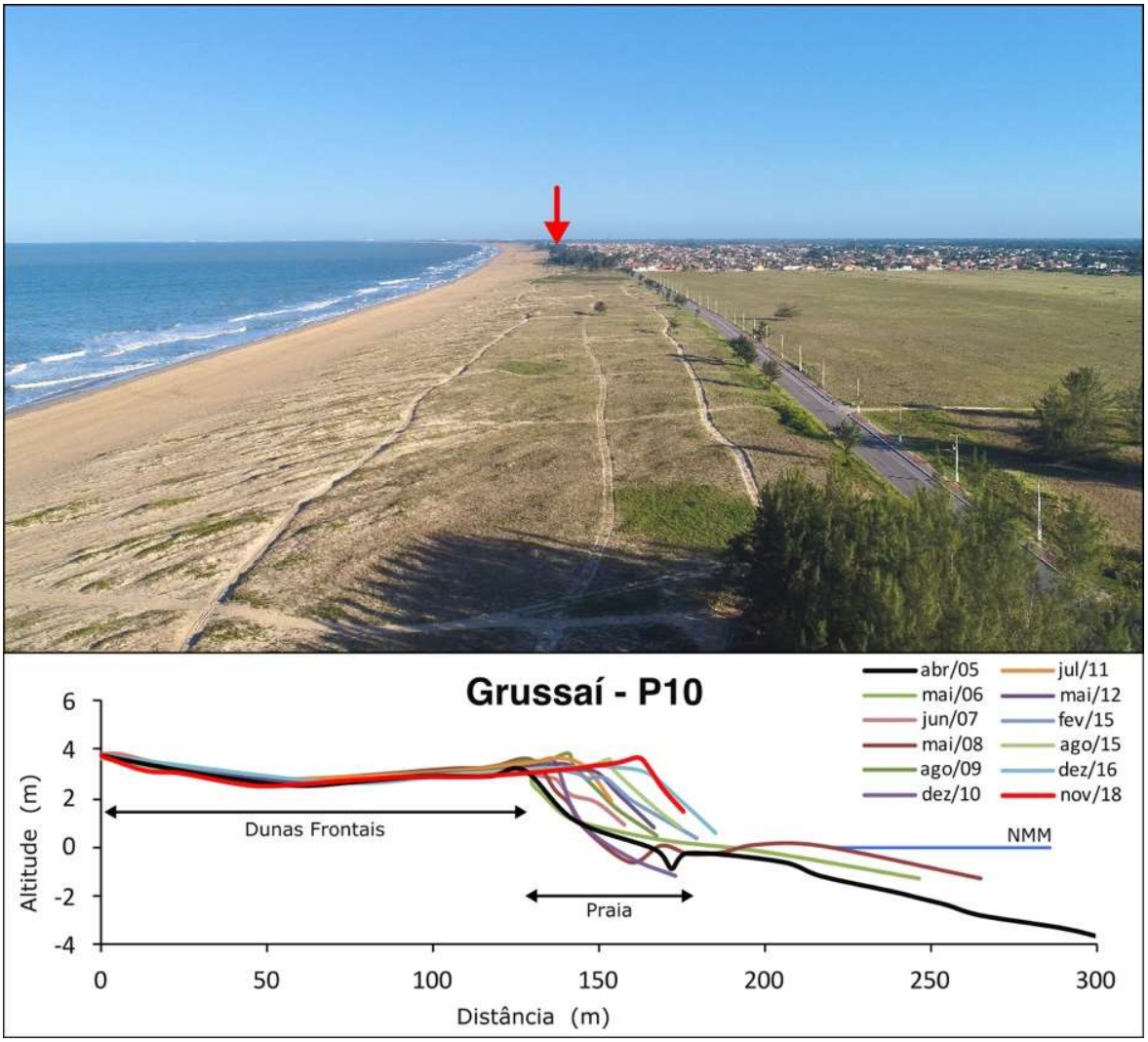


Figura 9.10. A fotografia oblíqua, na parte superior da figura, mostra a extensão da progradação na localidade de Grussaí, com uma grande extensão de dunas frontais incipientes. A seta em vermelho mostra o início aproximado do perfil. Na superposição dos perfis na parte baixa da figura, se nota uma gradual progradação da praia, com uma grande extensão de dunas frontais incipientes, que por estarem em um ponto com orla urbanizada, e compactadas pelas diversas atividades de lazer, impossibilitam sua representação morfológica no perfil de praia. A localização geográfica do ponto, assim como o seu posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, estão respectivamente apresentados na Tabela 9.1 e na Figura 9.1.

Fonte: os autores

Processos evolutivos geomorfológicos determinados por ondas oblíquas – Praia de Gargaú (DRPS)

O DRPS, de fato, apresenta nuances de evolução geomorfológicas interessantes quando analisadas ambas as margens fluviais no contato com o oceano. Se ao sul da foz foram identificados processos erosivos e deposicionais, ao norte a morfodinâmica é bastante diferente, apresentando o desenvolvimento contínuo entre depósitos arenosos e sistemas lagunares, na localidade de Gargaú (Figura 9.1), conforme descrição de Vasconcelos et al. (2016). Este padrão deposicional distinto foi interpretado a partir das considerações de Ashton e Giosan (2011), que associam o desenvolvimento de *spits* arenosos ao aumento da proporção de ondas oblíquas, assim como da assimetria da distribuição do clima de ondas, gerando também, por conseguinte, fácies sedimentares entre depósitos lamosos (lagunas) e arenosos representados pelos *spits* (Li et al., 2011). Em outras palavras, a morfologia atual do DRPS, ao apresentar sequências de barreiras regressivas ao sul, e *spits* e sistemas lagunares ao norte, ambas associadas a processos de progradação, está relacionada à maior frequência de ondas oriundas de nordeste (tempo bom), alternadas com ondulações de tempestade oriundas de sul, atingindo o litoral com ângulos críticos. Isso pode ser corroborado durante a evolução quaternária descrita geocronologicamente por Rocha et al. (2019), em que os autores notaram que houve uma sensível diferença entre a taxa de progradação ao sul em relação ao norte. Este desenvolvimento desigual seria resultado de uma evolução deltaica assimétrica.

O conceito de assimetria deltaica e a evolução dos *spits* foi explorada por Vasconcelos et al. (2016). A partir de dados topobatimétricos, além de análises com auxílio de fotografias aéreas, os autores verificaram sequências de bancos submersos, que se auto-organizam e, em parte, abastecem o desenvolvimento de um *spit*, que por deriva litorânea de sul para norte, fechou um antigo braço de mar, dando origem a uma lagoa (Vasconcelos et al., 2016).

O monitoramento dos perfis transversais, obviamente, não responde sozinho à análise deste processo. Na Figura 9.11, o que se pode notar, analisando a linha pontilhada preta, é a formação de um banco submarino, projetado em direção à planície, indicando que a linha de costa naquela data seria a atual margem distal da lagoa. De forma subsequente, no ano seguinte, a partir da deriva litorânea de sul para norte, houve a emersão deste banco, na forma de uma barreira, separando a planície. Na realidade esta barreira é o corte transversal sobre o *spit*, isolando o sistema lagunar. Este mecanismo projeta a linha de costa desde a parte interna da lagoa, até a linha de costa em 2008 por aproximadamente 400 m, ou seja, este mecanismo de crescimento lateral da sedimentação, ao isolar o sistema lagunar, cria uma nova praia projetada em 400 m. Se este mecanismo de avanço é evidente em função do desenvolvimento do *spit*, de forma subsequente, o que se observa, pelo monitoramento contínuo, é que esta barreira migra em direção ao continente por processos de transposição de ondas, indicando que desde 2008 até o presente, na realidade, a linha de costa recuou 100 m. O que na verdade foi possível neste monitoramento foi verificar em curto prazo algo que ocorre sequencialmente no desenvolvimento quaternário no delta do Rio Paraíba do Sul.

Para finalizar esta análise da parte setentrional do DRPS, o perfil monitorado mais ao norte (Figura 9.12), também desde 2007, mostrou um comportamento distinto. O que se verificou foi uma constante migração da praia desde o início de monitoramento. Isto fica evidente a partir da batimetria em 2007, que está atualmente posicionada na base do perfil mais recente levantado (janeiro de 2020). Este comportamento indica que a sedimentação contínua da praia projetou a linha de costa em direção ao mar, de maneira continuada, por incorporação direta de sedimentos, em um mecanismo que sugere que as taxas de transporte em direção à costa são sensivelmente

superiores à remoção de materiais para a zona submarina (Vasconcelos et al., 2016). Tal mecanismo se ajusta à progradação mais distal da foz, numa morfologia típica de cristas de praia em processos de progradação, verificadas ao longo do Quaternário (Rocha et al., 2019).

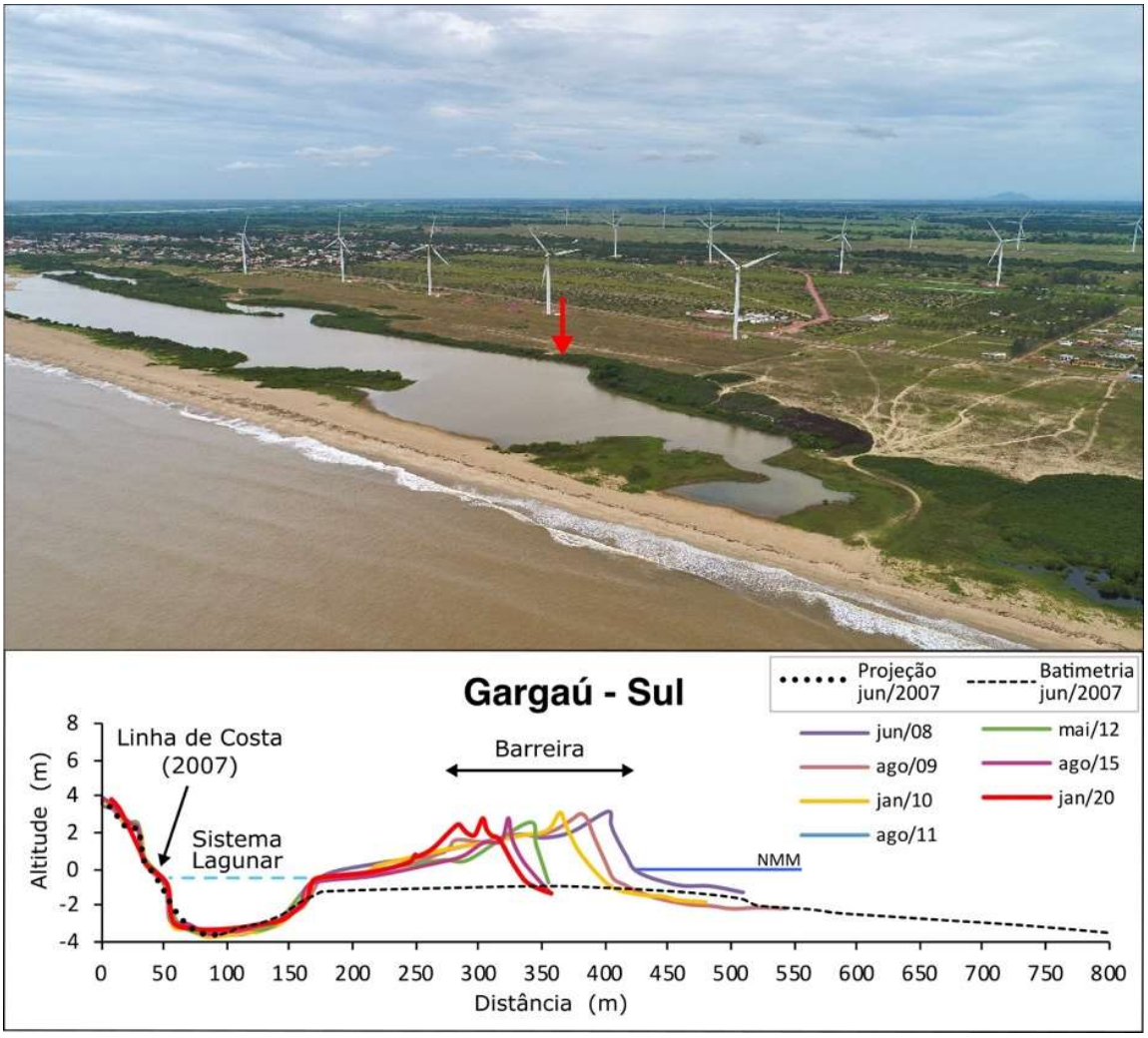


Figura 9.11. Na fotografia oblíqua, parte superior da figura, fica evidente o isolamento do sistema lagunar pela constituição do *spit*. Na margem distal da lagoa, em que a seta em vermelho mostra a localização do perfil, também há representação da linha de costa em 2007. Na superposição dos perfis - a documentação topográfica da barreira - é possível verificar a contínua migração da feição em direção ao continente. A localização geográfica do ponto, assim como o seu posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, estão respectivamente apresentados na Tabela 9.1 e na Figura 9.1. A seta em vermelho mostra justamente o início do perfil.

Fonte: os autores

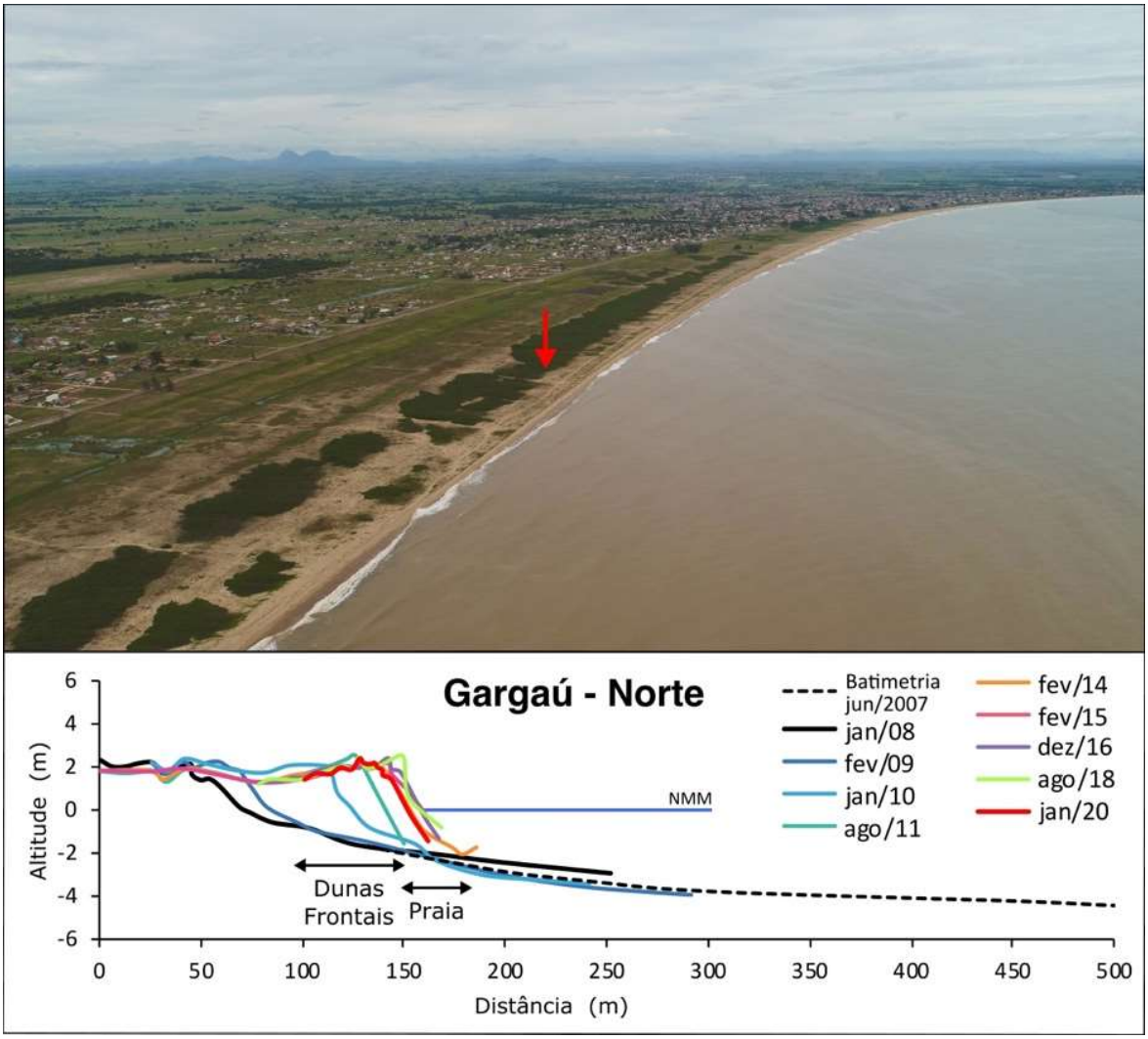


Figura 9.12. Na fotografia oblíqua, parte superior da figura, é interessante se verificar a contínua projeção da linha de costa, que é visível pelo posicionamento da avenida litorânea e parte da urbanização, que sugere a franca migração de linhas de praia. A seta em vermelho mostra justamente o início do perfil. Topograficamente isso fica evidente pelo perfil topobatimétrico obtido em 2007 (parte inferior da figura) onde, sob os perfis mais recentes, é possível notar a migração da crista da berma em direção ao oceano. A localização geográfica do ponto, assim como o seu posicionamento no mapa do Rio de Janeiro, estão respectivamente apresentados na Tabela 9.1 e na Figura 9.1.

Fonte: os autores

Conclusão

A partir dos dados de monitoramento dos perfis de praia, distribuídos ao longo do litoral do Rio de Janeiro foi possível analisar diferentes temas envolvidos na morfodinâmica costeira. A utilização deste método se mostra ainda com grande valia, na análise espaço-temporal de fenômenos junto à costa. As análises brevemente apresentadas reforçam o papel fundamental de não somente se estabelecer, mas principalmente reocupar de forma sistemática os pontos escolhidos nas praias. Um monitoramento muitas vezes é determinado para um estudo específico, sem que depois possam ser feitas análises com períodos mais longos, em função do abandono de marcações

topográficas no terreno. A continuidade dos levantamentos aqui descrita, não deixam dúvidas de que é função direta da motivação de uma equipe grande, com recursos para serem aplicados, e equipamentos mais modernos, que agilizam sobremaneira a coleta dos dados.

Atualmente além dos dados de perfis sistemáticos, está em curso a aquisição contínua para geração de dados tridimensionais, produzidos a partir de fotografias aéreas obtidas por câmeras acopladas às aeronaves remotamente pilotadas (*drones*). Este é um novo esforço que provavelmente vai permitir análises ainda mais robustas sobre os diferentes aspectos aqui mencionados. Se espera, por exemplo, a avaliação da evolução de cortes eólicos conectados a praias e dunas frontais como o caso de Cabo Frio e do Peró, além da delimitação contínua de escarpas erosivas e seu posicionamento ao longo do tempo, subsidiando a interpretação de variações da linha de costa com detalhamento submétrico. Assumindo que já existem dados em plataformas digitais que cobrem a escala global, como o *Acquamonitor* (https://aqua-monitor.appspot.com/), ferramentas para superposição de imagens como o programa *Google Earth Engine*, e imagens de alta resolução espacial (três metros) e temporal (revisita diária) ofertadas por companhias privadas como a *Planet* (https://www.planet.com/), os dados submétricos podem ser de grande oportunidade para se estabelecer um detalhamento espacial e temporal de fenômenos morfodinâmicos. Outro importante desafio será o processamento destes dados de maneira sistemática, que terá que necessariamente aumentar a capacidade computacional dos laboratórios de pesquisa. De toda a forma, a contribuição que este capítulo deixa de certa maneira marcada, além da oportunidade de se compartilhar os dados coletados de maneira contínua e sistemática, aplicada a diferentes temas morfodinâmicos, repousa em alertar as futuras gerações para a importância da perseverança do monitoramento de campo, lembrando que muitas vezes, as análises dos temas abordados foram iniciadas com dois cabos de vassoura graduados por uma fita de costura, e uma trena, além de muita disposição para realizar trabalhos de campo.

Agradecimentos

Primeiramente o autor principal, em nome dos coautores, agradece sinceramente o convite feito pelo Dieter (o autor principal se dá esse direito, em relação a forma de tratamento, em nome de uma amizade construída desde 1993, quando o então Professor Dieter Muehe ofereceu uma bolsa de iniciação científica, no Projeto Petrobras – Programa Integrado de Treinamento de Alunos) para participar deste livro, que certamente irá marcar os estudos da Geografia Marinha e Costeira no Brasil. Foram a partir das ideias do Dieter, que preconiza o trabalho de campo e a topografia sistemática como uma ferramenta interessante e fundamental de estudos em morfodinâmica costeira, que este monitoramento foi desenhado. Em segundo lugar, os autores agradecem aos diferentes órgãos de fomento de pesquisa (CNPq, CAPES e FAPERJ), que possibilitaram a coleta de maneira sistemática, amenizando o desembolso salarial realizado pelo autor principal em parte dos campos. Estes órgãos de fomento foram fundamentais também na aquisição de equipamentos de campo. Aos diferentes estudantes que também realizaram perfis de praia ao longo destes 15 anos de monitoramento. Os autores agradecem ainda a empresa *Planet*, por ceder as imagens *PlanetScope* e *Landsat 8*, através do programa de Educação e Pesquisa (*Education and Research Program*).

Referências bibliográficas

ANGULO, R.J.; LESSA, G.C.; SOUZA, M.C. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary Science Reviews**, n.25, p.486–506, 2006.

ASHTON, A.; GIOSAN, L. Wave-angle control of delta evolution. Geophysical Research Letters, v. 38, 2011. doi:10.1029/2011GL047630

ASHTON, A.; MURRAY, A.B. High-Angle Wave Instability and Emergent Shoreline Shapes: 1. Modeling of Sand Waves, Flying Spits, and Capes. **Journal of Geophysical Research**, Earth Surface, v. 111, 2006. DOI:10.1029/2005JF000422.

BENTES, A.M.L.; MUEHE, D. Morphodynamic variability of four beaches of the Northern-center sector of Rio de Janeiro State. **Journal of Coastal Research**, Itajaí, Santa Catarina, Brasil, v. SI 35, p. 265-270, 2003.

BENTES, A.M.L.; MUEHE, D.; FERNANDEZ, G.B.; RIBEIRO, A.Y. Estudo da Variabilidade Morfodinâmica de Quatro Praias Situadas no Setor Centro Norte do estado do Rio de Janeiro. In: **X Semana Nacional de Oceanografia**, 1997, Itajaí. Anais da X Semana Nacional de Oceanografia, 1997.

BULHÕES, E.M.R.; FERNANDEZ, G.B.; OLIVEIRA FILHO, S.R.; PEREIRA, T.G.; ROCHA, T.B. Impactos costeiros induzidos por ondas de tempestade entre o Cabo Frio e o Cabo Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5(2), p. 155-165, 2014. http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v5i2.36460

BURVINGT, O.; MASSELINK, G.; RUSSELL, P.; SCOTT, T. Classification of beach response to extreme storms. Geomorphology, v. 295, n. 722–737, 2017. doi:10.1016/j.geomorph.2017.07.022

CARDOSO, I.C.B.; MONTEIRO, S.C.; OLIVEIRA FILHO, S.R.; FERNANDEZ, G.B. Morfodinâmica entre praia e duna em trecho exposto a ventos do mar para a terra: enfoque especial ao efeito de pista de vento - litoral de cabo frio, RJ. In: **XII Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO**, 2018, Crato, CE. Anais do XII SINAGEO, 2018.

CARTER, R.W.G.; WOODROFFE, C.D. **Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

COOPER, A.; MASSELINK, G.; COCO, G.; SHORT, A.; CASTELLE, B.; ROGERS, K.; ANTHONY, E.; GREEN, A.N.; KELLEY, J.T.; PILKEY, O.H.; JACKSON, D.W.T. **Sandy beaches can survive sea-level rise**. Pre-print. 2020. https://doi.org/10.31223/osf.io/4md6e

DAVIS, R.A.; HAYES, M.O. What is a wave-dominated coast? **Marine Geology**, 60(1-4), 313–329, 1984. DOI:10.1016/0025-3227(84)90155-5

DELGADO-FERNANDEZ, I. A review of the application of the fetch effect to modelling sand supply to coastal foredunes. **Aeolian Research**, v. 2, n. 2-3, pp. 61–70, 2010. DOI:10.1016/j.aeolia.2010.04.001

DIAS, G.T.M.; KJERFVE, B. Barrier and Beach Ridge Systems of Rio de Janeiro Coast. In: S. Dillenburg e P. Hesp (eds.). **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, v.107, p. 225-248, 2019.

DOMINGUEZ, J.M.L. The coastal zone of Brazil. In: Dillenburg, S.R., Hesp, P.A. (eds) **Geology and geomorphology of holocene coastal barriers of Brazil**. Springer, Berlin, pp 17–51, 2009.

FERNANDEZ, G.B.; ROCHA, T.B. Barreiras costeiras holocênicas: geomorfologia e arquitetura deposicional no litoral do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, p. 301-319, 2015.

FERNANDEZ, G.B.; MUEHE, D. Sediment budget correlation with the Southern Oscillation Index of a foredune westward of cabo Frio (Rio de Janeiro). **Journal of Coastal Research**, v. SI 39, p. 1-6, 2004.

FERNANDEZ, G.B.; BULHÕES, E. M. R.; ROCHA, T. B. Impacts of Severe Storm Occurred in April 2010 along Rio de Janeiro. **Journal of Coastal Research**. SI 64 (Proceedings of the 11th International Coastal Symposium), p. 1850–1854, 2011.

FERNANDEZ, G.B.; MALUF, V.; BULHÕES, E.M.R.; ROCHA, T.B.; PEREIRA, T.G.; OLIVEIRA FILHO, S.R. Impactos morfológicos e resiliência das praias do litoral do Rio de Janeiro: referência especial à morfodinâmica praial. In: PAULA, D. P.; DIAS, J. A. (Orgs.). **Ressacas do mar/temporais e gestão costeira**. Fortaleza, Premius, 2015, p. 277-329.

FERNANDEZ, G.B.; FIGUEIREDO, M.S.; ROCHA, T.B.; MALUF, V.B.; MARTINS, C; MOULTON, M.A.B. Foredune Morphological Changes by Offshore Winds Revealed By Ground-Penetrating Radar: Massambaba Beach - Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 75, p. 278-282, 2016.

FERNANDEZ, G.B.; PEREIRA, T.G.; ROCHA, T.B.; MALUF, V.; MOULTON, M.; OLIVEIRA FILHO, S.R. Classificação morfológica das dunas costeiras entre o cabo frio e o cabo búzios, litoral do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, p. 595-622, 2017. http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i3.862

FERNANDEZ, G.B; ROCHA, T.B.; BARBOZA, E.G.; DILLENBURG, S.R.; DA CAMARA ROSA, M.L.C.; ANGULO, R.J.; DE SOUZA, M.C.; DE OLIVEIRA, L.H.S.; DOMINGUEZ, J.M.L. **Natural Landscapes Along Brazilian Coastline**. 1ed.: Springer Singapore, 2019, p. 199-218.

FIGUEIREDO, M.S.; ROCHA, T.B.; FERNANDEZ, G.B. Geomorfologia e arquitetura deposicional interna da barreira costeira holocênica da Massambaba, litoral do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 3, p. 447–464, 2018.

GALLOWAY, W. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional system. **Society of Economic Paleontologists and Mineralogist (SEPM)**, Special Publication n. 31, pp. 127-156, 1975.

GRACIA, C.A.; RANGEL-BUITRAGO, N.; OAKLEY, J.A.; WILLIAMS, A. Use of ecosystems in coastal erosion management. **Ocean e Coastal Management**. v. 156. n. 290, 2018. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2017.07.009.

HESP, P.A. Foredunes and Blowouts. **Geomorphology**. v. 48, n. 1-3, pp. 245-268, 2002. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00184-8

JACKSON, D.W; SHORT, A.D. **Sandy Beach Morphodynamics**. Elsevier, Amsterdam, Neherlands, 2020.

KLEIN, A.H.F.; SHORT, A. Brazilian Beach Systems: Introduction. In: SHORT, A. D.; KLEIN, A. H. F. (Eds). **Brazilian Beach System**. Coastal Research Library, vol 17. Springer, Cham, p. 1-35, 2016.

KULP, S.A., STRAUSS, B.H. New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. **Nature Communications**, 10, 4844, 2019. https://doi.org/10.1038/s41467-019-12808-z

LI, W.; BHATTACHARYA, J.P.; WANG, Y. Delta asymmetry: Concepts, characteristics, and depositional models. Petroleum Science. v. 8, pp. 278–289, 2011. https://doi.org/10.1007/s12182-011-0145-x

MACHADO, G.M.V. Análise morfossedimentar da praia, antepraia e plataforma continental interna da linha de costa do Parque Nacional de Jurubatiba - Rio de Janeiro. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 2, n. 1, pp. 01-17, 2010.

MACHADO, B. A.; ROCHA, T.B.; OLIVEIRA FILHO, S.R.; GUZZO, A.L. Caracterização morfológica das dunas frontais no flanco sul do delta do rio Paraíba do Sul, através de VANT (Veículo aéreo não-tripulado). In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física, 2019, Fortaleza. **Geografia Física e Mudanças Globais**, 2019.

MASSELINK, G; GEHRELS, R. **Coastal Environments and Global Change**. Wiley, 2015. 438 p. https://doi.org/10.1002/9781119117261

MASSELINK, G.; van HETEREN, S. Response of wave-dominated and mixed-energy barriers to storms. **Marine Geology**, v. 352, p. 321–347, 2014.

MALUF, V.B.; FERNANDEZ, G.B.; MARTINS, C.A.; FIGUEIREDO, M.S.; ROCHA, T.B. Características morfodinâmicas tridimensionais da Praia da Massambaba, litoral Centro-Sul do estado do Rio de Janeiro. In: **XI SINAGEO**, 2016, Maringá, PR. Anais do XI SINAGEO, 2016.

MENTASCHI, L.; VOUSDOUKAS, I.L.; PEKEL, J.F.; VOUKOUVALAS, E.; FEYEN, L. Global long-term observations of coastal erosion and accretion**. Scientific Reports**, 8(1), 2018. doi:10.1038/s41598-018-30904-w

MOULTON, M.A.B., OLIVEIRA FILHO, S.R., ROCHA, T.B., FERNANDEZ, G.B. Foredunes of Rio de Janeiro coast: genesis, structure and morphology. **Proceedings 12th International Coastal Symposium (Plymouth, England), Journal of Coastal Research**, Special Issue No. 65, pp. 1319–1324, 2013. ISSN 0749-0208. DOI: https://doi.org/10.2112/SI65-223.1

MUEHE, D. O Litoral Brasileiro e Sua Compartimentação. In: Sandra Baptista da Cunha; Antonio José Teixeira Guerra. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A., p. 273-349, 1998.

MUEHE, D. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. v. 1. 759p.

MUEHE, D. A Geomorfologia Costeira e seu desdobramento para a Geografia Costeira e Marinha. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 63. pp. 29-59, 2018. DOI:10.21579/issn.2526-0375_2018_n1_p29-59.

MUEHE, D.; CARVALHO, V.G. Geomorfologia, cobertura sedimentar e transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre Ponta de Saquarema e o Cabo Frio (RJ). **Boletim do Instituto Oceanográfico,** São Paulo, v. 41, v.1, pp. 1-12, 1993.

MUEHE, D.; CORRÊA, C.H.T. The coastline between Rio de Janeiro and Cabo Frio. In: Neves, C. e Magoon, O.T. (ed.). **Coastlines of Brazil**. Publish.: American Society of Civil Engineers, New York. p. 110-123, 1989.

MUEHE, D.; CASTRO, L.B.; ALBINO, J. Perfis de praia: deve o método das balizas de Emery ser abandonado? **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 21, n. 1, 2020.

MUEHE, D.; FERNANDEZ, G.B.; SAVI, D.C. Resposta morfodinâmica de um sistema praia-antepraia a oeste do Cabo Frio exposto às tempestades de maio de 2001. **VIII Congresso da ABEQUA**. 2001.

MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F.; OLIVEIRA, J.F.; KLUMB-OLIVERIRA, L. Pulsos erosivos e resposta morfodinâmica associada a eventos extremos na costa leste do estado do Rio De Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 3, 2015.

MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. The beaches of Rio de Janeiro. In: SHORT, A. D.; KLEIN, A. H. F. (Eds). **Brazilian Beach System**. Coastal Research Library, vol 17. Springer, Cham, p. 363-396, 2016.

OLIVEIRA FILHO, S.R.; SANTOS, R.A.; FERNANDEZ, G.B. Erosão e recuperação de praias refletivas de alta energia impactadas por ondas de tempestade geradas por ciclone tropical. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 21, n. 2, p. 289-312, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1455

PEREIRA, T.G.; ROCHA, T.B.; FERNANDEZ, G.B. Geomorfologia e Morfodinâmica Costeira da Planície entre Cabo Frio e Arraial do Cabo - RJ. In: **VII Simpósio Nacional de Geomorfologia**/II Encontro Latino Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia/ II Encontro Latino Americano de Geomorfologia, 2008.

PLANET TEAM. **Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth**. San Francisco, CA, 2017. https://api.planet.com

QUADROS, M.A.R.; ROCHA, T.B.; FERNANDEZ, G.B. Determinação dos processos evolutivos em escala decadal da linha de costa no litoral meridional da planície detaica do Rio Paraíba do Sul, RJ. In: **XI SINAGEO**, 2016, Maringá, RJ. XI SINAGEO, 2016.

ROCHA, T.B.; FERNANDEZ, G.B.; PEIXOTO, M.N.O. Applications of ground penetrating radar to investigate the quaternary evolution of the south part of the Paraiba do Sul river delta (Rio de Janeiro, Brazil). **Journal of Coastal Research**, v. 1, p. 570-575, 2013.

ROCHA, T.B.; MACHADO, B.A.; CONCEICAO, J.S.; MELLO, G.S.; PEREIRA, T.G.; FERNANDEZ, G.B. Interação morfodinâmica entre praia e duna frontal no delta do rio Paraíba do Sul (RJ) a partir de uma década de monitoramento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, p. 283, 2018.

ROCHA, T.B; VASCONCELOS, S.C.; PEREIRA, T.G.; FERNANDEZ, G.B. Datação por luminescência opticamente estimulada (LOE) nas cristas de praia do delta do rio Paraíba do Sul (RJ): considerações sobre a evolução geomorfológica entre o Pleistoceno superior e o Holoceno. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, p. 563, 2019.

RODRÍGUEZ, H.M.G.; NICOLODI, J.L.; GUTIÉRREZ, O.Q.; LOSADA, V.C.; HERMOSA, A.E. Brazilian Coastal Processes: Wind, Wave Climate and Sea Level. In: Short A., Klein A. (eds) **Brazilian Beach Systems**. Coastal Research Library, vol 17. Springer, Cham, p. 37-66, 2016.

SALLENGER, A. H. Storm impact scale for barrier islands. **Journal of Coastal Research**. v. 16, n. 3, p. 890–895, 2000.

SHORT, A.D. **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. Sydney, Australia: John Wiley e Sons, 1999. 379 p.

SHORT, A.D.; HESP, P.A. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. **Marine Geology**, v. 48, n. 3–4, p. 259–284, 1982.

SHRODER, J.; SHERMAN, D.J. **Treatise on Geomorphology**. Academic Press, San Diego, CA, 2013.

STEPHENSON, W.J.; BRANDER, R.W. Coastal geomorphology into the twenty-first century. **Progress in Physical Geography**, v. 27, n. 4, 607–623, 2003.

STEPHENSON, W.J.; BRANDER, R.W. Coastal geomorphology. **Progress in Physical Geography**, v. 28, n. 4, p. 569–580, 2004. doi:10.1191/0309133304pp426pr

VASCONCELOS, S.C.; ROCHA, T.B.; PEREIRA, T.G.; ALVES, A.R.; FERNANDEZ, G.B. Gênese e morfodinâmica das barreiras arenosas no flanco norte do delta do rio Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, p. 481-498, 2016.

VILES, H. A. Coastal geomorphology into the 1990s. **Progress in Physical Geography**, 14(2), 238–250, 1990. doi:10.1177/030913339001400206

VIOLANTE-CARVALHO, N.; D'AVILA, V.; VILLENA, H.; FILIPPO, A. The Flying Anchor: An Original Technique for Beach Profile Measurements in the Surf Zone. **Journal of Coastal Research**, v. 36, n. 3, p. 654-660, 2020. doi:10.2112/JCOASTRES-D-19-00150.1.

VOUSDOUKAS, M.I.; RANASINGHE, R.; MENTASCHI, L.; PLOMARITIS, T.A.; ATHANASIOU, P.; LUIJENDIJK, A.; FEYEN, L. (2020). Sandy coastlines under threat of erosion. **Nature Climate Change**. doi:10.1038/s41558-020-0697-0

WALKER, I.J.; DAVIDSON-ARNOTT, R.G.D.; BAUER, B.O.; HESP, P.A.; DELGADO-FERNANDEZ, I.; OLLERHEAD, J.; SMYTH, T.A.G. (2017). Scale-dependent perspectives on the geomorphology and evolution of beach-dune systems. **Earth-Science Reviews**, v. 171, n. 220–253, 2017. doi:10.1016/j.earscirev.2017.04.011

WRIGHT, L.D.; THOM, B.G. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. **Progress in Physical Geography, v.** 1, pp. 412–459, 1977.

Guilherme Borges Fernandez é geógrafo, Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Professor Associado na Universidade Federal Fluminense. Email: guilhermefernandez@id.uff.br. CV: http://lattes.cnpq.br/1896106488323757

Silvio Roberto de Oliveira Filho é geógrafo, Doutor em Geografia pela Universidade Federal Fluminense. Atualmente é Pesquisador Pósdoc com bolsa PNPD – CAPES e Professor Assistente (Substituto) na Universidade Federal Fluminense. Email: silviooliveira@id.uff.br. CV: http://lattes.cnpq.br/5104744602282319

Thaís Baptista da Rocha é geógrafa, Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Professora Adjunta na Universidade Federal Fluminense. Email: thaisbaptista@id.uff.br.CV: http://lattes.cnpq.br/7491766974840383

Thiago Gonçalves Pereira é geógrafo, Doutor em Geologia e Geofísica Marinha pela Universidade Federal Fluminense e Professor Adjunto na Universidade do estado do Rio de Janeiro. Email: thiagopereira.uerj@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/3024558080743443

Sérgio Cadena de Vasconcelos é geógrafo, Doutor em Geografia pela Universidade Federal Fluminense e Professor Assistente da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Atualmente é coordenador da Graduação em Geografia e membro do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio. Coordenador do Núcleo de Estudos em Ambientes Costeiros/ NEAC PUC-Rio. Email: sergio.cadena82@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/3366743495001032

Victor Buznello de Vasconcellos Maluf é geógrafo e Mestre em Geografia pela Universidade Federal Fluminense. Atualmente é Analista Ambiental do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro. Email: victormaluf.inea@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/0564786744319068

Maria Angélica Rabello Quadros é geógrafa e Mestre em Geografia pela Universidade Federal Fluminense. Atualmente é Tecnologista da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na área de Geoprocessamento. Email: mquadros@id.uff.br. CV: http://lattes.cnpq.br/9409266579871520

Martim Almeida Braga Moulton é geógrafo, Doutor em Geografia pela Universidade Federal Fluminense e pela Universidade de Flinders, Austrália. Atualmente é Pesquisador Posdoc com bolsa CNPq e Professor Assistente (Substituto) na Universidade Federal Fluminense. Email: martimabm@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/8422221279985841

Capítulo 10

O uso de diferentes *proxies* para entender a evolução e os impactos ambientais em baías costeiras, o exemplo da Baía de Guanabara

José Antonio Baptista Neto; Claudia Guterres Vilela; Cintia Ferreira Barreto; Estefan Monteiro da Fonseca

Introdução

Um dos principais interesses na reconstrução da evolução das condições ambientais do passado é colocar a situação ambiental atual em seu contexto histórico. Essa reconstrução se faz através de uma série de parâmetros ambientais que possuam a capacidade de registrar as mudanças sofridas pelo ambiente durante a sua evolução. Sedimentos de granulometria fina, por exemplo, típicos de ambientes hidrodinamicamente protegidos, apresentam grande potencial de adsorção, tornando-se assim um bom repositório para traçadores ambientais. Além disso, os sedimentos acumulados em áreas costeiras rasas, como estuários, baías e lagoas, são em parte derivados da bacia hidrográfica. Assim, há muito tempo, se reconhece que os sedimentos de baías costeiras contêm

---

▪ COMO CITAR:

BAPTISTA NETO, J.A. et al**.** O uso de diferentes *proxies* para entender a evolução e os impactos ambientais em baías costeiras, o exemplo da Baía de Guanabara. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 227- 243. ISBN 978-65-992571-0-0

um forte registro do uso do solo, e dos processos erosivos das bacias hidrográficas. A análise do sedimento permite, portanto, fornecer informações que podem ser vinculadas a eventos que ocorreram na paisagem circundante. Até certo ponto, o sedimento é o espelho das mudanças ambientais, que podem refletir os processos biológicos, geodinâmicos e geoquímicos de condições anteriores (Dai et al., 2007). No entanto, as mudanças ambientais não são impulsionadas apenas por forçantes naturais, mas também por atividades antropogênicas. Exemplos claros foram as emissões de substâncias para o meio ambiente que resultaram em impactos significativos e profundos no clima, ecossistemas e seres humanos desde o final do século 18 (International Panel on Climate Change - IPCC, 2007). Crutzen e Stoermer (2000) cunharam o termo Antropoceno para este período mais recente da história da Terra. Baseados nisto, diversos estudos foram implementados, especialmente nas regiões costeiras, que apontam a intensificação das atividades humanas neste período (Steffen et al., 2007).

O impacto antropogênico nas baías costeiras foi rastreado com sucesso usando a geoquímica de sedimentos (Frignani e Bellucci, 2004). Durante a última década, estudos geoquímicos combinados com a análise de restos biológicos em sedimentos forneceram informações valiosas sobre a respectiva contribuição de produtos marinhos, terrestres e antropogênicos nas baías ao longo do último século. Esses estudos também forneceram informações precisas sobre o impacto socioeconômico no ambiente deposicional. De acordo com Dai et al. (2007) é essencial buscar *proxies* eficientes para registrar e permitir acompanhar as mudanças ambientais. Para este objetivo muitos indicadores foram identificados como ferramentas poderosas. Isso inclui exemplos como análises de tamanho de grão sedimentar, pólen, elementos traços e foraminíferos bentônicos, na lista que constitui os estudos de *multi-proxy* de mudanças ambientais (Song, 2004). Os indicadores estão progressivamente sendo desenvolvidos e empregados como ferramentas eficientes para lidar com as questões ambientais. A reconstrução das mudanças ecossistêmicas e climáticas nos últimos séculos é essencial para entender e distinguir o impacto dos processos naturais e atividades humanas nos ecossistemas, e para prever sua evolução em breve.

Em comum com a maioria dos sistemas tropicais úmidos, as encostas costeiras da região sudeste do Brasil estão sujeitas a um regime climático extremamente erosivo, caracterizado por períodos de chuvas prolongadas e frequentemente intensas. O fato de as taxas de erosão geológicas terem sido relativamente baixas, é um testemunho da proteção oferecida pela floresta costeira que uma vez recobriu grande parte da área (Magnanini, 1983; Amador, 2012). Infelizmente, a maior parte dessa floresta foi removida progressivamente, desde a chegada dos primeiros exploradores e colonizadores europeus na área, no século 16, que começaram a registrar seletivamente e depois desmatar as planícies costeiras e as encostas das montanhas (Amador, 2012). Segundo Amador (2012), o início do impacto na Baía de Guanabara começou com a ocupação europeia da área em 1549. Inicialmente, a devastação foi causada por atividades de queimada que posteriormente aumentaram as áreas de vegetação de campo. Posteriormente, com o desuso das propriedades, a atividade econômica mudou para outras áreas do Brasil, onde as encostas mais íngremes na cidade do Rio de Janeiro reverteram para a floresta secundária. No entanto, desde a Segunda Guerra Mundial, essa floresta secundária ficou ameaçada como resultado do crescimento urbano, alimentado pela migração rural/urbana e um rápido aumento da população. Esses efeitos esgotaram a disponibilidade de terrenos planos e forçaram os grupos mais pobres, especialmente as favelas, a ocuparem as encostas mais íngremes.

A região metropolitana do Rio de Janeiro fornece um exemplo clássico de evolução do uso da terra, variando de floresta primária, agricultura e pastagem, floresta secundária e, finalmente, urbanização. A floresta atlântica primária e as suas áreas desmatadas foram destruídas no início do

século 16, associado ao processo de colonização pelos portugueses, para inicialmente permitir plantações de cana-de-açúcar. A mudança, iniciada durante o século 17, e continuando por todo o século 19, viu a cana-de-açúcar gradualmente sendo substituída pelo café. As plantações de café avançaram inicialmente nas encostas e, após seu declínio, a vegetação secundária se estabeleceu novamente na área. Na década de 1930, ocorreu um novo ciclo econômico envolvendo frutas cítricas e mais uma vez foram removidas extensas áreas de vegetação. Após os anos 30, o sudeste do Brasil iniciou uma fase de urbanização associada à industrialização e um rápido aumento da população de toda a área. Isso produziu mudanças drásticas no uso da terra na cidade e em seu interior. A "colcha de retalhos" da floresta secundária e a agricultura de pequena escala foram substituídas por vilas e apartamentos nas planícies costeiras, e a progressão de moradias e favelas nas encostas mais íngremes. Em toda a área, a construção de estradas, a extração de areia e cascalho e a extração de pedras colocam mais pressão na paisagem. Essas tensões, juntamente com a agricultura de corte e queima, restringiram a floresta secundária restante a manchas nas encostas e declives mais íngremes. Segundo Baptista Neto et al. (2000), detritos liberados por distúrbios e erosão da terra dentro da bacia de drenagem da Baía de Guanabara, podem encontrar seu caminho através de uma série complexa de rotas. No decorrer da evolução desta passagem, combinam-se ao solo local sedimentos antropogênicos cuja origem varia desde a deposição atmosférica (queima de combustíveis fósseis), até as poeiras das ruas e os esgotos. Dentro da bacia hidrográfica da Guanabara, os sedimentos atingem a baía através de 45 rios e canais por numerosos dutos de esgoto que drenam para o litoral.

Os sedimentos são uma parte essencial, integral e dinâmica do ambiente aquático (Brils, 2004). Sedimentos costeiros são sumidouros importantes para um amplo espectro de contaminantes. A avaliação de seu *status* atual é um primeiro passo fundamental para o planejamento da gestão sustentável dessas áreas. Isso é especialmente verdadeiro se considerarmos que os sedimentos podem atuar não apenas como um reservatório para uma ampla variedade de produtos químicos ambientais (Gibbs, 1977), mas também como uma fonte secundária potencial de poluentes a longo prazo (Ridgway e Shimmield, 2002).

A contaminação dos sistemas costeiros através de atividades humanas aumentou nos últimos anos, à medida que a densidade populacional aumentou. Esforços significativos de monitoramento e restauração desses sistemas afetados foram desenvolvidos para fornecer aos gestores as informações científicas necessárias para implementar controles efetivos de remediação. Nos estudos *multi-proxy*, as informações físicas e geoquímicas são combinadas com os restos biológicos, a fim de se obter uma imagem mais precisa do impacto antropogênico que os sedimentos têm no ecossistema.

Urbanização da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara

A Baía de Guanabara, está inserido num contexto urbano bastante complexo, localizada no coração da região metropolitana do Rio de Janeiro, a maior concentração urbana na área costeira e o segundo pólo econômico e populacional do Brasil. Essa unidade de planejamento territorial é constituída por 21 municípios e marcada pela alta concentração de habitantes e de empresas em relação ao estado do Rio de Janeiro. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2014 ela abrigava 12.229.867 residentes, 74,3% da população do estado. No plano econômico, dos 163 bilhões de dólares (504 milhões de reais) da riqueza produzida pelo estado, a área em questão foi responsável por 63,6%. (IBGE, 2014). O setor de serviços é um dos maiores

geradores de riqueza e postos de trabalho e a atividade portuária desempenha um papel historicamente de destaque com quatro grandes unidades (Soares-Gomes, et al., 2016).

A atividade industrial da região metropolitana é tradicional e contava com 14.483 empresas em 2012, o que representa 60,4% das unidades do estado. Possui perfil bastante diversificado em tipologias e tamanhos, apresentando forte potencial poluidor, sendo 98 ligadas à indústria extrativa do petróleo e gás, 50 empresas do setor fabricação de coque, produtos petroquímicos e bicombustíveis e 518 de produtos químicos (Fonte: IBGE - cadastro central de empresas). A maior parte está instalada nas bacias hidrográficas das Baías de Guanabara e Sepetiba e sistemas adjacentes, sendo seus respectivos sistemas hídricos muitas vezes locais de destino dos dejetos industriais (Soares-Gomes, et al., 2016).

A carência de saneamento básico é uma realidade nas áreas residenciais populares nos municípios centrais e periféricos. 13,9% da população vive em aglomerados subnormais e 48,7% da população não é atendida com esgotamento sanitário (Fundação CEPERJ 2013), e os percentuais são mais elevados nos municípios que não compõem o centro metropolitano, Rio de Janeiro e Niterói. Tal fato é somado à deficiência no recolhimento de lixo, o que resulta tanto em problemas de saúde pública como na enorme descarga de esgoto doméstico sem tratamento nos cursos d'água da região metropolitana que deságuam na Baía de Guanabara, causando sérios impactos socioambientais. Este quadro de poluição industrial e esgoto doméstico atinge gravemente as características ambientais da Baía de Guanabara.

Baía de Guanabara

A Baía de Guanabara fica no estado do Rio de Janeiro - Sudeste do Brasil, entre 22º 400 S e 23º 000 S de latitude e 043º 000 e 043º 180 W longitude (Figura 1). É uma das maiores baías do litoral do Brasil e possui uma área de aproximadamente 384 km2, incluindo ilhas, e é cercada por áreas industriais e por uma das mais densamente povoadas áreas do sudeste do Brasil. Segundo Amador (2012), seu litoral tem aproximadamente 131 km de comprimento, e o volume médio de água é de 1.87 bilhões de m3. A Baía de Guanabara mede 28 km de oeste a leste e 30 km de sul a norte, mas a sua entrada é relativamente estreita, com apenas 1,6 km de largura (Kjerfve et al., 1997). A Baía de Guanabara possui uma batimetria complexa com um canal central. O canal tem 400 m de largura, se estende desde a foz a mais de 5 km da baía e é definida pela isóbata de 30 m. O ponto mais profundo da baía mede 58 m e está localizado dentro desse canal (Kjerfve et al., 1997; Melo et al., 2014). De acordo com os mesmos autores, ao norte da ponte Rio de Janeiro-Niterói o canal perde suas características, quando a baía se torna rapidamente rasa, com profundidade média de 5,7 m, devido às altas taxas de sedimentação, acelerada no século passado por atividades antropogênicas na bacia hidrográfica.

A região hidrográfica da Baía de Guanabara compreende os municípios de Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Belford Roxo, Mesquita, São João de Meriti e Nilópolis, e parcialmente os municípios de Maricá, Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu, Petrópolis, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro. Atualmente, a linha de costa da Baía de Guanabara se apresenta dividida em alguns setores definidos em função da história ocupacional da região, como já exposto de forma breve no presente capítulo.

Por outro lado, considerando só as cidades à noroeste da Baía, observam-se condições ambientais extremamente precárias. São os municípios de Mesquita, Nilópolis, São João de Meriti, Duque de

Caxias, Belford Roxo e Nova Iguaçu, que fazem parte da Baixada Fluminense, incluída na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. No final do século 19, a Baixada Fluminense era formada de uma área agrícola com grande produção de canaviais, mandioca e laranja, além de outros cultivos de subsistência. Posteriormente, nas décadas mais recentes a área foi intensamente urbanizada. Nas primeiras décadas do século 20, houve a instalação de novas rodovias e ferrovias para conectar a região à cidade do Rio de Janeiro, tais como a Avenida Brasil e a Rodovia Presidente Dutra.

A atual situação da região pode ser considerada alarmante, uma vez que os investimentos em infraestrutura de saneamento não se fizeram na mesma velocidade da urbanização. O fato da região se encontrar em terras alagáveis e, portanto, sofrer com enchentes e transbordamento dos rios, como o Sarapuí, Iguaçu e Botas, legitimam a região como um espaço de intervenções e foco de políticas públicas no estado do Rio de Janeiro.

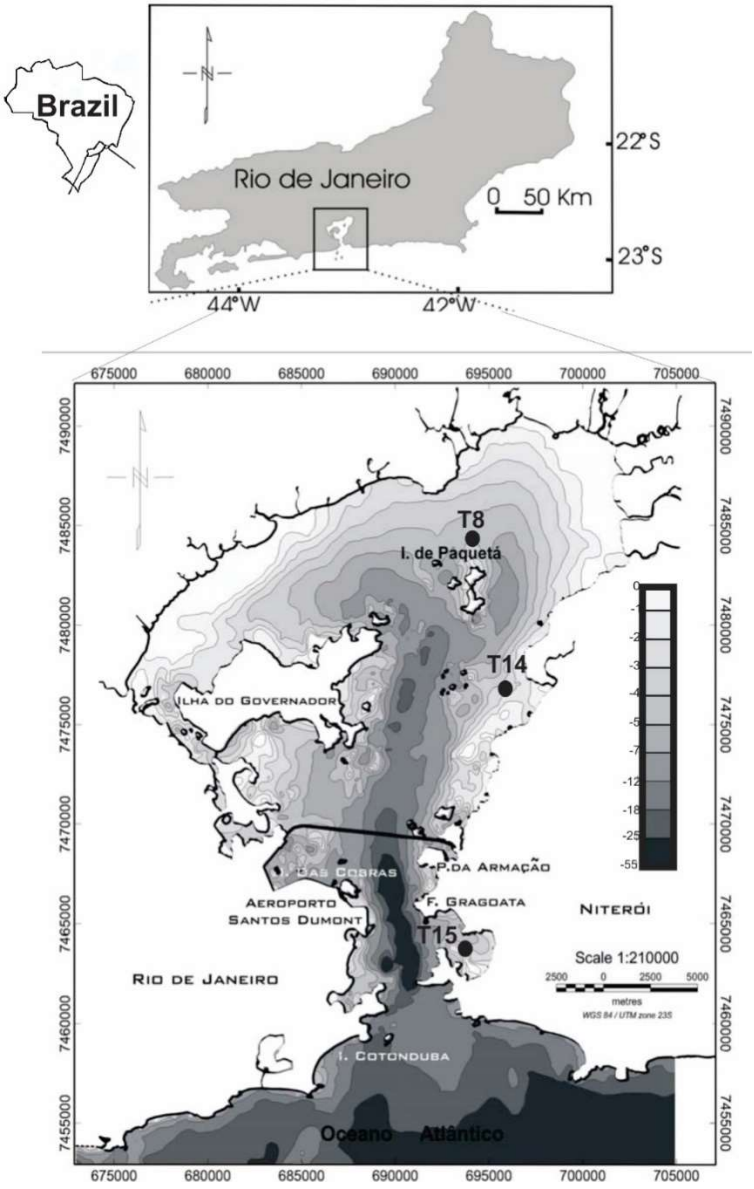


Figura 10.1. Mapa de localização da área estudada, com a posição dos testemunhos.

Fonte: os autores

A história deposicional e ambiental

Baías fechadas e ambientes estuarinos protegidos são áreas particularmente favoráveis para o armazenamento de sedimentos que foram transportados das bacias hidrográficas circundantes e, portanto, fornecem um registro da história erosiva e ambiental. O interior da Baía de Guanabara é protegido contra a ação direta das ondas e correntes do oceano Atlântico e, portanto, contém um registro estratigráfico bem preservado de sedimentação nas suas margens, derivado principalmente de *input* terrestres locais (Baptista Neto et al., 2017). Para entender as mudanças ambientais dentro da bacia da Baía de Guanabara, especialmente os padrões de impacto humano a longo prazo, testemunhos sedimentares têm sido estudados na área. Atualmente, um dos grandes objetivos de estudos envolvendo *proxies* é a busca de diminuição de custos de análises, desta forma, a aplicação de diferentes *proxies* pode ser uma importante ferramenta para o entendimento do impacto ambiental.

Pólen

As análises polínicas em testemunhos de sedimentos datados têm sido apontadas como uma das fontes mais confiáveis para a identificação das mudanças na diversidade e abundância de espécies vegetais e, assim, reconstruir a vegetação, mudanças no uso da terra e a história climática. O uso dos grãos de pólen e esporos de pteridófitas e briófitas são particularmente úteis para analisar as relações dinâmicas entre uso da terra e mudança ambiental (Cao et al., 2010). A análise palinológica dos sedimentos holocênicos da Baía de Guanabara representou um passo importante para caracterizar a vegetação que ocupava as terras da bacia hidrográfica da baía. Os registros palinológicos deixados nos testemunhos datados demonstram que a paisagem da área, no período colonial, era representada por uma floresta exuberante (Barreto et al., 2007, 2015). Atualmente, porém, a Mata Atlântica se encontra extremamente fragmentada e é reduzida a pontos discretos, decorrente principalmente de uma topografia acidentada, atividades agrícolas inadequadas, e preservada apenas em áreas protegidas (Kurtz e Araújo, 2000).

De acordo com Veloso et al. (1991) e RADAMBRASIL (1983), as terras da Serra do Mar eram cobertas por uma densa floresta ombrófila (floresta tropical) principalmente nas encostas das montanhas. As formações vegetais da floresta Ombrófila são caracterizadas por *Drimys brasiliensis, Ocotea, Gordonia* ocupando as terras mais elevadas da serra (Alto-Montana). É possível observar *Podocarpus* e alguns gêneros de Lauraceae (*Ocotea* e *Nectandra*) ocorrendo em áreas montanas e presença de *Hieronyma*, *Didymopanax*, *Chrysophyllum*, *Pouteria* e *Alchornea* nas terras submontanas. Nas planícies costeiras ocorrem principalmente os gêneros de *Ficus*, *Alchornea*, *Tabebuia* e *Tapiria Guyanese*. Nas margens dos rios que cruzam a planície costeira encontra-se a densa Floresta Aluvial Ombrófila com *Tapirira Guyanese*, gêneros de Arecaceae (*Mauritia* e *Euterpe*) e *Callophyllum Brasilienses* que ocupam temporariamente as planícies de inundação. Ao chegar à baía, encontra-se a vegetação de mangue, preservada principalmente no setor leste da baía, na Área de Proteção Ambiental de Guapimirim (Apa Guapimirim). Sua vegetação é caracterizada principalmente pela presença de espécies como *Rhizophora mangle*, *Avicennia nitida* e *Laguncularia racemosa*. Outras espécies também ocorrem na área, como *Hibicus*, *Acrostichum* e *Spartina* (Araújo e Maciel, 1979; Amador, 2012).

Análises palinológicas realizadas em testemunhos sedimentares permitiram caracterizar as flutuações ambientais dos últimos 6.000 anos AP para a região da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara. Os resultados de um testemunho sedimentar coletado próximo ao litoral de São

Gonçalo (testemunho T-14) documentam a predominância de tipos polínicos da floresta Ombrófila (Figura 10.2), com 116 tipos de pólen identificados, sendo 58 arbóreos, sugerindo que grande parte da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, e em sua vizinhança próxima, foram cobertas por floresta tropical há cerca de 6.486 cal. anos A.P. Provavelmente, as condições climáticas neste período eram mais úmidas, evidenciadas por altas frequência de esporos de pteridófitas, associados a abundantes elementos arbóreos, e baixa frequência de plantas herbáceas. Isto também foi sugerido pela baixa frequência nos registros de micropartículas de carvão. A baixa deposição de grãos de pólen e esporos de pteridófitas em cerca de 6.486 cal. anos A.P. pode estar evidenciando o evento máximo transgressivo do Holoceno. Esse evento submeteu a parte central do Brasil a uma fase de submersão, elevando a linha de costa a 4 e 5 m acima do presente (Martin, 2003; Angulo et al., 2006). Durante esse período, a superfície da água da Baía de Guanabara chegou a medir aproximadamente 800 km^2 (Amador, 2012). Essa mudança ambiental possivelmente alterou os padrões de circulação da baía, o que pode ter dificultado a deposição de tipos polínicos da vegetação mais densas localizadas nas encostas da Serra do Mar. Nesse período, a costa do Rio de Janeiro foi habitada por grupos que ocuparam parte da Baía de Guanabara durante o evento transgressivo holocênico, evidenciado pela presença de sambaquis (registros arqueológicos) que testemunham a intensa ocupação da região, incluindo os sambaqui de Sernambetiba (Beltrão et al., 1981/82) e Vale das Pedrinhas (Mendonça de Souza e Mendonça de Souza, 1981/82), ambos em Magé, no litoral da Baía de Guanabara, bem como os níveis mais baixos do sambaqui de Camboinhas (Kneip et al., 1981), no litoral de Itaipu, Niterói. Esses grupos ocuparam parte da Baía de Guanabara nos últimos 8.000 anos, durante todo o evento transgressivo do nível relativo do mar (Beltrão e Kneip, 1967; Mendonça de Souza e Mendonça de Souza, 1981/82). Por volta de 4210 a 40 anos AP, foi observada uma grande queda nas concentrações de palinomorfos e a ampla deposição de grãos de esporos de pteridófitas degradados, juntamente com a ocorrência de uma camada de contato erosiva no testemunho sedimentar T8 (localizado próximo à Ilha de Paquetá (Figura 10.3). Essa degradação dos palinomorfos, provavelmente, pode estar relacionada a um evento de recuo do nível relativo do mar, após o máximo transgressivo holocênico há cerca de 5300 anos AP (Martin, 2003; Ângulo et al., 2006). Esse evento causou períodos de erosão na foz dos rios que proporcionam um aumento nas taxas de deposição de palinomorfos degradados. A predominância da floresta ombrófila e a riqueza dos tipos polínico de *Alchornea*, *Banara*, *Cecropia*, *Celtis*, *Lecythis*, *Meliaceae, Piperaceae* e *Trichilia* (Figura 10.3), confirmam a existência de uma exuberante floresta atlântica na região (Barreto et al., 2007; Barth et al., 2004). As altas concentrações de grãos de pólen de *Alchornea*, *Celtis* e *Cecropia* indicam que essas plantas provavelmente se expandiram e colonizaram os espaços abertos pela regressão do nível do mar (Barth et al., 2001). Por volta de 4.000 anos AP foi observado aumento na concentração dos grãos de pólen e esporos de pteridófitas, associado a redução dos representantes da floresta ombrófila, juntamente com aumento da frequência dos tipos polínicos da vegetação aberta no testemunho sedimentar T-14. Isto pode estar associado ao recuo do nível do mar e à progradação costeira, que segundo Amador (2012) ocorria na região da Baía de Guanabara neste período. Este evento intensificou o processo erosivo causado pelo deslocamento do nível de base da baía, o distanciamento das áreas fontes e o aumento das áreas abertas. Isto provavelmente contribuiu para o pequeno aumento dos tipos de pólen pioneiros (vegetação aberta) como *Borreria*, *Diodia*, Cyperaceae, *Scoparia* e Apiaceae (Souza e Lorenzi, 2005).

A intensa ocupação humana na região da bacia hidrográfica da baía pode ser claramente observada nos testemunhos analisados (T8 e T14) (Figuras 10.2 e 10.3). Foi registrada redução significativa nos grãos de pólen da floresta ombrófila e do aumento significativo dos representantes da vegetação herbácea na região. Esta vegetação foi representada principalmente pelos tipos de pólen

Amaranthus/Chenopodiaceae, *Borreriadensiflora*, *Borrerialatifolia*, Brassicaceae, *Chamaesyce*, *Diodia* e Poaceae, que indicam uma área antropizada e de vegetação secundária (Figuras 10.2 e 10.3). A presença de tipos exóticos, como *Eucalipto* e *Pinus*, indica o reflorestamento de áreas desmatadas e o cultivo para a produção de celulose. O desmatamento na região da guanabara data do final do século 16, iniciado pela colonização europeia, principalmente em torno de grandes monoculturas. Começou com a cana de açúcar, que se expandiu por quase todas as suas planícies. (Amador, 2012).

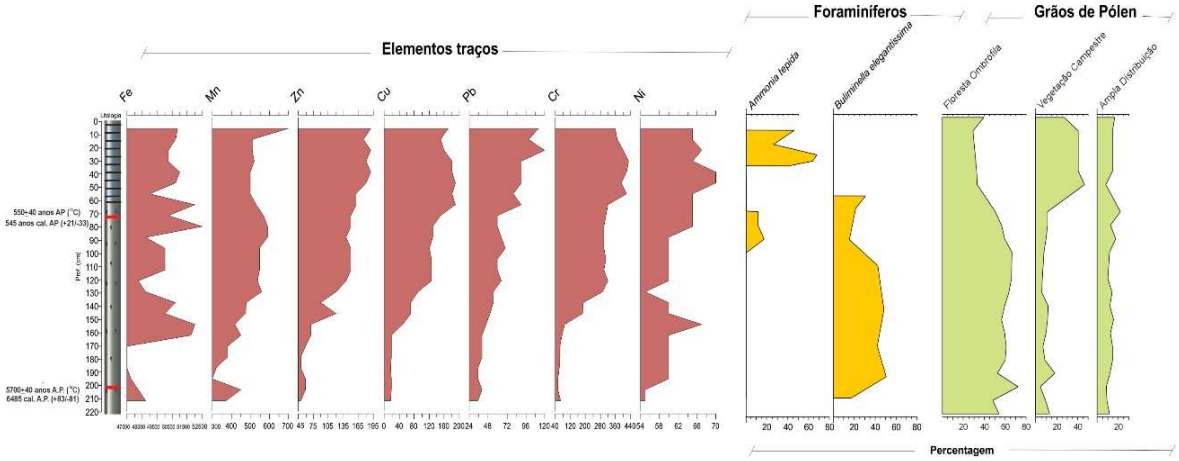


Figura10.2. Os perfis de concentração de elementos traços e a distribuição vertical de micro fósseis (foraminíferos e pólen) do testemunho T-14.

Fonte: os autores

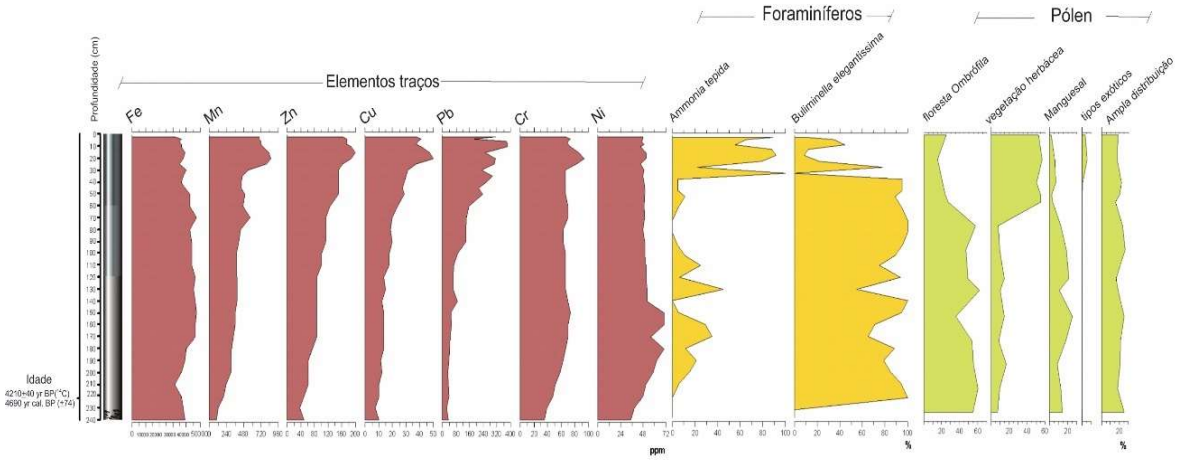


Figura10.3. Os perfis de concentração de elementos traços e a distribuição vertical de micro fósseis (foraminíferos e pólen) do testemunho T-8.

Fonte: os autores

Elementos traços

Testemunhos sedimentares são arquivos ambientais de poluição antrópica do passado, e o estudo de perfis de elementos traços em sedimentos não perturbados podem fornecer um registro completo da história de contaminação temporal. A maior parte do nosso conhecimento atual sobre a história da poluição por elementos traços é baseada em estudos de testemunhos de sedimentos de lagos e áreas costeiras (Morelli et al., 2012). Além disso, as técnicas de testemunhagem podem permitir o alcance de sedimentos não contaminados, fornecendo condições de referência baseadas em reconstruções ambientais, conforme proposto por Andersen et al. (2004). A vantagem dessa metodologia é que ela fornece valores de referência *in situ*, evitando a grande variabilidade entre os diferentes sistemas estuarinos (Chapman e Wang, 2001). A Baía de Guanabara é considerada uma das baías costeiras mais poluídas do Brasil. Felizmente, essa contaminação está recebendo crescente atenção da comunidade científica e dos governos em nível local e internacional. No entanto, muitos estudos se concentraram principalmente em sedimentos de superfície (Baptista Neto et al., 2006), que são úteis para monitorar mudanças nas tendências ambientais atuais. Por outro lado, nos últimos anos, começaram a ser realizados estudos em diferentes setores da Baía de Guanabara, utilizando testemunhos sedimentares datados, para diferentes fins (Barreto et al., 2007, 2015; Barth et al., 2004; Carreira et al., 2002; Baptista Neto et al., 2013, 2017; Vilela et al., 2014; Cordeiro et al., 2015).

Como a maioria das descargas industriais e domésticas na Baía de Guanabara são confinadas até a segunda metade do século, seria de esperar diferenças significativas nas composições de sedimentos nas camadas superior e inferior dos testemunhos. A distribuição vertical de todos os elementos traços analisados nos dois testemunhos de sedimentos da Baía de Guanabara é mostrada nas Figuras 10.2 e 10.3. A evolução temporal desses elementos é caracterizada por uma forte variabilidade. A concentração total de Cu, Pb, Zn, Cr e Ni do testemunho 08 (Figura 10.3) variou de 7,5 a 50, 25 a 383,8, 37,5 a 200, 35 a 93,7 e 35 a 70, respectivamente, com média de 23, 158,7, 117,5, 66 e 51, respectivamente. A concentração total de Cu, Pb, Zn, Cr e Ni do testemunho 14 (Figura 10.2) variou de 18 a 190, 35 a 190, 50 a 190, 55 a 430 e 55 a 70, respectivamente, com uma média de 104,6; 64,7, 125, 248 e 62, respectivamente. A distribuição de elementos traços foi caracterizada por uma tendência crescente em direção à superfície com dois picos distintos, o primeiro ligeiramente na profundidade de 110 e 150 e o segundo entre 50 e 60 cm em direção à superfície. Os elementos traços também exibiram valores gradualmente diminuídos da profundidade de 150 cm em direção à base dos testemunhos até atingir os valores mais baixos na base dos testemunhos. Altas concentrações de elementos traços na parte superior dos testemunhos de sedimentos são comumente relatadas como tendo uma forte correlação com o conteúdo de matéria orgânica e o tamanho menor das partículas de sedimentos (Baptista Neto et al. 2006). Em toda a distribuição granulométrica dos testemunhos, foi muito homogênea e mostrou predominância de partículas finas (silte e argila), é possível observar que as crescentes concentrações de elementos traços na parte do meio até o topo dos testemunhos coincidem com as mudanças ambientais, mencionada no conteúdo de pólen, descritos anteriormente. No entanto, no topo dos testemunhos, as maiores concentrações de elementos traços estão relacionadas ao início da urbanização e industrialização na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, esse padrão também foi observado na Enseada de Jurujuba, no interior da Baía de Guanabara, por Baptista Neto et al. (2013). O aumento da concentração de metais pesados na parte superior dos testemunhos é muito semelhante às análises de pólen, mostrando que o enriquecimento de metais pesados acompanhou o desmatamento da área.

Foraminíferos em testemunhos de sedimentos

A avaliação ambiental dos ambientes costeiros é de grande importância devido ao crescente aumento da poluição nas últimas décadas, relacionadas ao desenvolvimento das regiões costeiras. Os foraminíferos bentônicos têm sido utilizados como bioindicadores dos impactos decorrentes da ocupação humana nos ambientes costeiros em todo o globo (Alve, 1995; Debenay et al., 2000). Os foraminíferos são organismos marinhos unicelulares heterotróficos, pertencentes ao Reino Chromista e ao Filo Foraminifera, em classificação revista por Pawlowski et al. (2013) com base em sequenciamento genético. Possuem uma carapaça ou teca que, de acordo com sua composição, pode ser aglutinante, calcária ou raramente silicosa. A composição química da carapaça juntamente com sua morfologia é utilizada para classificar taxonomicamente estes microorganismos (Tinoco, 1989). Os foraminíferos surgiram no Cambriano, a cerca de 570 milhões de anos, e vivem até o recente. Muito abundantes e diversos nos oceanos modernos, podem ocorrer na forma bentônica, nos sedimentos, ou como planctônicos, normalmente restritos a oceanos abertos. Geologicamente esses microorganismos são importantes por desenvolverem tecas que se preservam no sedimento permitindo desse modo o registro de condições e eventos que ocorrem e/ou ocorreram nos oceanos. Apresentam uma grande sensibilidade a mudanças, sejam elas naturais ou antropogênicas, que podem refletir diretamente na composição da associação ou na ornamentação das tecas (Samir e El Din, 2001). Tanto qualitativa como quantitativamente, os foraminíferos mostram limitações na sua distribuição, motivadas por variações de temperatura, salinidade, pressão e oxigênio, relacionadas com a profundidade (Madeira-Falceta, 1977). Conforme supramencionado, possuem uma teca ou carapaça que protege o protoplasma, e que fica preservada no sedimento após a morte do organismo. O fato de deixarem registro como micro fósseis permite a reconstrução paleoambiental, inferindo dados físico-químicos do ambiente. Os foraminíferos são muito usados em diversas aplicações em ecologia e paleoecologia por diversos motivos, tais como: ocupam todos os ambientes marinhos desde as partes mais rasas até as partes mais profundas do oceano, são abundantes e ocorrem em relativa diversidade de espécies em uma pequena amostra, possuem uma carapaça rígida que se preserva no sedimento, há relativa facilidade para coletar e separar dos sedimentos, existe rápida resposta às mudanças do meio ambiente, têm ciclos reprodutivos curtos e rápida evolução no tempo (Vilela, 2004). Portanto, o estudo das assembleias tafonômicas dos foraminíferos permite caracterizações ecológicas detalhadas, bem como sua utilização como bioindicadores ambientais. A presença de compostos inorgânicos e orgânicos causados por fatores naturais ou antropogênicos influem também na distribuição dos foraminíferos (Vilela, 2004; Vilela et al., 2014). Estes organismos são bons indicadores da dinâmica de fundo dos sistemas bentônicos, pois as composições de suas associações e as morfologias das tecas refletem o comportamento hidrodinâmico local. A partir da ocorrência de determinadas espécies e de certas feições morfológicas nas tecas, pode-se identificar locais com diferentes graus de circulação de fundo. Têm grande sensibilidade às mudanças naturais e antropogênicas que refletem nas associações e ornamentação das carapaças. Respondem rápido às modificações que ocorrem no seu habitat, devido a sua grande sensibilidade a fatores ambientais como salinidade, temperatura, pH, substrato, luz, matéria orgânica e teor de oxigênio.

De acordo com Barras et al. (2014) a principal vantagem dos foraminíferos é a conservação de grande parte de suas tecas (carapaças) nos sedimentos após sua morte. O estudo de faunas mortas em diferentes profundidades no sedimento pode fornecer informações importantes sobre as condições naturais que existiam antes de um local ficar poluído. As Figuras 10.2 e 10.3 apresentam índices de Zn, Cu e Pb com valores aumentados de 50 cm para o topo. Em ambos os testemunhos, próximo da ilha de Paquetá e da área de São Gonçalo, respectivamente, *Ammonia tepida* e *Buliminella elegantissima* são inversamente proporcionais. *A. tepida* tendeu a ser abundante e

dominante em intervalos rasos até 40 e 50 cm, e *B. elegantissima* em intervalos mais profundos. As datações de radiocarbono no meio do testemunho de São Gonçalo, com a distribuição inversamente proporcional de *A. tepida* e *B. elegantissima*, marcam o assentamento europeu (Vilela et al., 2014).

A. tepida e *B. elegantissima* são usados como bioindicadoras em baías e lagoas com altos níveis de poluição, mas áreas costeiras como estuários são complexas e cada uma tem suas próprias características ambientais. Consequentemente, como apontado por Murray e Alve (2002), o entendimento da linha de base pré-poluição por meio do registro sedimentar e do conteúdo de micro fósseis é importante para a análise das recentes mudanças ambientais e impactos antropogênicos. Essas espécies são oportunistas, tolerantes com o aumento dos níveis de poluição. As áreas afetadas pelas emissões de esgoto são dominadas por espécies resistentes a aumento de matéria orgânica, como *Buliminella elegantissima* (Collins et al., 1995). Com o aumento de altos índices de conteúdo de elementos traços, a microfauna de foraminíferos responde com o domínio de espécies oportunistas como *A. tepida* (Collins et al., 1995; Vilela et al., 2004). Na lagoa Rodrigo de Freitas, altos níveis de elementos traços favoreceram a presença de *A. tepida* como a espécie mais abundante (Vilela et al., 2011).

A distribuição inversamente proporcional de *A. tepida* e *B. elegantissima* nos testemunhos estudados na Baía de Guanabara mostrou a presença de *A. tepida* como resposta a impactos antropogênicos e altos valores de elementos traços. *Buliminella elegantissima* foi dominante em intervalos mais profundos em sedimentos antigos, com alto conteúdo de matéria orgânica, mas em um ambiente nativo antes da influência europeia (Vilela et al., 2014).

A interpretação final da história deposicional e ambiental da área da Baía de Guanabara está resumida na Tabela 10.1, que também mostra a importância do uso de vários *proxies* para observar as diferenças deposicionais entre os períodos e destacar o registro de impacto humano na história deposicional da baía. A Tabela 10.1 mostrou que o início do desmatamento começou antes da entrada de elementos traços nessa área. No entanto, as espécies de foraminíferos apresentaram o mesmo padrão observado nas concentrações de elementos traços, indicando forte correlação entre elas. Um aumento nas espécies de *A. tepida* ao longo do enriquecimento de elementos traços, destacou a importância dessas espécies como *proxy* para o estudo dos efeitos do impacto humano em uma área costeira. Os resultados também indicariam que a associação entre esses *proxies* é um meio muito eficiente de destacar os efeitos do impacto humano na área.

Tabela 1.10. História deposicional e ambiental da Baía de Guanabara associadas com às mudanças no uso da terra.

Episódios principais	Mudança no uso da terra	Poluição por elementos traços	Foraminíferos
Urbanização do final do século 20	A intensa ocupação humana pode ser claramente observada nas análises de pólen. Aumento expressivo do pólen herbáceo das formações de pastagens, associados ao aparecimento de gêneros exóticos que ocupavam grandes áreas desmatadas.	Rápido aumento na concentração de elementos traços em associação com o rápido desenvolvimento industrial e de urbanização na região metropolitana do Rio de Janeiro e o consequente aporte antropogênico de elementos traços.	A *B. elegantissima*, espécie tolerante a matéria orgânica, desapareceu com grandes concentrações de elementos traços e permitiu a ocorrência de *A. tepida*, abundante e dominante, como indicação de poluição humana.
Chegada dos europeus no século 16 exploração seletiva da bacia hidrográfica	O registro de pólen mostra uma redução significativa na assinatura do pólen da floresta ombrófila e um aumento significativo na assinatura do pólen herbáceo. Essas mudanças sugerem que a floresta tropical atlântica foi fortemente reduzida durante esse período, atestando a influência da chegada dos europeus.	O início do aporte de elementos traços associados ao aumento das taxas de sedimentação devido à erosão do solo das encostas desmatadas.	A dominância de *B. elegantissima* começa a diminuir em associação com a primeira ocorrência de *A. Tepida.*
Holoceno Médio, 5.700 anos BP	Presença significativa de tipos de pólen da floresta tropical, sugerindo que essa vegetação ocupava extensas regiões da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, cobrindo as encostas, a planície aluvial e suas inúmeras ilhas.	Este período representa o período da linha de base, baixas concentrações de elementos traços associados ao lento acúmulo de sedimentos finos decorrente da erosão (Geológica) da área de cobertura florestal.	*B. elegantissima* é a espécie mais abundante em sedimentos com alto conteúdo de matéria orgânica, mas em um ambiente nativo antes da influência europeia.

Fonte: os autores

Em termos de valor de gestão e conservação, este tipo de estudo mostra que a sedimentação costeira pode ser uma ferramenta muito útil para examinar os impactos crescentes da urbanização no Rio de Janeiro. Como em muitos países do terceiro mundo, a falta de planejamento nos processos de ocupação e urbanização das áreas costeiras pode gerar ou agravar problemas ambientais. Essa baía está passando por uma rápida urbanização, já que as encostas costeiras do interior, já estão sendo limpas para o cultivo. O impacto da entrada de esgoto não tratado e vários

impactos dentro da baía e na bacia hidrográfica. Em sistemas modificados antropogenicamente, como na Baía de Guanabara e várias outras baías ao longo do litoral brasileiro, um manejo apropriado é uma atividade muito complexa; o manejo costeiro requer um bom conhecimento dos processos naturais e antrópicos que afetam a evolução da baía, o que é muito difícil de alcançar sem uma boa base de dados. A falta de estudos de linha de base e a compreensão insuficiente da evolução ambiental costeira podem levar a um julgamento incorreto do impacto ambiental no desenvolvimento costeiro e dificultam o futuro gerenciamento ambiental costeiro. Atualmente, o manejo adequado das áreas costeiras é uma tarefa inevitável para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável. Os atuais problemas ambientais da Baía de Guanabara são bem estudados, porém ainda existem poucos estudos relacionados aos testemunhos de sedimentos, o que torna difícil entender a evolução e os impactos humanos na área desde a chegada dos europeus. A combinação de múltiplos *proxies* provou ser uma ferramenta eficiente para a compreensão desses impactos ambientais na baía, além de representar uma boa linha de base para um projeto de gerenciamento adequado. Desde que, observar as atividades humanas passadas e suas influências na evolução costeira é uma parte importante da pesquisa e um projeto de gerenciamento apropriado.

Conclusões

As grandes atividades humanas na região metropolitana do Rio de Janeiro durante o último século causaram um impacto negativo e mudanças em todos os compartimentos ambientais, incluindo as áreas costeiras. Os sedimentos da Baía de Guanabara registraram claramente todas as modificações ambientais em sua bacia hidrográfica. A história de poluição decorrente do crescente desenvolvimento urbano e industrial da região metropolitana do Rio de Janeiro foi registrada pelos sedimentos. Dois testemunhos sedimentares (aproximadamente 200 cm de comprimento) foram coletados em diferentes áreas dentro da baía de Guanabara e interpretados com base em dados sedimentológicos, foraminíferos, pólen, geoquímicos e históricos dos últimos 5.000 anos. O uso de indicadores geoquímicos *multi-proxy* combinados com restos biológicos (pólen e foraminíferos) fori uma ferramenta muito boa para entender as mudanças ambientais e o aumento da poluição na baía de Guanabara.

O presente capítulo mostrou que os sedimentos dos testemunhos coletados na Baía de Guanabara apresentaram textura e distribuição granulométrica semelhantes, sendo dominados por argila e silte com altos teores de matéria orgânica. As principais mudanças ocorreram nas fontes de sedimentos nos últimos séculos. A história ambiental da Baía de Guanabara pode ser classificada em três estágios principais. O primeiro representa o período de referência, antes da chegada dos europeus, com predominância da floresta Ombrófila, ocorrência de *Bulliminella elegantissima* como as principais espécies de foraminíferos e baixas concentrações de elementos traços. O segundo estágio representa o início da colonização europeia, com o desmatamento, a diminuição da floresta ombrófila e o aumento das pastagens (vegetação de campo herbáceo), a ocorrência de *A. Tepida* como indicador da poluição humana e o aumento dos níveis de elementos traços. O terceiro estágio está relacionado do século passado até os dias de hoje, onde as análises de pólen revelaram grandes mudanças na vegetação, com a diminuição da floresta ombrófila e o aumento da pastagem (vegetação herbácea de campo) e a ocorrência de gêneros exóticos de Casuarina, Eucalipto e Pinus. Nesse período também é possível observar uma alteração na dominância de *B. elegantissima*, que ocorre normalmente em sedimentos com altos níveis de conteúdo de matéria

orgânica em ambiente confinado, na dominância de *A. tepida*, que confirmou ser tolerante ao aumento dos valores de concentrações de elementos traços e pode ser usado como um bioindicador de poluição humana. As concentrações de elementos traços na parte superior dos testemunhos da Baía de Guanabara exibiram considerável variabilidade temporal como resultado de várias cargas de poluentes nas últimas décadas. Verificou-se que os aumentos ascendentes na concentração de elementos traços nos testemunhos sedimentares estão correlacionados com o período de rápido desenvolvimento industrial e de urbanização na região metropolitana do Rio de Janeiro e a consequente entrada de elementos traços antropogênicos.

Referências bibliográficas

ALVE, E. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. **Journal of Foraminiferal Research**, vol. 25, p. 190-204, 1995.

AMADOR, E.S., 2012. **Bacia da Baía de Guanabara: características geoambientais, formação e ecossistemas.** Interciência, Rio de Janeiro. 2012. 432 p.

ANDERSEN, J.H.; CONLEY, D.J.; HEDAL, S. Palaeoecology, reference conditions and classification of ecological status: the EU Water Framework Directive in practice**. Marine Pollution Bulletin**, vol. 49, p. 283-290, 2004.

ÂNGULO, R.J.; LESSA, G.C., SOUZA, M.C. A critical review of mid- to late-Holocenesea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary Science Review**, vol. 25, p. 486-506, 2006.

ARAÚJO, D.S.D.; MACIEL, N.C. Os Manguezais do Recôncavo da Baía de Guanabara. **Cadernos FEEMA**, Rio de Janeiro, p. 60 série técnica, 10/79, 1979.

BAPTISTA NETO, J.A.; SMITH, B.J.; MCALISTER, J.J. Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, Southeast Brazil. **Environmental Pollution** vol. 109, p. 1-9, 2000.

BAPTISTA NETO, J.A.; GINGELE, F.X.; LEIPE, T.; BREHME, I. Spatial distribution oftrace elements in surficial sediments from Guanabara Bay - Rio de Janeiro/Brazil. **Environmental Geology**. Vol. 49, p. 1051-1063, 2006.

BAPTISTA NETO, J.A.; BARRETO, C.F.; SILVA, M.A.M.; SMITH, B.J.; MCALISTE, J.J.; VILELA, C.G.Nearshore sedimentation as a record of land use change and erosion: Jurujuba Sound, Niterói. SE Braz. **Ocean e Coastal Management** Vol. 77, p. 31-39, 2013.

BAPTISTA NETO, J.A.; BARRETO, C.F.; VILELA, C.G.; FONSECA, E. M.; MELO, G.V.; BARTH, O.M. Environmental change in Guanabara Bay, SE Brazil, based in microfaunal, pollen and geochemical proxies in sedimentary cores. **Ocean e Coastal Management**, v. 143, p. 4-15, 2017.

BARRAS, C.; JORISSEN, F.J.; LABRUNE, C.; ANDRAL, B.; BOISSERY, P. Live benthic foraminiferal faunas from the French Mediterranean coast: towards a new bioticindex of environmental quality. **Ecological indicator.** Vol. 36, p. 719-743, 2014.

BARRETO, C.F.; LUZ, C.F.P.; BAPTISTA NETO, J.A.; VILELA, C.G.; BARTH, O.M. Palynological analysis of a sediment core obtained in Guanabara bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Anais da Academia Brasileira Ciências,** Vol. 79, p. 223-234, 2007.

BARRETO, C.F.; BAPTISTA NETO, J.A.; VILELA, C.G.; BARTH, O.M. Palynological studiesof Late Holocene Jurujuba Sound sediments (Guanabara Bay), Rio de Janeiro, southeast Brazil. **Catena**, vol. 126, p. 20-27, 2015.

BARTH, O.M.; LUZ, C.F.P.; TOLEDO, M.B.; BARROS, M.A.; SILVA, C.G. **Palynological data from quaternary deposits of two lakes in the northern region of the State of Riode Janeiro.** In: Proceedings of the IX International Palynological Congress. Texas, U.S.A, Houston, 2001. p. 443-450.

BARTH, O.M.; BARRETO, C.F.; COELHO, L.G.; LUZ, C.F.P. Pollen record and paleo-environment of a 4210 years B.P. old sediment in the Bay of Guanabara, Rio de Janeiro Brasil.**, Anais da Academia Brasileira Ciências**, vol. 76, n.3, p. 549-551, 2004.

BELTRÃO, M.C.M.C.; KNEIP, L.M. Arqueologia e Geomorfologia: tentativa de umaabordagem interdiciplinar. **Bol. Carioca Geografia,** vol. 28, p. 1-16, 1967.

BELTRÃO, M.C.M.C.; HEREDIA, O.R.; RABELLO, A.M.C.; PEREZ, R.A.R. **Pesquisas arqueológicas no sambaqui de Sernambetiba.** Arq. Mus. História Nat. Belo Horizonte VI/VII, p. 145-155, 1981/82.

BRILS, J. Sediment monitoring under the EU water Framework Directive. **Journal Soil Sediment,** vol. 4, p. 72-73. 2004.

CAO, X.; XU, Q.; JING, Z.; TANG, J.; LI, Y.; TIAN, F. Holocene climate change and human impact implied from the pollen records in Anyang, central China. **Quaternary International** vol. 227, p. 3-9, 2010.

CARREIRA, R.S.; WAGENER, A.L.; READMAN, J.W.; FILEMAN, T.W.; MACKO, S.A.; VEIGA, A. Changes in the sedimentary organic carbon pool of a fertilized tropical estuary, Guanabara Bay, Brazil: an elemental, isotopic and molecular marker approach. **Marine Chemistry,** Vol. 79, p. 207-227, 2002.

CEPERJ, 2013. **Anuário estatístico.** http://www.Ceperj.rj.gov/Anuario2013 (accessed 26.03.13).

CHAPMAN, P.M.; WANG, F. Assessing sediment contamination in estuaries. **Environronmental Toxicological Chemistry** Vol. 20, n. 1, p. 3-22. 2001.

COLLINS, E.S.; SCOTT, D.B.; GAYES, P.T.; MEDIOLI, F.S. Foraminifera in the Winyah bay and north inlet marshes, south Carolina: a relationship to local pollution sources. **Journal of Foraminiferal Research** Vol. 25, p. 212-223, 1995.

CORDEIRO, R.C.; MACHADO, W.; SANTELLI, R.E.; FIGUEIREDO, A.G. ; SEOANE, J.C.S.; OLIVEIRA, E.P.; FREIRE, A.S.; BIDONE, E.D.; MONTEIRO, F.F.; SILVA, F.T.; MENICONI, M.F.G. Geochemical fractionation of metals and semimetals in surface sediments from tropical impacted estuary (Guanabara Bay, Brazil). **Environmental Earth Sciences**, v. 74, p. 1363-1378, 2015.

CRUTZEN, P.G.; STOERMER, E.F. The "anthropocene", **IGBP Newsletter**, vol. 41. p. 17-18, 2000.

DAI, J.; SONG, J.; LI, X.; YUAN, H.; LI, N.; ZHENG, G. Environmental changes reflected by sedimentary geochemistry in recent hundred years of Jiaozhou Bay, North China. **Environmental Pollution**, vol. 145, p. 656-667, 2007.

DEBENAY, J.P.; GUILLOU, J.J.; REDOIS, F.; GESLIN, E. **Distribution trends of foraminiferal assemblages in paralic environments: a base for using foraminifera as bioindicators**. In: MARTIN R.E. (Ed.), Environmental Micropaleontology, Topics in Geobiology vol.15. New York, Kluwer Academy and Plenum Publisher, p. 39-67. 2000.

FRIGNANI, M.; BELLUCCI, L.G. Heavy metals in marine coastal sediments: assessing sources, fluxes, history and trends. **Ann Chemistry** vol. 94, p. 479-486, 2004.

GIBBS, R. Transport phases of transition metals in the Amazon and Yukon Rivers. **Geological Society American Bulletin** vol. 88, p. 829-843, 1977.

IBGE, 2014. **Estatísticas populacionais, sociais, políticas e culturais**. http://www.ibge.gov.br/seculoxx/default.shtm (accessed 03.02.15).

IPCC. Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC**. Cambridge University Press**, Cambridge. 2007.

KJERFVE, B.; RIBEIRO, C.H.A.; DIAS, G.T.M.; FILIPPO, A.M.; QUARESMA, V.S. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. **Continental Shelf Research** Vol. 17, p. 1609-1843, 1997.

KNEIP, L.; PALLESTRINI, L.; CUNHA, F.L.S. **Pesquisas arqueológicas no litoral deItaipu, Niterói, Rio de Janeiro.** Editora Gráfica Luna Ltda., Rio de Janeiro. 1981. p. 174.

KURTZ, B.C.; ARAÚJO, D.S.D. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, vol. 51, n. 78/115,p. 69-112, 2000.

MADEIRA-FALCETA, M. Ecological distribution of Thecamoebian and foraminiferal associations in the mixohaline environments of South Brazilian Littoral. **Anais da Academia Brasileira Ciências**, vol. 46, p. 667-687, 1977.

MAGNANINI, A. Degradação Florestal no Brasil e no estado do Rio de Janeiro. **Boletim FBCN**. Rio de Janeiro, v. 7, p. 2-7, 1983.

MARTIN, L. Holocene sea-level history along eastern-southeastern Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ.** Vol. 26, p. 13-24, 2003.

MELO, G.V.; BAPTISTA NETO, J.A.; MALM, O.; FERNANDEZ, M.A.S.; PATCHINEELAM, S.M. Composition and behaviour of heavy metals in suspended sediments in a tropical estuarine system. **Environronmental Earth Science,** Vol. 2, p. 1-14, 2014.

MENDONÇA DE SOUZA, S.M.F.; MENDONÇA DE SOUZA, A.A.C. **Pescadores e recoletores do litoral do Rio de Janeiro.** Arq. do Mus. História Nat. Belo Horizonte VI/VII. 1981/82. P. 109-130.

MORELLI, G.; GASPARSON, M.; FIERRO, D.; HU, W.P.; ZAWADZKI, A. Historical trends in trace metal and sediment accumulation in intertidal sediment of Moreton bay, southeast Queensland, Australia. **Chemical Geology** Vol. 300-301, p. 152-164, 2012.

MURRAY, J.W.; ALVE, E**. Benthic foraminifera as indicators of environmental change: marginal-marine, shelf and upper-slope environments.** In: Haslett, S.K**.**(Ed.), Quaternary Environmental Micropalaeontology. Arnold, London.2002. p. 59-90.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro. 1989. p. 421p.

PAWLOWSKI, J., HOLZMANN, M. E TYSZKA, J. New supraordinal classification of Foraminifera: Molecules meet morphology. **Marine Micropaleontology,** 100, 1–10. 2013

RADAMBRASIL. Folhas SF. 23/24, **Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, v. 32. MME (sec. ger.),**Rio de Janeiro. 1983. p. 780.

RIDGWAY, J.; SHIMMIELD, G. Estuaries as repositories of historical contamination and their impact on shelf seas. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, vol. 55, p. 903-928, 2002.

ROMANO, E.; BERGAMIN, L.; MAGNO, M.C.; AUSILI, A. Sediment characterization ofthe highly impacted Augusta harbour (Sicily, Italy): modern benthic foraminifera in relation to grain-size and sediment geochemistry. **Environronmental Science Processes**, Vol. 15, p. 930-946, 2013.

SAMIR, A.M.; EL-DIN, A.B. Benthic foraminiferal assemblages and morphological abnormalities as pollution proxies in two Egyptian bays. **Marine Micropaleontology**, vol. 41, p. 193-227, 2001.

SOARES-GOMES, A.; GAMA, B.A.P.; BAPTISTA NETO, J.A.; FREIRE, D.G.; CORDEIRO, R.C.; MACHADO, W.; BERNARDES, M.C.; COUTINHO, R.; THOMPSON, F.L.; PEREIRA, R.C. An environmental overview of Guanabara Bay, Rio de Janeiro. **Regional Studies in Marine Science**. v. 8, p. 319-330, 2016.

SONG, J.M**. Biogeochemistry of China Marginal Seas**. Shandong Press of Science and Technology, Jinan. 2004. p. 591.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: Guia ilustrado para identificaçãodas famílias de Angiospermas da flora brasileira,** baseado em APG II. Plantarum**,** Nova Odessa. 2005.

STEFFEN, W.; CRUTZEN, P.J.; MCNEILL, J.R. The anthropocene: are humans now overwhelming the freat forces of nature? **Ambio**, vol. 36, p. 614-621, 2007.

TINOCO, I.M. Distribuição dos foraminíferos na plataforma continental do norte-nordeste do Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, vol. 54, p. 93-96, 1971.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** IBGE, Rio de Janeiro. 1991. p. 124.

VILELA, C.G.; BATISTA, D.S.; BAPTISTA NETO, J.A.; CRAPEZ, M.; MCALLISTER, J.J. Benthic foraminifera distribution in high polluted sediments from Niterói Harbor (Guanabara Bay), Rio de Janeiro, RJ. **Anais da Academia Brasileira Ciências,** Vol. 76, p. 161-171, 2004.

VILELA, C.G.; BATISTA, D.S.; BAPTISTA NETO, J.A.; GHISELLI JR., R.O. Benthic foraminifera distribution in a tourist lagoon in Rio de Janeiro, Brazil: a response to anthropogenic impacts. **Marine Pollution Bulletin,** Vol. 62, p. 2055-2074, 2011.

VILELA, C.G.; FIGUEIRA, B.O.; MACEDO, M.C.; BAPTISTA NETO, J.A. Late Holocene evolution and increasing pollution in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, SE Brazil.**Marine Pollution Bulletin,** Vol. 79, p. 175-187, 2014.

YBERT, J.-P.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; BARTH, O.M.; LORSCHEITTER, M.L.; BARROS, M.A.;CHAVES, S.A.M.; LUZ, C.F.P.; RIBEIRO, M.; SCHEEL, R.; VICENTINI, K.R.F. Sugestões para padronização da metodologia empregada para estudos palinológicos do Quaternário. **Rev. Inst. Geol.** Vol. 13, n. 2, p. 47-49, 1992.

José Antonio Baptista Neto é geógrafo, Doutor em Geografia Física pela Queen's University of Belfast, Reino Unido e professor Associado da Universidade Federal Fluminense. Bolsista de Produtividade do CNPq - 1B e Bolsista Cientista do Nosso Estado da FAPERJ. Coordenador do programa de Pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra – DOT. Coordena e Participa de vários projetos de pesquisa da área de Meio Ambiente, com ênfase em poluição ambiental. E-mail: jabneto@id.uff.br. CV: http://lattes.cnpq.br/6724474842271778.

Claudia Gutterres Vilela é bióloga, Doutora em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1998). É professor associado IV da Universidade Federal do Rio de Janeiro, atuando na graduação e pós-graduação. É coordenadora do MicroCentro (Laboratório de Análise Micropaleontológica, Depto. de Geologia, UFRJ), tendo experiência na área de Geociências com ênfase em Micropaleontologia aplicada a ecologia, paleoecologia, bioestratigrafia e diagnóstico ambiental. Desenvolve estudos multidisciplinares com foraminíferos de diversas regiões marinhas, tais como: regiões costeiras, plataformais e de talude do sudeste brasileiro, Baía de Guanabara, lagunas fluminenses, Restinga de Jurubatiba (RJ), Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul, região dos recifes de Abrolhos e Cadeia Vitória-Trindade. E-mail: vilela@geologia.ufrj.br, CV: http://lattes.cnpq.br/1918587107634866.

Cintia Ferreira Barreto é geógrafa pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Duque de Caxias, e Doutora em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é Pesquisadora colaboradora da Universidade Federal Fluminense e professora da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Duque de Caxias. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Morfologia Vegetal. Atuando principalmente nos seguintes temas: Palinologia, Paleoambiente, Deposição polínica. E-mail: cintiapalino@yahoo.com.br, CV: http://lattes.cnpq.br/6056037963133330.

Estefan Monteiro da Fonseca é oceanógrafo, Doutor em Geologia e Geofísica Marinha pela Universidade Federal Fluminense/Queen´s University of Belfast. Professor Adjunto da Universidade Federal Fluminense. Coordena vários projetos na área de Geoquímica Ambiental, em estudos voltados para temas como metais pesados, hidrocarbonetos em corpos hídricos e contaminação ambiental. Atua a mais de 18 anos como consultor com foco no gerenciamento costeiro, em empreendimentos dos mais diversos segmentos como Energia, Óleo e Gás, Transportes, etc, na elaboração de estudos ambientais e diagnósticos, com fins de licenciamento e remediação de impactos. E-mail oceano25@hotmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/3479528938704953

Capítulo 11

Relações entre a morfodinâmica, geoquímica e comunidade bentônica das praias expostas adjacentes à desembocadura fluvial: caso do rio Doce, Espírito Santo

Jacqueline Albino; Karla Gonçalves da Costa;
Maria Tereza Weitzel Dias Carneiro

Introdução

A granulometria das areias, a tipologia das praias e a comunidade bentônica associada à chegada de sedimentos fluviais constitui um dos principais aportes de sedimentos para a costa e é geralmente associada ao input do balanço sedimentar do compartimento costeiro em questão (Komar, 1983). No caso de o volume de sedimentos fluviais ser superior à capacidade das forçantes oceanográficas de transportá-lo ao longo da costa, os sedimentos fluviais são inicialmente distribuídos entre as praias e plataforma adjacentes e contribuem na formação da planície deltaica.

▪ COMO CITAR:
ALBINO, J.; COSTA K. G.; CARNEIRO, M. T. W. D. Relações entre a morfodinâmica, geoquímica e comunidade bentônica das praias expostas adjacentes à desembocadura fluvial: caso do rio Doce, Espírito Santo. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. P. 244- 265. ISBN 978-65-992571-0-0

A morfodinâmica das praias associadas às desembocaduras de rios é influenciada pela carga e descarga fluvial, seja pelos processos hidráulicos, seja pela composição, granulometria e grau de seleção das areias que ficam ali depositadas (Antony et al. , 2017; Hansen et al. , 2013; Albino e Suguio, 2010; Vespremeanu-Stroe et al., 2016). Nafaa e Frihy (1993) destacam diferenças no estado morfodinâmico de praias adjacentes ao rio Nilo em função do gradiente da face, textura e composição dos sedimentos, além da morfologia do fundo e orientação da linha de costa.

A relação entre o gradiente da face da praia e a granulometria é conhecida desde a década de 50 (Bascom, 1951) e os processos de infiltração e permeabilidade da zona de espraiamento, em função da granulometria, explica a declividade (Sunamura, 1984; Komar, 1998; Bujan et al., 2019; McFall, 2019). As areias com maior granulometria apresentam alta permeabilidade, alta infiltração e baixo fluxo de retorno do espraiamento, o que confere o baixo transporte de sedimentos sobre a face da praia, construindo assim um perfil mais íngreme e de forma mais convexa. Areias finas, por outro lado apresentam baixa permeabilidade, menor infiltração e maior capacidade de transporte no refluxo do espraiamento, conferindo à face menor inclinação (Bascom, 1951; Komar, 1998; Masselink e Li, 2001; Reis e Gama, 2010).

Segundo a classificação proposta por Short e Wright (1984), praias refletivas são as compostas por areias grossas com alta permeabilidade, elevada declividade da zona de espraiamento-refluxo da onda, ausência ou reduzida largura da zona de surfe. Estas características se traduzem em reduzida variabilidade na forma do perfil praial e elevada velocidade do refluxo da onda com capacidade de carrear de volta ao mar partículas de sedimentos mais finos. As praias dissipativas, no outro extremo da classificação, são as caracterizadas por areias finas a muito finas, baixíssima declividade da face praial, refluxo da onda incompleto proporcionando uma saturação permanente de parte da face da praia, larga zona de surfe, e elevada estabilidade morfodinâmica. Nos estágios intermediários, as praias são frequentemente compostas por areias médias, e apresentam um ou mais bancos paralelos ou oblíquos à praia, que ora se juntam ora se desprendem da praia, gerando vários sub estágios e, portando, uma elevada variabilidade do perfil praial (Short e Wright, 1984).

A tipologia da praia e, principalmente, a granulometria das areias da praia atuam sobre a composição e distribuição da fauna bentônica (McLachlan e Dorvlo, 2005; McLachlan e Brown, 2006; Defeo et al., 2017). Funções como escavar e se locomover são influenciadas pelo tamanho do grão, o que interfere na densidade e na distribuição espacial destes organismos (Brown e McLachlan, 1990).

As comunidades biológicas de praias arenosas são dominadas por organismos pequenos e estruturadas principalmente por características físicas do ambiente, como energia das ondas, regime de marés, topografia e tamanho dos grãos (Mclachlan e Brown, 2006). Dentre a fauna bentônica de praias arenosas, a macrofauna compreende organismos com tamanho maiores que 0,5 mm, sendo o componente mais bem estudado da biota, compreendendo formas demasiadamente grandes para escavarem e removerem os grãos de areia. Eles incluem representantes de todos os principais táxons animais, embora poliquetas, moluscos e crustáceos geralmente predominem (Pereira e Soares-Gomes, 2009). Já a meiofauna bentônica compreende os animais com corpo pequeno e alongado adaptado a vida intersticial, cujo tamanho está entre 0,063 mm e 0,500 mm e representados, principalmente, por nematódeos e copépodas (Giere, 2009).

Os organismos bentônicos possuem muitas adaptações que resultam da instabilidade do substrato sob a ação das ondas. A distribuição e a diversidade dessa comunidade estão, em geral, associadas a um conjunto de aspectos dependentes das interações dos fatores bióticos, como disponibilidade

de alimentos, reprodução e relação intra e interespecífica (Knox, 2001), e fatores abióticos, como a salinidade, temperatura e hidrodinâmica, mas os principais são o tamanho das partículas de sedimentos e ação das ondas (Otegui et al., 2012, Defeo et al., 2017), Figura 11.1.

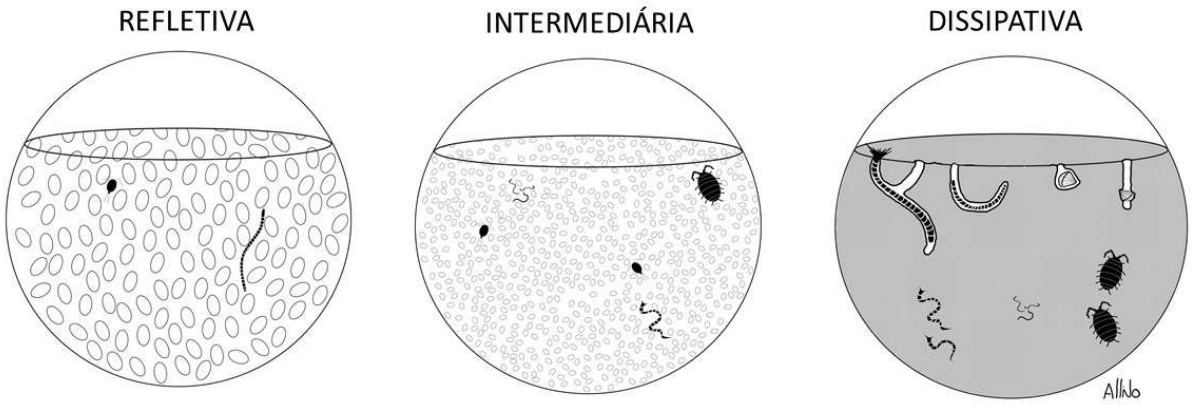


Figura 11.1. Padrão de distribuição da comunidade bentônica, com ênfase nos principais organismos dominantes da macrofauna e da meiofauna, encontrados em praias refletivas de areias grossas, em praias intermediárias de areias médias e em praias dissipativas de areias finas.

Fonte: Design Sofia Albino 2020

Diversos trabalhos confirmam a tendência de a riqueza de espécies da macrofauna de praias arenosas diminuir ao longo de um gradiente morfodinâmico, indo de dissipativas a refletivas (Defeo et al., 1992; Jaramillo e McLachlan, 1993; Brazeiro, 1999; McLachlan et al., 2013). Em praias de maior declividade e areias grossas, a sobrevivência dos organismos é comprometida pela ausência de proteções corporais e a impossibilidade de manter galerias e tubos fixos em função da menor estabilidade destes substratos (Brown e McLachlan, 1990), Figura 1.11.

Não só a riqueza, como também a densidade, diversidade e a biomassa das espécies são os atributos das comunidades macrobentônicas de praia arenosa que têm sido muito utilizados em estudos comparativos em macroescala (McLachlan e Dorvlo, 2005). Defeo et al. (2017) analisaram a fauna bentônica de 263 praias sul-americanas, e confirmaram que a comunidade aumenta em riqueza e diversidade de praias íngremes de areia grossa em direção a praias mais planas de areia mais fina.

Quanto à meiofauna bentônica, Gheskiere et al. (2005) sugerem que a diversidade desse grupo geralmente é maior em praias intermediárias de areias médias, devido ao equilíbrio entre a entrada de matéria orgânica e a oxigenação. Assim como a macrofauna, a meiofauna bentônica apresenta reduzida mobilidade ou imobilidade em alguns grupos, não sendo capaz de deixar o local que habitam quando as condições ambientais são alteradas e quando apresentam ciclo de vida curto. Entretanto, em praias refletivas, onde a macrofauna é praticamente ausente, a meiofauna está presente (Giere, 2009).

Composição química, granulometria e impacto sobre a comunidade bentônica

A composição química da areia das praias é bastante diversificada, porém em praias arenosas um dos principais constituintes é o dióxido de silício. Em função da diversidade da composição mineral da areia das praias, muitos elementos químicos podem ser encontrados. Esses elementos estão em diferentes quantidades, podendo variar desde os elementos majoritários ou principais, como silício, até elementos como cobre e zinco, que estão em concentração inferior a 0,01% em massa, chamados de elementos traço. A presença dos elementos químicos é relevante para a caracterização do ambiente praial, pois alguns deles podem ser prejudiciais aos seres vivos, tornando-se potenciais contaminantes (Cabrini et al., 2017).

A origem dos elementos no sedimento das praias pode ser natural, como resultado do intemperismo de rochas ou erupções vulcânicas, ou de origem antrópica, como contribuição de efluentes residenciais e industriais (Sayadi et al., 2015). Gomes Parra et al. (1984), Santhya et al. (2011), Nagarajan et al. (2013), Niencheski, et al. (2014), Bigus et al. (2016) e Vetrimurugan et al. (2017) encontraram concentrações altas de elementos como Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni e Pb, nas areias de praias onde havia atividades turísticas, industriais e portuárias nas proximidades.

Contudo, assim como o aporte de sedimentos terrígenos, os rios podem ser considerados um dos principais agentes de transporte de elementos traços para a região costeira. A rede fluvial recorta a bacia hidrográfica e os processos intempéricos e de transporte permitem a deposição natural de elementos traço nas porções estuarina, praia, antepraia, dunas e plataforma (Vidinha et al. 2006; Sundaramanickam et al., 2016; Song and Choi, 2017; Hernández-Hinojosa et al., 2018; Li et al. 2019; Gabriel et al., 2020). Adicionalmente, o uso da terra da bacia hidrográfica para fins agrícolas e industriais também pode ser responsável pelo incremento dos teores de elementos químicos, por origem antropogênica. Atividades como mineração de cobre (Ramirez et al.,2005), ouro (Hernández-Hinojosa et al., 2018) e ferro, (Pereira et al., 2008; Costa et al.,2017; Queiroz et al, 2018) tem sido descritas como responsáveis pela adição de metais nos sedimentos costeiros.

Entretanto, Nelson e Lamothe (1993) destacam a impossibilidade de atribuir a responsabilidade das concentrações anômalas dos elementos em um estuário, seja a contribuição em escala histórica em função do uso da terra, seja a de escala geológica, dada pelos processos erosivos naturais, já que a fonte é a única bacia hidrográfica.

A granulometria dos sedimentos deposicionais costeiros atuam na maior ou menor concentração dos elementos traços nos sedimentos, onde os sedimentos finos (areia fina e lama) são mais propícios a deposição deste material transportado em suspensão (Nelson e Lamothe, 1993). A presença dos elementos está diretamente associada à presença de sedimentos lamosos, pois esses geralmente são formados por argila, silte e matéria orgânica, e essas frações são constituídas por partículas que possuem uma propriedade de atrair o metal, formando agregados coloidais (Siqueira e Aprile, 2012).

Ramirez et al. (2015) verificaram que as frações de areias finas em praias apresentavam as concentrações mais elevadas dos analitos estudados. Por outro lado, Mantovaneli (2015), analisando as areias das praias da Grande Vitoria, ES, verificou que diferentes elementos traços apresentaram diferentes afinidades deposicionais, sejam em areias médias ou finas. O autor destaca ainda a atuação dos processos de espraiamento das ondas e os índices pluviométricos, antecedentes à coleta, nas diferentes concentrações dos elementos traços ao longo do monitoramento.

Altas concentrações de elementos traço no ambiente praial podem criar impactos na qualidade do sedimento e, consequentemente, gerar alterações nas comunidades bentônicas. O Conselho

Canadense de Ministérios do Meio Ambiente (*Canadian Council of Ministers of the Environment* - CCME, 1999) estabelece como referência internacional, valores-guia de qualidade de sedimentos (VGQS). Os valores limites propostos são: TEL (*threshold effect level*), nível de efeito limiar abaixo do qual efeitos biológicos adversos não são esperados, e PEL (*probable effect level*), nível de efeito provável acima do qual efeitos biológicos adversos são esperados (CCME 1995). A contaminação dos organismos bentônicos se dá desde níveis genéticos e bioquímicos até níveis de comunidades, passando por efeitos celulares, histológicos, fisiológicos, comportamentais, reprodutivos e populacionais (Moraes et al., 2001). Efeitos de contaminantes na macrofauna bentônica geralmente podem ocorrer tanto no nível do indivíduo, causando alterações morfológicas e fisiológicas, letais ou não, quanto da comunidade biológica, sendo que, nesse último caso, as alterações se refletem na mudança da composição específica e abundância da fauna (Weber e Montone, 2006; Campos, 2007).

Assim, a presença dos elementos químicos reflete a qualidade do ambiente e os potenciais impactos a ele causado, uma vez que os elementos podem entrar na cadeia trófica e alterar a densidade e riqueza da fauna bentônica e, ainda por um processo de biomagnificação, pode chegar ao ser humano através da alimentação (Sharifuzzaman et al., 2016).

Eventos como a chegada dos rejeitos de minério de ferro por aportes fluviais nos estuários e praias podem modificar o habitat dos organismos bentônicos, provocando alteração da estrutura da comunidade, por meio da redução do número de espécies, redução na densidade de grupos taxonômicos ou espécies bioindicadoras e aumento de organismos oportunistas, reduzindo assim a diversidade local (Ellis e Hoover, 1990; Castilla, 1983 e Gomes et al., 2017). Os impactos de rejeito de mineração podem ainda causar o soterramento imediato da fauna e efeitos a longo prazo da contaminação crônica (Olsgard e Hasle, 1993; Burd, 2002; Josefson et al., 2008). Dentre os efeitos crônicos causados pela contaminação por metais residuais está a mudança na comunidade bentônica, afetando a biodiversidade e impactando a dinâmica populacional. Toxicidade de alguns elementos tem sido identificada, levando ao estresse fisiológico e impactando a reprodução dos invertebrados (Riba et al., 2004; Gale, 2006; Krull et al., 2014; Piló et al., 2016). O acúmulo de elementos químicos no sedimento pode alterar as comunidades microbianas associadas que podem influenciar a meiofauna através de alterações na oferta de alimentos (Austen e McEvoy, 1997). Castilla (1983) observou que os rejeitos de cobre sem tratamento, despejados pelo rio Salado (Chile) diretamente no mar da praia da Baía de Chañaral, desencadeou a diminuição progressiva da densidade e biomassa da fauna bentônica nas praias arenosas.

Contudo, a capacidade de recuperação de uma praia após o aporte de lamas e rejeitos depende do seu estado morfodinâmico. Nas praias refletivas, a boa oxigenação e renovação da água intersticial com remoção de contaminantes e prováveis metais, cria um ambiente favorável à fauna que habita os interstícios dos grãos de areia. Já em praiais dissipativas, existe a tendência de maior retenção de contaminantes pela saturação das águas do espraiamento e baixa permeabilidade das areias. Em praias intermediárias, a alta mobilidade do perfil pode levar ao soterramento de contaminantes e sua manutenção no pacote sedimentar da praia. Soma-se ainda o grau de exposição às ondas a qual as praias são submetidas: praias mais expostas apresentam maior a mobilidade.

Dessa forma, é discutido que os organismos bentônicos são amplamente utilizados como indicadores ambientais, visto que respondem de forma previsível a distúrbios naturais e antropogênicos (Amaral et al., 1998; Kennedy e Jacoby, 1999; Salas, 2006; Elliot et al., 2018). O uso desses organismos, juntamente com os estudos geoquímicos dos sedimentos costeiros, constitui uma ferramenta fundamental para o diagnóstico e monitoramento ambiental, que vem sendo aplicado com sucesso em pesquisas sobre a poluição costeira. Em ambientes praiais, os processos

de distribuição e transporte dos sedimentos são subordinados aos processos costeiros e à morfodinâmica associada, onde a proximidade de desembocaduras fluviais desempenha papel fundamental.

Morfodinâmica das praias adjacentes à desembocadura do Rio Doce

O maior desenvolvimento dos depósitos quaternários ao longo da costa do Espírito Santo se encontra associado à desembocadura do Rio Doce, principal bacia hidrográfica do estado do Espírito Santo, (Martin et al., 1996;1997), com área total de 83.465 km², (Figura 11.2).

Na evolução geomorfológica do compartimento correspondente à planície deltaica há evidências morfoestratigráficas que destacam a atuação da deriva litorânea de sedimentos, a carga e descarga fluvial e as variações do nível do mar (Dominguez et al., 1981; Dominguez et al., 1983; Martin et al., 1996; Martin et al., 1997).

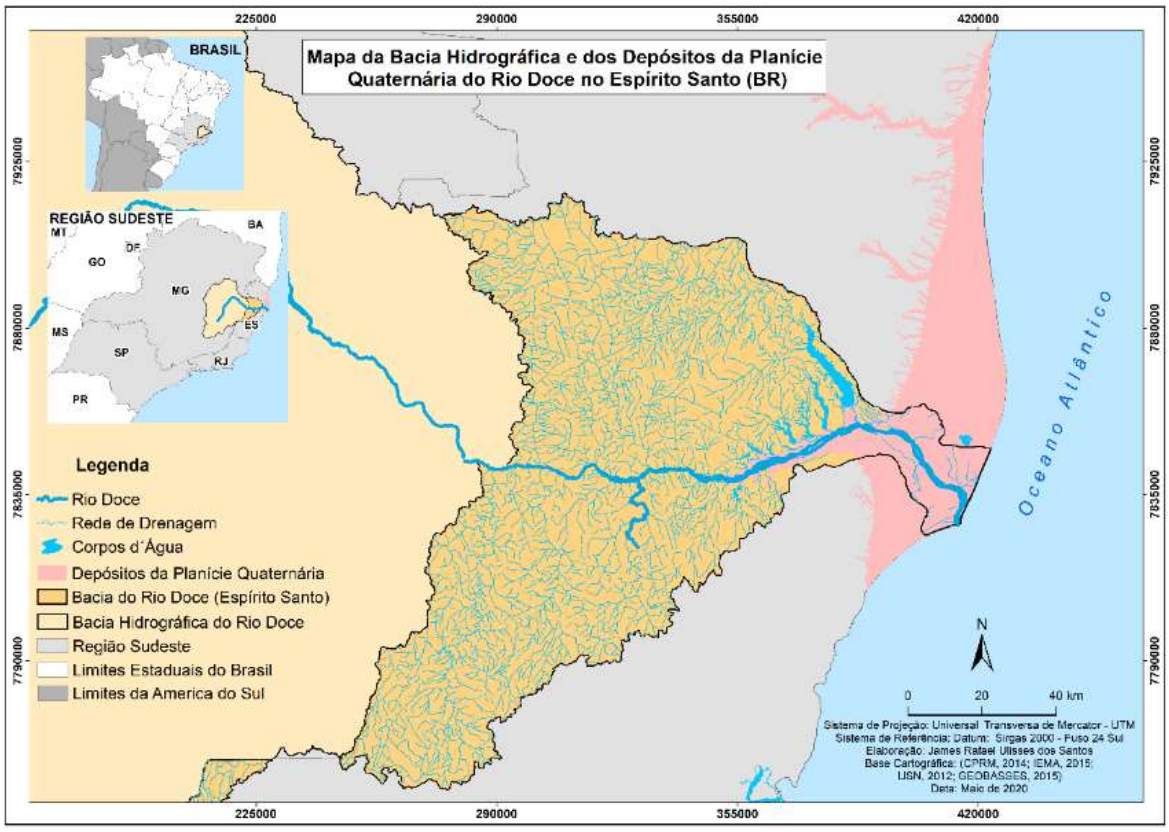


Figura 11.2. Bacia hidrográfica e depósitos quaternários da planície deltaica quaternária do Rio Doce no estado do Espírito Santo. No detalhe a configuração total da bacia que corta os estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Fonte: Geógrafo James Rafael Ulisses dos Santos. 2020.

Reconstituições paleográficas das cristas de praia durante a progradação holocênica sugerem discordâncias dos alinhamentos, decorrentes de episódios de inversões no sentido da deriva litorânea, inversões estas corroboradas pela modelagem numérica realizada por Bittencourt et al.

(2007) e Oliveira et al. (2015) para as últimas décadas. Como resultado da frequência direcional de ondas mais intensas de sul e de outros ajustes morfodinâmicos, o sentido preferencial da deriva é de sul para norte. Apenas 30% do transporte líquido total é de norte a sul (Oliveira et al., 2015).

A carga sedimentar do Rio Doce se distribui ao longo das praias, antepraia e plataforma continental adjacentes. Devido ao alto grau de exposição das ondas, a fração lamosa se deposita preferencialmente a partir da isóbata de dez metros, após processos de floculação, e são frequentemente mobilizadas pelas ondas e correntes, sendo os maiores teores encontrados nas proximidades sul da desembocadura (Albino e Suguio, 2010; Quaresma et al., 2015).

Durante eventos de tempestade, os sedimentos lamosos podem atingir a zona de surfe após serem remobilizados pela ação das ondas (Calliari et al., 2007), resultando no transporte dos sedimentos mais finos em direção ao norte por deriva litorânea (Bittencourt et al., 2007) e, potencialmente, para a praia emersa por processos oscilatórios. Os sedimentos, então, se distribuem pelos processos das ondas e correntes ao longo das praias e antepraias e, conjuntamente, à proximidade da desembocadura fluvial, são responsáveis pela tipologia e mobilidade das praias ao longo da planície deltaica (Albino e Suguio, 2010).

As praias deste segmento apresentam-se extensas e são compostas por areias siliciclásticas grossas a finas (Albino, 1999; Albino e Suguio, 2010). Apresentam tipologias refletivas a intermediárias com alta mobilidade nas proximidades da desembocadura do Rio Doce e na planície sul. A presença de bancos na antepraia próximos à foz do rio, provavelmente devido à incorporação de areias fluviais, atua sobre a mobilidade das praias (Albino e Suguio, 2010). As areias grossas e médias e o alto grau de exposição conferem a estas praias, alto gradiente da face praial (Figura 11.3). Sentido sul, mais distante da fonte atual da carga fluvial, as praias refletivas apresentam areias muito grossas, alta inclinação da face, sem presença de bancos.

Rumo ao norte, com o afinamento das areias devido ao transporte seletivo da corrente longitudinal (Komar, 1998), as areias médias a finas depositadas, conferem à face praial menor gradiente. A variação nas concentrações de minerais pesados é utilizada como traçador do sentido do transporte longitudinal (Komar et al., 1986). Há, portanto, devido ao sentido da deriva, a tendência de aumento dos teores de minerais pesados rumo às praiais ao norte da planície deltaica do Rio Doce, a partir da desembocadura, que atingem teores de até 90%, após um processo erosivo, quando grãos menos densos são mais facilmente removidos. A predominância de anfibólios, menos densos e mais instáveis mineralogicamente, em relação aos opacos no compartimento mais ao norte do Rio Doce sugerem a contribuição recente e em grande volume da carga do Rio Doce. Os minerais opacos identificados, por sua vez, podem estar associados ao material correspondente ao encontrado na bacia hidrográfica e incrementados pelas atividades mineradoras.

As praias com características dissipativas e presença de areias finas da porção mais setentrional da planície do Rio Doce favorecem a formação de dunas frontais (Albino et al., 2016).

Desta forma, fica evidenciada as diferenças das tipologias das praias conforme à proximidade e processos costeiros da desembocadura do Rio Doce: praias refletivas com alta declividade ao sul, com pouca influência da carga fluvial (S1 e S2); praias com alta mobilidade e migração de bancos, sob atuação direta da carga, processos deposicionais na antepraia dos sedimentos fluviais e frequentes transposições da onda devido ao nível do mar acrescido pela descarga e enchente fluvial (S3 e N1) e; praias ao norte onde há a deposição de sedimentos mais finos e lama, provenientes do Rio Doce e transportados pela deriva litorânea, os quais são responsáveis pela morfologia mais aplainada dos perfis e alto potencial de transposição das ondas (N2 a N5).

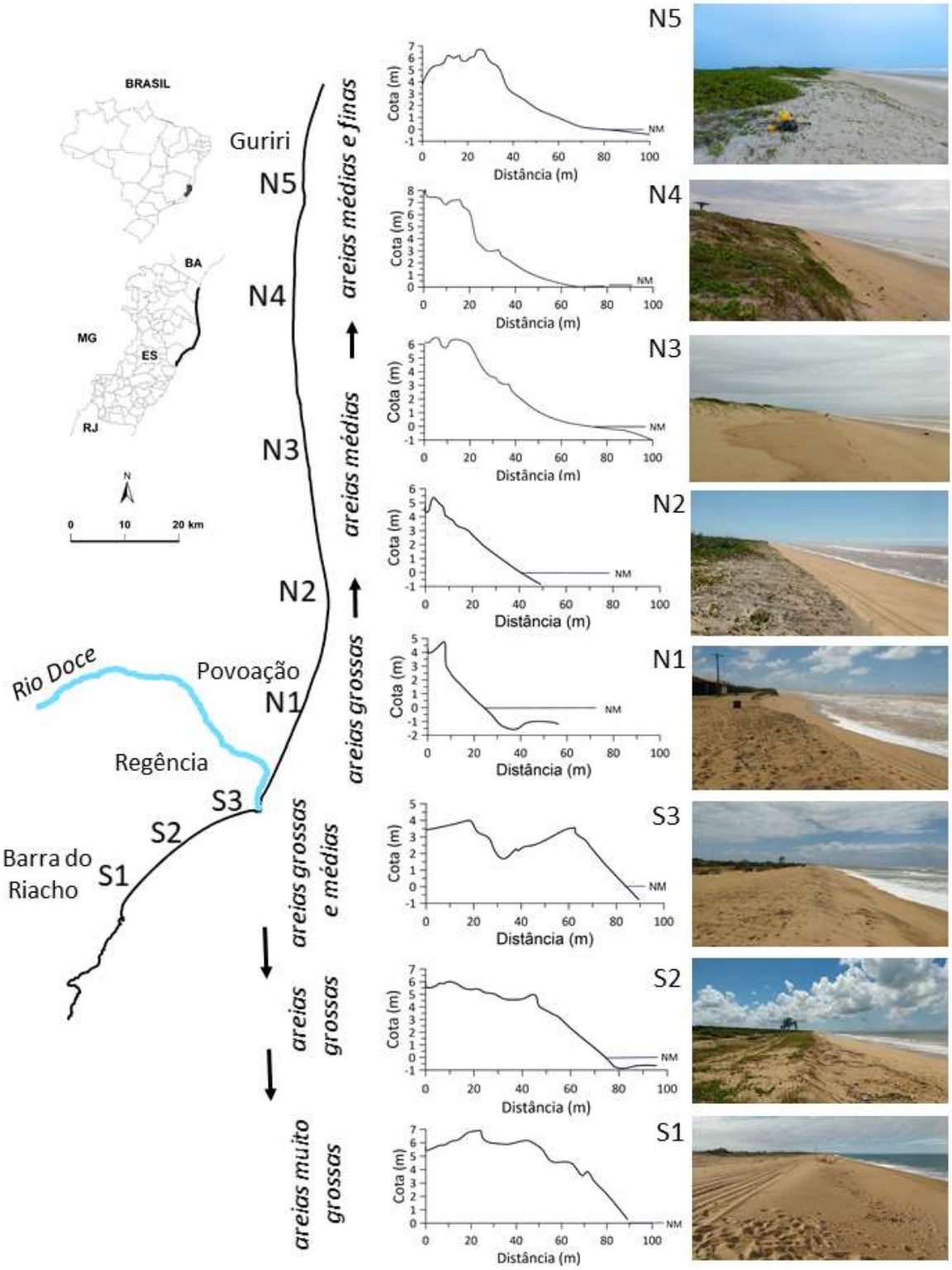


Figura 11.3. Perfis topográficos transversais e granulometria das areias ao longo da planície deltaica do Rio Doce.

Fonte: Dados extraídos do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA), Área 1. Rede Rio Doce Mar/ Fundação Estadual de Tecnologia (FEST)/Fundação Renova. 2017-2019.

Aporte e distribuição dos elementos traços ao longo das praias

A bacia hidrográfica do Rio Doce é constituída por 226 municípios, com uma população de aproximadamente 3,3 milhões de habitantes (Coelho, 2009). O crescimento populacional foi acelerado na década de 40 com o início das atividades mineradoras e extração de madeira. Atualmente a atividade econômica da bacia do Rio Doce é bastante diversificada, destacando-se a agropecuária, agroindústria sucroalcooleira; a mineração (ferro, ouro, bauxita, manganês, pedras preciosas e outros); a indústria (celulose, siderurgia e laticínios); o comércio e serviços de apoio aos complexos industriais e; a geração de energia elétrica (ANA https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/rio-doce/rio-doce-saiba-mais). As atividades mineradoras ao longo da bacia do Rio Doce utilizam seus cursos como canais receptores, transportadores e autodepuradores dos rejeitos e efluentes produzidos por essas atividades econômicas. Esses rejeitos são ainda somados aos esgotos domésticos da grande maioria dos municípios ali existentes, o que compromete a qualidade da água (ANA, 2016) e confere à bacia fontes potenciais de elementos traços para o ambiente praial.

Pereira et al. (2008) destacam que os altos teores dos elementos Fe, Mn, Cu, Cr e Ni podem estar associados aos processos de mineração de ferro. Costa et al. (2017) identificaram um incremento desses elementos à zona costeira após a chegada do material proveniente do rompimento da Barragem de Mariana.[2] A análise da lama coletada diretamente da barragem de Fundão (Mariana, MG, Brasil) indicou a presença de Fe e Mn como elementos principais, porém outros elementos traço como As, Pb, Ni e Cu também foram encontrados (Silva et al., 2018). Enriquecimento de ferro nas praias após o acidente foi verificado por relatórios técnicos (Aplysia Soluções Ambientais, 2016). Contudo, como bem argumentado por Nelson e Lamothe (1993), os valores altos de Fe e outros diversos elementos traços, podem representar o impacto histórico, pelo intenso uso da terra, e o impacto geológico, pela composição geoquímica dos sedimentos da bacia.

Assim como a distribuição dos sedimentos arenosos e lamosos, a distribuição dos elementos traços é subordinada aos processos costeiros, além da granulometria dos sedimentos. Os metais destacados acima se encontram predominantemente depositados com os sedimentos lamosos e, dessa forma, maiores concentrações são encontradas na antepraia, onde observa-se maior fração de lama (Quaresma et al., 2015). Contudo, essa distribuição pode ser afetada em decorrência da mobilização e transporte dos sedimentos quando um evento meteoceanográfico mais intenso alcança a costa, que está associado a ondas mais energéticas. Esse transporte de sedimentos pode propiciar a chegada de sedimentos mais finos para a face da praia e até mesmo até a berma, a depender da energia das ondas.

No caso da planície deltaica do Rio Doce, os teores de lama, de areias finas e, consequentemente, dos elementos traço podem variar espacialmente ao longo da costa. As praias mais próximas e ao norte da desembocadura do Rio Doce apresentam maiores teores de lama e metais, visto que esse trecho do litoral é conhecido pela atuação da carga e descarga do Rio Doce na morfodinâmica praial

[2] O rompimento da barragem de rejeitos de mineração denominada Fundão, em Mariana ocorreu em 5 de novembro de 2015 no subdistrito de Bento Rodrigues, a 35 km do centro do município brasileiro de Mariana, Minas Gerais. A lama do rejeito chegou ao rio Doce e alcançou o litoral de Regência, desembocadura do Rio Doce, em 21 de novembro de 2015. Segundo a empresa Samarco, o volume dos rejeitos da barragem é de 32,6 milhões de m³ (https://www.samarco.com/rompimento-da-barragem-de-fundao).

(Albino e Suguio, 2010) e deposição potencial de sedimentos pela deriva litorânea predominante, conforme indicado por Oliveira et al. (2015).

Dessa forma, é possível estabelecer a área de maior potencial à contaminação, devido aos processos morfodinâmicos responsáveis pela distribuição dos contaminantes ao longo da costa próxima à desembocadura do Rio Doce.

A planície sul do Rio Doce (S1, S2 e S3, Figura 11.3), ao longo da evolução geomorfológica, seja pela sedimentologia, seja pela morfodinâmica das praias, apresenta uma relação direta com as alternâncias da deriva litorânea e a carga e descarga do Rio Doce (Albino e Suguio, 2010). Embora a deriva atue predominantemente para norte, a componente do transporte no sentido sul representa em torno de 30% do transporte total anual de sedimentos (Oliveira et al., 2015). Esse fato proporciona a deposição dos sedimentos do rio na porção sul da planície deltaica, contudo com menores concentrações de lama e metais do que as observadas ao norte da desembocadura do Rio Doce.

Contudo, os baixos teores de elementos verificados nessas praias (S1 e S2, Figura 11.4), são ainda resultantes dos processos morfodinâmicos. Caracterizada por areias siliciclásticas médias a muito grossas, com alta porosidade e permeabilidade e pelo alto grau de exposição às ondas incidentes, as praias associadas apresentam alta mobilidade dos perfis topobatimétricos. O desenvolvimento de correntes transversais de retorno, presentes na planície sul do Rio Doce, é responsável pela retirada de sedimentos finos do sistema praial. Desta forma, a elevada velocidade do refluxo e exfiltração das ondas carreiam de volta ao mar as partículas de sedimentos mais finos, junto com os elementos traços, que são introduzidas pelo espraiamento das ondas. Esse comportamento diminui a possibilidade de retenção dos elementos na praia, sendo este setor morfodinâmico resiliente para recuperação e expulsão dos rejeitos, quando incorporados à praia.

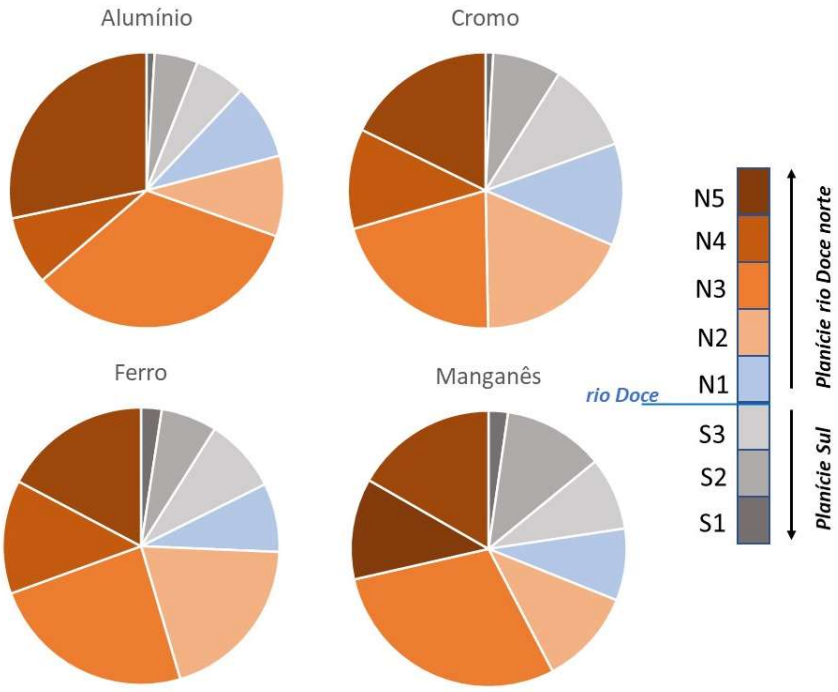


Figura 11.4. Distribuição dos elementos Al, Cr, Fe e Mn ao longo da planície deltaica do Rio Doce.

Fonte: Dados extraídos do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA), Área 1. Rede Rio Doce Mar/ Fundação Estadual de Tecnologia (FEST)/Fundação Renova. 2017-2019.

As praias situadas mais próximas da desembocadura do Rio Doce (S3 e N1) apresentam indicadores sedimentológicos e químicos, que refletem o aporte fluvial mais recente. Devido à intensa hidrodinâmica das ondas nas águas rasas, a deposição da lama se dá preferencialmente na antepraia, onde os teores de lama alcançam até 100% e as concentrações de elementos traços são mais elevadas. Desta forma, mesmo caracterizadas por areias com alta permeabilidade em função da granulometria grossa, transportes transversais de sedimento, entre a praia emersa e a antepraia, são responsáveis pelo incremento dos elementos traços nas areias da praia, como observado na Figura 11.4, e levemente superior ao da planície sul.

Contudo, é nas praias da planície norte do Rio Doce (N2 a N5) onde são encontradas concentrações dos elementos Al, Cr, Fe e Mn, por exemplo, significativamente superiores, em relação aos demais setores da planície, (Figura 11.4).

Em direção ao norte da desembocadura do Rio Doce (N2 a N5, figura 11.2), a planície costeira é caracterizada pelo aporte e deposição dos sedimentos provenientes do Rio Doce transportados pela deriva litorânea. A saliência da linha de costa e as taxas de transporte longitudinais ainda endossam este padrão (Oliveira et al., 2015). Constituindo um setor de deposição do Rio Doce, lamas são observadas na antepraia e em decorrência da mobilidade desse sedimento, o transporte desse material pode acontecer para a região emersa da praia, tornando maiores as concentrações de metais em comparação ao setor mais ao sul. O predomínio de areais finas e as características deposicionais deste compartimento se refletem nas tipologias dissipativa a intermediária das praias e na baixa declividade da antepraia. Considerando a relação descrita por Bascom (1951), praias de baixo gradiente possuem granulometria média mais fina e a infiltração da água do espraiamento é insignificante. Com menor granulometria, os metais tendem a ficar mais retidos aos sedimentos e maiores concentrações são esperadas. Este padrão deposicional é evidenciado nos teores de lama e metais, o que indica ser este o compartimento praial mais impactado pela descarga fluvial do Rio Doce, podendo comprometer as restingas e dunas devido à pequena extensão e baixo gradiente de alguns perfis.

Comunidade bentônica e aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e geoquímicos

McArdle e McLachlan (1992) afirmam que o perfil topográfico da praia é o fator que mais influencia a distribuição da macrofauna em praias refletivas e intermediárias. Nesse tipo de praia, a sobrevivência dos organismos é comprometida pela ausência de proteções corporais e a impossibilidade de manter galerias e tubos fixos em função da menor estabilidade destes substratos (Brown e McLachlan, 1990). Dessa forma, é esperado encontrar menos organismos, porém de grande porte (Gheskiere et al., 2005). Com o aumento do tamanho do grão também é esperado uma redução na densidade de meiofauna e de Nematoda, ocorrendo geralmente uma inversão da abundância de Nematoda por outros grupos tais como Copepoda Harpacticoida, Tardigrada e Turbellaria (Bezerra et al., 1997). Nematoda é altamente dominante em sedimentos mais finos que 300 µm, enquanto os copépodas se tornam mais importantes em sedimentos mais grossos do que 350 µm (McLachlan e Brown 2006). Dessa forma, é esperado que a fauna bentônica se comporte de acordo com a "hipótese de exclusão pelo efeito do espraiamento" (*Swash Exclusion Hypotesis*), que prediz que várias espécies do entremarés são incapazes de colonizar climas severos de espraiamento encontrados em praias refletivas (McLachlan et al., 1993).

A composição da fauna bentônica presente nas praias da planície deltaica sul do Rio Doce, de modo geral, responde à tipologia das praias, sendo os animais encontrados típicos de praias intermediárias a refletivas. A praia mais ao sul (S1) é tipicamente refletiva e a macrofauna é dominada pelo poliqueta intersticial *Saccocirrus pussicus*. Di Domenico et al. (2014) observaram que a ocorrência e a abundância de *Saccocirrus pussicus* são positivamente correlacionadas com a praias de declive acentuado, altas ondas e areias grossas. A meiofauna, como esperada, é dominada por Copepoda.

As praias da planície sul, com características intermediárias a refletivas, apresentam a maior densidade de organismos da macrofauna bentônica da planície deltaica do Rio Doce. Quanto à composição, com exceção da S1, as demais praias da planície sul são dominadas por poliquetas do gênero *Hesionura*, seguido por crustáceos *Excirolana braziliensis* ou por nemertíneos. Esse padrão de dominância na macrofauna bentônica, onde os poliquetas são mais representativos, é também observado em regiões costeiras por todo o mundo (Diener et al., 1995; Tselepides et al., 2000; Probert et al., 2001; Ellingsen, 2002, Zalmon et al., 2013). Ainda, Vanosmael (1982) afirma que a densidade de indivíduos e o número de espécies podem ser altos na areia grossa, devido ao grande número de poliquetas intersticiais que podem ocorrer. No entanto, não é esperado que a densidade seja tão alta como em praias dissipativas. Essa quantidade de organismos possivelmente está relacionada às baixas concentrações de elementos traços encontrados nessas praias, que podem favorecer o recrutamento, isto é, a entrada de larvas para metamorfose em indivíduos adultos, e desta forma atuar na permanência dos organismos da macrofauna.

Diferentemente das praias da planície sul, as praias ao norte são compostas predominante por areias médias a finas, com tipologia intermediária e dissipativa. Aqui também a composição da fauna bentônica está de acordo com a tipologia das praias. De modo geral, crustáceos isópodes e poliquetas dominam a macrofauna. Na meiofauna, os mais abundantes são Nematoda e Copepoda.

Na tipologia intermediária a dissipativa das praias, há a tendência de aumento da densidade e riqueza de espécies da fauna bentônica (Defeo et al., 1992; Jaramillo e McLachlan 1993; Brazeiro, 1999). Incera et al. (2006) mostraram que a disponibilidade de alimento, densidade, número de espécies e biomassa são significativamente relacionadas à inclinação da praia, onde as menores inclinações, típicas de praias dissipativas, favorecem o aumento destes elementos. Quanto mais fino o grão, maior a densidade de organismos da macrofauna e maior a dominância de animais construtores de tubos, que precisam de substratos estáveis para isso (Brown e McLachlan, 1990). Contudo, os valores de densidade (a maior densidade média foi registrada em N5, com 463 inds/m^2), riqueza e diversidade de organismos da macrofauna bentônica são mais baixos do que os são preconizados na literatura, por exemplo, McLachlan et al. (1996) citam que a densidade da macrofauna em praias arenosas do tipo dissipativas é acima de 10.000 ind/m^2.

Em relação à meiofauna, é esperado ser mais abundante e diversa em praias intermediárias (McLachlan e Turner, 1994). Essa afirmação é baseada no fato de que a praias intermediárias podem representar as vantagens das duas tipologias extremas, como o estado de equilíbrio entre os insumos orgânicos, que é superior em praias dissipativa e das boas condições intersticiais aeróbias, que é alta no estado refletivo. Contudo, os valores dos parâmetros da meiofauna são maiores nas praias dissipativas da planície norte do Rio Doce, onde há poucos organismos da macrofauna.

Os maiores teores de minerais pesados, Al, Cr e Fe registrados na planície norte do Rio Doce foram relacionados significativamente com os parâmetros ecológicos da fauna bentônica. Conforme Figura 11.5, o baixo valor do índice de diversidade da macrofauna encontra-se associado ao

incremento de minerais pesados (a); a riqueza, isto é o número de espécies, reduz com o aumento dos teores de Cr (b); a presença de Al reflete no aumento da densidade da meiofauna (c), e o alto teor de Fe afeta negativamente a riqueza da macrofauna (d).

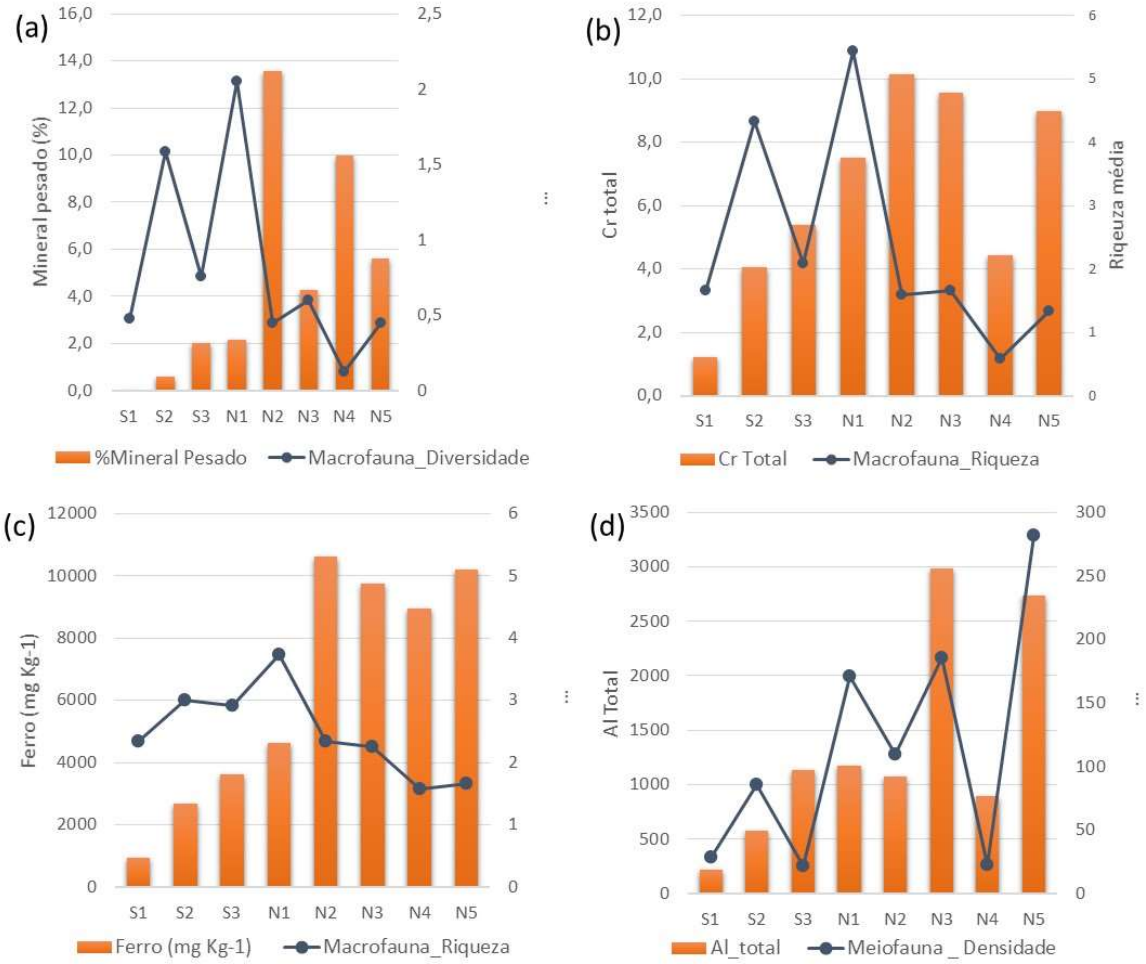


Figura 11.5. Relações entre mineral pesado, Cr, Al e Fe com os parâmetros da fauna bentônica nos sedimentos das praias ao longo da planície deltaica do Rio Doce. a) Redução da diversidade da macrofauna com o aumento do teor de mineral pesado; b) Redução da riqueza da macrofauna com o aumento do teor de Cr; (c) Aumento da densidade da meiofauna em relaçao ao aumento do teor de Al; e d) Redução da riqueza da macrofauna com o aumento de teor de Fe.

Fonte: Dados extraídos do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA), Área 1. Rede Rio Doce Mar/ Fundação Estadual de Tecnologia (FEST)/Fundação Renova. 2017-2019. Em a, b e c, dados amostrados no período seco (Set/2018) e em d, média dos dados amostrados nos períodos seco (Set/2018) e chuvoso (Nov/2018).

Destaca-se ainda a correlação negativa dos teores de lama com alguns parâmetros ecológicos. Mesmo com baixo porcentual, em torno de 1%, observa-se a redução da densidade da macrofauna e da diversidade da meiofauna com a presença da fração fina (Figura 11.6). No entanto, por esses valores da fração de lama serem tão baixos, essas correlações podem ser indiretas, relacionadas provavelmente aos outros elementos que podem ter sido trazidos pela lama e permanecido no sedimento, como o Al, Cr, Fe e Mn. Pois de fato, os efeitos desses elementos químicos na

comunidade bentônica levam a mortalidade, causada por intoxicação ou asfixia, ou ainda por prejuízo das atividades metabólicas, como desenvolvimento e reprodução, além de transferência trófica. Esses elementos podem ser incorporados às partículas inorgânicas presentes no ambiente e os animais marinhos bentônicos têm o potencial de absorvê-los (Blackmore, 2000; 2001).

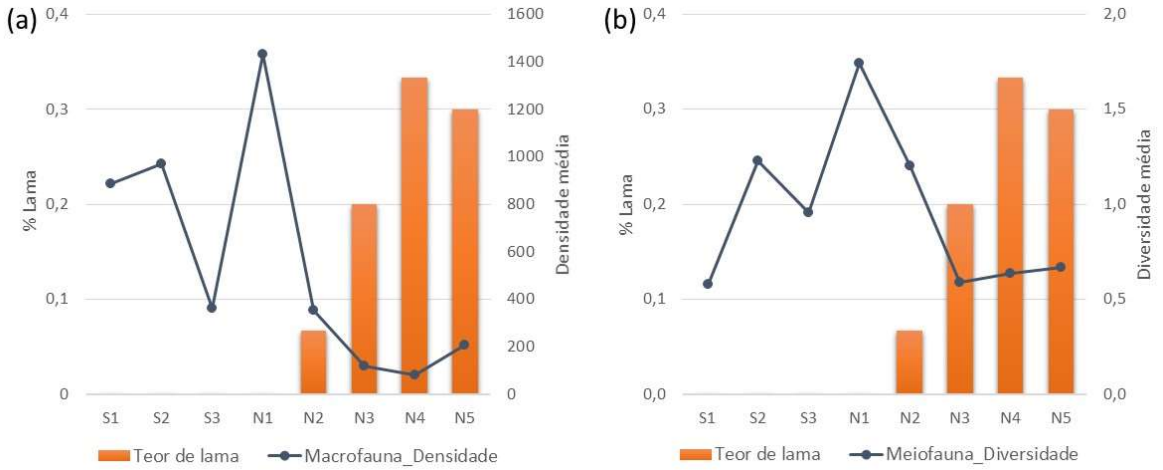


Figura 11.6. Relações entre o teor de lama e os parâmetros da fauna bentônica nos sedimentos das praias ao longo da planície deltaica do Rio Doce. a) Redução da densidade da macrofauna com o aumento do teor de lama e; b) Redução do índice de diversidade (Shannon-Wiener) da nematofauna com o aumento do teor de lama.

Fonte: Dados extraídos do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA), Área 1. Rede Rio Doce Mar/ Fundação Estadual de Tecnologia (FEST)/Fundação Renova. 2017-2019. Em a, média dos dados amostrados nos períodos seco (Set/2018) e chuvoso (Nov/2018) e em b, dados amostrados no período seco (Set/2018).

Na planicie norte do Rio Doce, a presença da lama nas praias emersas, decorrente da maior concentração desta fração na antepraia, das intensas trocas transversais de sedimento entre a praia emersa e antepraia e dos processos inundacionais frequentes, destaca a influência de aporte fluvial nos processos sedimentologicos e morfologicos das praias, conforme destacados por diversos estudos (Nafaa e Frihy; 1993; Albino e Suguio, 2010; Hanser et al., 2013; Antony, 2015; Vespremeanu-Stroe et al., 2016).

De maneira geral, os padrões ecológicos da comunidade bentônica das praias adjacentes à foz do Rio Doce apresentam particularidades associadas a alta carga lamosa e rica em elementos traços, quando comparados aos padrões descritos na literatura para praias arenosas. Ao sul, com menores concentrações de metais, a distribuição da fauna bentônica está de acordo com a tipologia da praia. A intensa mobilidade dos perfis, em função das alterações hidrológicas e granulométricas associadas às flutuações temporais da carga e descarga do Rio Doce (Albino e Suguio, 2010; Albino et al. 2016) não permitem o acumulo de elementos traços tóxicos à fauna, como o ferro, favorecendo, então, a entrada e permanência da fauna típica desse tipo de praia (Figura 11.7).

Ao norte, setor da deposição resultante dos sedimentos fluviais pelos processos costeiros, além da tipologia da praia, a granulometria e a composição geoquímica do material fluvial ali retido são os fatores atuantes. Destaca-se principalmente o declínio na diversidade da macrofauna, seja por

alterações nos padrões granulométricos, com a presença da fração lamosa que reduz a abundância de organismos, seja pela alta presença dos elementos traços que causa a eliminação de espécies típicas, porém sensíveis a esses componentes (Figura 11.7).

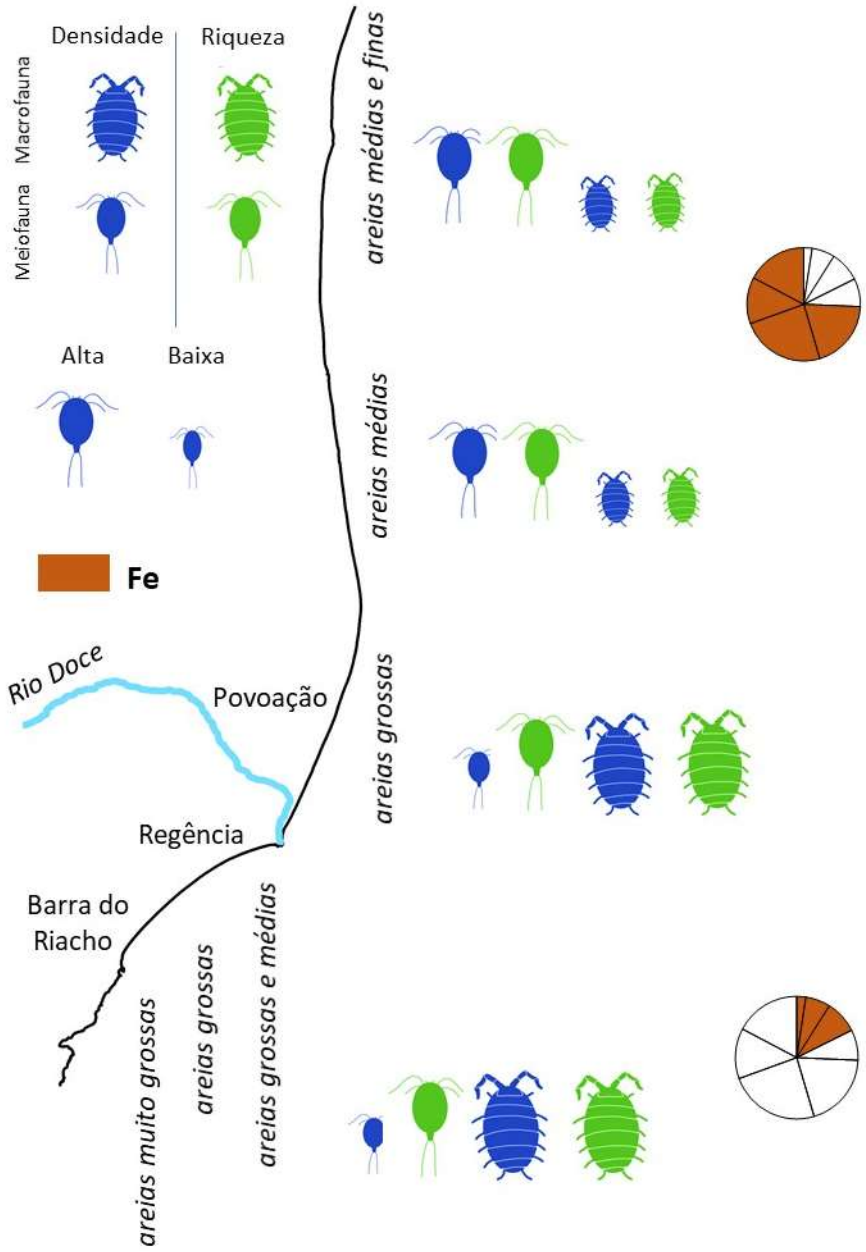


Figura 11.7. Padrões ecológicos da comunidade bentônica ao longo da planície do Rio Doce, ES.

Fonte: Dados extraídos do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA), Área 1. Rede Rio Doce Mar/ Fundação Estadual de Tecnologia (FEST)/Fundação Renova. 2017-2019.

Considerações finais

Uma vez que alcançam a linha de costa, os sedimentos fluviais são distribuídos ao longo das praias, antepraias e plataforma continental em função, não apenas das ações das ondas e correntes, mas também da granulometria da carga fluvial, como resultado do ajuste morfodinâmico da costa. No caso estudado, a fração lama se deposita na antepraia adjacente, areias grossas e médias se mantêm nas praias próximas à desembocadura e areias finas e uma porção da lama, são transportadas pela deriva litorânea no sentido norte devido à competência da corrente longitudinal. Sendo as concentrações dos elementos traço subordinadas à fração granulométrica, um potencial desequilíbrio dos padrões ecológicos dos organismos bentônicos, em função dos contaminantes, é observado espacialmente.

A comunidade bentônica das praias dissipativas de areias finas e lama e, consequentemente, com as maiores concentrações de elementos traço, apresenta a macrofauna menos abundante e menos diversa, apesar de associada à tipologia praial, cujas condições morfológicas e granulométricas são ideais para os altos valores ecológicos. Por outro lado, em praias de areias grossas e médias, que representam os estados refletivos e intermediários, mesmo com as boas condições morfodinâmicas para a retirada de elementos traço, os padrões ecológicos sugerem que as alterações sazonais da carga fluvial e das condições oceanográficas que atuam sobre a alta mobilidade dos perfis resultam em estresse permanente para a fauna, o que pode refletir em desequilíbrios ecológicos.

No estudo das praias expostas adjacentes à desembocadura do Rio Doce ao longo da costa sudeste do Brasil fica evidenciado, mais uma vez, que os processos costeiros e as características sedimentológicas e geoquímicas do litoral são diretamente associados à carga sedimentar fluvial atual. E que organismos bentônicos, além de se adaptarem às tipologias das praias, respondem às alterações hidrológicas e sedimentares sazonais da carga e descarga fluvial.

Agradecimentos

O trabalho foi realizado com o apoio técnico e financeiro do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática Área I (PMBA) da Rede Rio Doce Mar (RRDM), junto à Fundação Renova. Os resultados aqui discutidos refletem a contribuição e o trabalho comprometido da equipe de professores, pesquisadores e bolsistas de Iniciação Científica do Anexo 4: “Monitoramento de potenciais impactos do rejeito de minério de ferro na praia e antepraia adjacentes da desembocadura do Rio Doce”, aos quais as autoras aqui agradecem.

Referências bibliográficas

ALBINO, J**. Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das Praias de Bicanga a Povoação, ES.** Tese Doutorado em Geociências - Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ALBINO, J.; CONTTI NETO, N.; OLIVEIRA, T. C. A. The beaches of Espírito Santo. In: SHORT, A. D., KLEIN, A. H. F. (Eds). **Brazilian beach systems**. Sydney: Springer, p. 333-361, 2016.

ALBINO, J.; SUGUIO, K. Sedimentation processes and beach morphodynamics active at the Doce River mouth, Espírito Santo State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82 n. 4 p. 1031-1044, 2010

AL-SHUELY, W., IBRAHIM, A., AL-KINDI, S., AL-SAIDI, T. K., MARIKAR, F. A., AL-BUSAIDI, M. Heavy metals contents on beach sediments north and south of Sohar Industrial Area, Oman. **J. Environ. Sci. Technol.**, v.2 n. 2 p. 73-79,2009

AMARAL, A. C. Z.; MORGADO, E. H.; SALVADOR, L. B. Poliquetas bioindicadores de poluição orgânica em praias paulistas. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58 n. 2 p. 307-316, 1998.

ANA-Agência Nacional de Águas. **Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce: Rompimento da Barragem em Mariana/MG.** CONJUNTURA RECURSOS HÍDRICOS no BRASIL dos INF O R M E 2015. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos - SPR Brasília. p.50, 2016

ANTONY, E.J.; DUSSOULLEZ, P.; DOLIQUE,F; BESSET, M.; BRUNIER, G.; NGUYEN, V.L.; GOICHOT, M. Morphodynamics of an eroding beach and foredune in the Mekong River delta: Implications for deltaic shoreline change**. Continental Shelf Research**, v147 p.155-164, 2017.

APLYSIA SOLUÇÕES AMBIENTAIS. **Monitoramento Ambiental dos efeitos da pluma de turbidez sobre o ecossistema de praia (REBIO COMBOIOS).** Relatório técnico nº 1763, rev.1, 2016.

AUSTEN, M.; McEVOY, A. The use of offshore meiobenthic communities in laboratory microcosm experiments: Response to heavy metal contamination. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 211 p. 247-261, 1997.

BASCOM, W. N. The relationship between sand size and beach-face slope. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 32 n6. p. 866-874, 1951.

BEZERRA, T. N. C.; GENEVOIS, B.; FONSECA-GENEVOIS, V. G. D. Influência da granulometria na distribuição e adaptação da meiofauna na praia arenosa do Istmo de Olinda-PE. **Oecologia Brasiliensis**, v. 3 n. 1 p. 107-116, 1997.

BIGUS, K.; ASTEL, A.; NIEDZIELSKI, P. Seasonal distribution of metals in vertical and horizontal profiles of sheltered and exposed beaches on Polish coast. **Marine Pollution Bulletin,** v.106, p. 347-359, 2016.

BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, M.L; MARTIN,L.;SILVA, I.; de MEDEIROS, K.O.P. Past and current sediment dispersion pattern estimates through numerical modeling of wave climate: an example of the Holocene delta of the Doce River, Espírito Santo, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79 n. 2 p. 333-341, 2007.

BLACKMORE, G. Field evidence of metal transfer from invertebrate prey to an intertidal predator, Thais clavigera (Gastropoda: Muricidae). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 51 n. 2 p. 127-139, 2000.

BLACKMORE, G. Interspecific variation in heavy metal body concentrations in Hong Kong marine invertebrates. **Environmental Pollution**, v. 114 n. 3 p. 303-311, 2001.

BRAZEIRO, A. Community patterns in sandy beaches of Chile: richness, composition, distribution and abundance of species. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 72 n. 1 p. 93-105, 1999.

BROWN, A.C.; McLACHLAN, A. **Ecology of Sandy Shores.** Amsterdam: Elsevier, 327 p., 1990.

BUJAN, N., RÓNADH, C.; MASSELINK, G.. From fine sand to boulders: Examining the relationship between beach-face slope and sediment size. **Marine Geology**, v. 417 p 1-17, 2019.

BURD, B. Evaluation of mine tailings effects on a benthic marine infaunal community over 29 years. **Marine environmental research**, v. 53 p. 481-519, 2002.

CABRINI, T.M.B.; BARBOZA, C.A.M.; SKINNER, V.B.; HAUSER-DAVIS, R.A; ROCHA, R.C.; SAINT`PIERRE, T.D.; VALENTIN, J.L.; CARDOSO, R.S. Heavy metal contamination in sandy beach macrofauna communities from the Rio de Janeiro coast, Southeastern Brazil. **Environmental Pollution**, v. 221 p. 116-129, 2017.

CALLIARI, L. J.; HOLLAND, K. T.; PEREIRA, P. S.; GUEDES, R. M.; SANTO, R. E. The influence of mud on the inner shelf, shoreface, beach, and surf zone morphodynamics—Cassino, Southern Brazil. **Coastal Sediments**, v. 7 p. 1455-1465, 2007.

CAMPOS, L.S. **Implantação de estratégia de monitoramento de impacto na fauna bentônica da zona costeira rasa da Baía do Almirantado (Ilha Rei George, Antártica)**. Relatório técnico final de atividades, Projeto GEAMB/ UFRJ – PROANTAR – REDE 2, 120 p., 2007.

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) **Protocol for the Derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**. Report CCME EPC98E. Prepared by the Technical Secretariat of the Water Quality Guidelines Task Group, Winnipeg, Manitoba. 35 p., 1999.

CASTILLA, J. C. Environmental impact in sandy beaches of copper mine tailings at Chañaral, Chile. **Marine pollution bulletin**, v. 14 n. 12, p. 459-464, 1983.

COELHO, A. L. N. Bacia Hidrográfica do Rio Doce (MG/ES): Uma análise socioambiental integrada. **Geografes**, v.7, p. 131-145, 2009

COSTA, E. S.; SÁ, F.; SILVA, C. A.; LERHBACK, B. D.; NETO, R. R**. Monitoramento hidrogeoquímico da foz do Rio Doce: metais: total, dissolvido, material particulado em suspensão e sedimentos superficiais**. In: BASTOS, A. C. (Co). Monitoramento da Influência da Pluma do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Rejeitos em Mariana/MG – novembro de 2015: Processamento, Interpretação e Consolidação de Dados. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil, 2017, p. 121-163.

DEFEO, O.; BARBOZA, C. A.; BARBOZA, F. R.; AEBERHARD, W. H.; CABRINI, T.; CARDOSO, R. S.; ORTEGA, L.; SKINNER, V.; WORM, B.; KEITH, S. Aggregate patterns of macrofaunal diversity: an interocean comparison. **Global Ecology and Biogeography,** v.26 n. 7 p. 823-834, 2017.

DEFEO, O.; JARAMILLO, E.; LYONNET, A. Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna on the Atlantic coast of Uruguay. **Journal of Coastal Research**, v. 8 p. 830-839, 1992.

DI DOMENICO, M.; MARTÍNEZ, A.; AMARAL, A. C. Z.; LANA, P. C.; WORSAAE, K. Saccocirridae (Annelida) from the southern and southeastern Brazilian coasts. **Marine Biodiversity**, v. 44 n. 3 p. 313-325, 2014.

DIENER, D. R. FULLER, S.C.; LISSNER, A.; HAYDOCK, C.I.; MAURER, D.; ROBERTSON, G.; GERLINGER, T. Spatial and temporal patterns of the infaunal community near a major ocean outfall in Southern California. **Marine Pollution Bulletin**, v. 30 n. 12 p. 861-878, 1995.

DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P. O Papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas as desembocaduras dos Rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 13 n. 2 p. 98-105, 1983.

DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P., MARTIN, L. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 11 n. 4 p. 227-237, 1981.

ELLINGSEN, K. E. Soft-sediment benthic biodiversity on the continental shelf in relation to environmental variability. **Marine ecology progress series**, v. 232 p. 15-27, 2002.

ELLIOTT, S. A.M.; GUÉRIN, L.; PESCH, R.; SCHMITT, P.; MEAKINS, B.; VINA-HERBON, C.; GONZÁLEZ-IRUSTA, J. M.; TORRIENTE, A.; SERRANO, A. Integrating benthic habitat indicators: Working towards an ecosystem approach**, Marine Policy**, v. 90 p. 88-94, 2018.

ELLIS, D. V.; HOOVER, P. M. Benthos on tailings beds from an abandoned coastal mine. **Marine Pollution Bulletin**, v. 21 n. 10 p. 477-480, 1990.

GABRIEL, F.A.; SILVA, A.G.; QUEIROZ, H.M.; FERREIRA, T.O.; HAUSER-DAVIS, R.A.; BERNARDINO, A.F. Risks of Metal and Metalloid Contamination in the Rio Doce Estuary. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v.18 Special Series Ecological p.1, 2020.

GALE, S. A.; KING, C. K.; HYNE, R. V. Chronic sublethal sediment toxicity testing using the estuarine amphipod, Melita plumulosa (Zeidler): evaluation using metal-spiked and field-contaminated sediments. **Environ. Toxicol. Chem**, v. 25 n. 7 p.1887-1898, 2006.

GHESKIERE, T.; VINCX, M.; WESLAWSKI, J. M.; SCAPINI, F.; DEGRAER, S. Meiofauna as descriptor of tourism-induced changes at sandy beaches. **Marine environmental research**, v. 60 n. 2 p. 245-265, 2005.

GIERE, O. **Meiobenthology: The Microscopic Fauna in Aquatic Sediments.** 2a Ed., Berlin: Springer Verlag, 527 p., 2009.

GOMES, L. E. D. O.; CORREA, L. B.; SÁ, F.; NETO, R. R.; BERNARDINO, A. F. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. **Marine pollution bulletin**, v. 120, n. 1-2, p. 28-36, 2017.

GOMEZ-PARRA, A., ESTABLIER, R.; ESCOLAR, D. 1984. Heavy metals in recent sediments from the Bay of Cadiz, Spain. **Marine Pollution Bulletin**, v.15 p.307-310, 1984.

HANSER, J. E; ELIAS, E.; BARNARD, P. L. Changes in surfzone morphodynamics driven by multi-decadal contraction of a large ebb-tidal delta. **Marine Geology**, v.345 p. 221-234, 2013

HERNÁNDEZ-HINOJOSA, V.; MONTIEL-GARCÍA, P. C.; ARMSTRONG-ALTRIN, J. S.; NAGARAJANA, R.; KASPER-ZUBILLAGA, J. J. Textural and geochemical characteristics of beach sands along the Western Gulf of Mexico, Mexico. **Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences**, v. 13 n.1 p.161-174, 2018.

INCERA, M.; LASTRA, M.; LÓPEZ, J. Effect of swash climate and food availability on sandy beach macrofauna along the NW coast of the Iberian Peninsula. **Marine Ecology Progress Series**, v. 314 p. 25-33, 2006.

JARAMILLO, E.; McLACHLAN, A. Community and population responses of the macroinfauna to physical factors over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 37 n. 6 p. 615-624, 1993.

JOSEFSON, A.; HANSEN, J.; ASMUND, G.; JOHANSEN, P. Threshold response of benthic macrofauna integrity to metal contamination in West Greenland. **Marine pollution bulletin**, v. 56 p. 1265-74, 2008.

KENNEDY, A. D.; JACOBY, C. A. Biological Indicators of Marine Environmental Health: Meiofauna – A Neglected Benthic Component? **Environ Monit Assess**, v. 54 p. 47–68, 1999.

KNOX, G. A. **The Ecology of Seashores**. CRC Press, Boca Raton, 557 p., 2001.

KOMAR, P. D. Beach processes and erosion—an introduction. In: KOMAR, P. D. **Handbook of coastal processes and erosion**, CRC Press, p. 1-20, 1983.

KOMAR, P.D. **Beach Processes and Sedimentation**, 2nd Edition, Prentice Hall. 544pp. 1998.

KOMAR, P. D.; CLEMENS, K. E. The relationship between a grain's settling velocity and threshold of motion under unidirectional currents. **Journal of Sedimentary Research**, v.56 n.2 p 258-266, 1986.

KOMAR, P. D.; CLEMENS, K. E.; ZHENLIN, L.; SHIH, S. M. The effects of selective sorting on fator analyses of heavy-mineral assemblages. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 59. n 4. pp 590-596, 1989

KRULL, M.; ABESSA, D. M. S.; HATJE, V.; BARROS, F. Integrated assessment of metal contamination in sediments from two tropical estuaries, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 106 p. 195-203, 2014.

Li, T.; SUN, G.; YANG, C.; LIANG, K.; MA, S.; HUANG, L.; LUO, W. Source apportionment and source-to-sink transport of major and trace elements in coastal sediments: Combining positive matrix factorization and sediment trend analysis. **Science of the Total Environment**, v. 651 p. 344-356, 2019.

MANTOVANELI, R. **Avaliação da Contaminação das Areias de Praia do Litoral do Espírito Santo por Elementos-traço**. Dissertação de Mestrado em Química, UFES, 118p, 2015.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; ARCANJO, J. D. Coastal Quaternary formations of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68 n. 3 p. 389-404,1996.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M. **Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo.** Belo Horizonte: CPRM, v. 2,1997.

MASSELINK, G.; LI, L. The Role of swash infiltration in determining the beachface gradiente: a numerical study. **Marine Geology**, v.176 p. 139-156, 2001.

MCARDLE, S. B.; McLACHLAN, A. Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. **Journal of Coastal Research**, v. 8 n. 2 p. 398-407, 1992.

McFALL, B.C. The Relationship between Beach Grain Size and Intertidal Beach Face Slope. **Journal. of Coastal Research**, v. 35 n.5 p.1080-1086, 2019

McLACHLAN, A. DEFEO, O.; JARAMILLO, E; SHORT, A. Sandy beach conservation and recreation: guidelines for optimizing management strategies for multi-purpose use. **Ocean e coastal management**, v. 71 p. 256-268, 2013.

McLACHLAN, A.; BROWN, A. C. **The ecology of sandy shores**. 2. ed. New York: Academic Press, 2006.

McLACHLAN, A.; DE RUYCK, A.; HACKING, N. Community structure on sandy beaches: patterns of richness and zonation in relation to tide range and latitude. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 69 p. 451-67, 1996.

McLACHLAN, A.; DORVLO, A. Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. **Journal of Coastal Research**, v. 21 n. 4 p. 674-687, 2005.

McLACHLAN, A.; JARAMILLO, E.; DONN. T. E.; WESSELS, F. Sandbeach macrofauna communities: A geographical comparison. **Journal of Coastal Research** v. 15 p. 27–38, 1993.

McLACHLAN, A.; TURNER, I. The interstitial environment of sandy beaches. **Marine Ecology**, v. 15 n. 3-4 p. 177-212, 1994.

MORAES, R.; CRAPEZ, M.; PFEIFFER, W.; FARINA, M.; BAINY, A.; TEIXEIRA, V. **Efeitos de Poluentes em Organismos Marinhos**. Arte e Ciência Villipress, 288 p., 2001.

NAFAA, M. G; FRIHY, O.F. Beach on nearshore features along dissipative coastline of Nile Delta, Egypt. **Journal of Coastal Research**, v.9 n.2 p. 423-433, 1993.

NAGARAJAN, R.; JONATHAN, M.P.; ROY, P. D.; WAI-HWA, L.; PRASANNA, M. V.; SARKAR, S. K.; NAVARRETE-LOPEZ, M. Metal concentrations in sediments from tourist beaches of Miri City, Sarawak, Malaysia (Borneo Island). **Mar. Pollut. Bull**., v. 73 p. 369-373, 2013.

NELSON, C.H.; LAMOTHE, P.J. Heavy Metal Anomalies in the Tinto and Odiel River and Estuary System, Spain. **Estuaries**, v. 16 n. 3 p. 496-511, 1993

NIENCHESKI, L. F.; MOORE, W. S.; WINDOM, H. L. History of human activity in coastal southern Brazil from sediment. **Mar. Pollut. Bull**., v. 78 p. 209-212, 2014.

OLIVEIRA, T.C.A, ALBINO, J., VENANCIO, I.D. Littoral longshore sediment transport along the deltaic plain of Rio Doce. **Quaternary Environmental Geosciences**, v. 6 n. 1 p. 20–25, 2015.

OLSGARD, F.; HASLE, J. Impact of waste from titanium mining on benthic fauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 172 p. 185-213, 1993.

OTEGUI, M. B. P; BLANKENSTEYN, A.; PAGLIOSA, P. R. Population structure, growth and production of Thoracophelia furcifera (Polychaeta: Opheliidae) on a sandy beach in Southern Brazil. **Helgoland marine research**, v. 66 n. 4 p. 479-488, 2012.

PEREIRA, A. A.; HATTUM, B.; BROUWER, A.; BODEGOM, P. M.; REZENDE, C. E.; SALOMONS, W. Effects of iron-ore mining and processing on metal bioavailability in a tropical coastal lagoon. **Journal of Soils and Sediments**, v. 8 n. 4 p. 239-252, 2008.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**, 2ª ed., Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2009.

PEREIRA, T. S.; MOREIRA, I. T. A.; OLIVEIRA, O. M. C.; RIOS, M. C.; FILHO, W. A. C. S.; ALMEIDA, M.; CARVALHO, G. C. Distribution and ecotoxicology of bioavailable metals na As in surface sediments of Paraguaçu estuary, Todos os Santos Bay, Brazil. Mar. Pollut. Bull., v. 99 p. 166-177, 2015.

PILÓ, D.; BEN-HAMADOU, R.; PEREIRA, F.; CARRIÇO, A.; CORZO, A.; GASPAR, M. B.; CARVALHO, S. How functional traits of estuarine macrobenthic assemblages respond to metal contamination? **Ecological Indicators**, v.71 p. 645-659, 2016.

PROBERT, P. K., READ, G. B.; GROVE, S. L.; ROWDEN, A. A. Macrobenthic polychaete assemblages of the continental shelf and upper slope off the west coast of the South Island, New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, v. 35 n. 5 p. 971-984, 2001.

QUARESMA, VDS; CATABRIGA, G; BOURGUIGNON, SN; GODINHO, E; BASTOS, AC, Modern sedimentary processes along the Doce river adjacent continental shelf. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45 n. 4 p. 635-644, 2015.

QUEIROZ, H. M.; NÓBREGA, G. N.; FERREIRA, T. O.; ALMEIDA, L. S.; ROMERO, T. B.; SANTAELLA, S. T.; BERNARDINO, A. F.; OTERO, X. L. The Samarco mine tailing disaster: A possible time-bomb for heavy metals contamination? **Science of the Total Environment**, v. 637–638 p. 498–506, 2018.

MIREZ, M.; MASSOLO, S.; FRACHE, R.; CORREA, J. A. Metal speciation and environmental impact on sandy beaches due to El Salvador copper mine, Chile. **Mar. Pollut. Bull.**, v. 50 p. 62-72, 2005.

REIS A.H., GAMA C. Sand size versus beachface slope–an explanation based on the constructal law. **Geomorphology**, v. 114 n. 3 p. 276-283, 2010.

RIBA, I.; CASADO-MARTÍNEZ, M. C.; BLASCO, J.; DELVALLS, T. A. Bioavailability of heavy metals bound to sediments affected by a mining spill using Solea senegalensis and Scrobicularia plana. **Marine environmental research**, v. 58 n. 2-5 p. 395-399, 2004.

SALAS, F.; MARCOS, C.; NETO, J. M.; PATRÍCIO, J.; PEREZ-RUZAFA, A.; MARQUES, J. User-friendly guide for using benthic ecological indicators in coastal and marine quality assessment. **Ocean e Coastal Management**, v. 49 p. 308-331, 2006.

SANTHIYA, G.; LAKSHUMANAN, C.; JONATHAN, M. P.; ROY, P. D.; SRINIVASALU, B.; UMA-MAHESWARI, B.; KRISHNAKUMAR, P. Metal enrichment in beach sediments from Chennai Metropolis, SE coast of India. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62 p. 2537-2542, 2011.

SAYADI, M. H.; REZAEI, M. R.; REZAEI A. Sediment Toxicity and Ecological Risk of Trace Metals from Streams Surrounding a Municipal Solid Waste Landfill. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 94 p. 559–563, 2015.

SHARIFUZZAMAN, S. M.; RAHMAN, H.; ASHEKUZZAMAN, S. M.; ISLAM, M. M.; CHOWDHURY, S. R.; HOSSAIN, M. S. Heavy Metals Accumulation in Coastal Sediments. In H. Hasegawa et al. (eds.), **Environmental Remediation Technologies for Metal-Contaminated Soils**, Springer Japan, 254 p., 2016.

SHORT, A. D.; WRIGHT, L. D**. Morphodynamics of high energy beaches: an Australian perspective**. In Coastal geomorphology in Australia, Ed G.B. THOM, Academic Press p. 43-68, 1984

SILVA D. C.; BELLATO, C. R.; MARQUES NETO, J. O.; FONTES, M. P. F. Trace elements in river waters and sediments before and after a mining dam breach (Bento Rodrigues, Brazil) - **Quim. Nova**, v. 41 n. 8 p. 857-866, 2018

SIQUEIRA, G.W.; APRILE, F.M. Distribuição de mercúrio total em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica – Brasil. **Acta Amazonica,** v. 42 n. 2 p. 259-268, 2012.

SONG, Y.; CHOI, M. S. Assessment of heavy metal contamination in sediments along the coast of South Korea using Cs-normalized background concentrations. **Marine Pollution Bulletin**, v. 117 n. 1-2 p. 532-537, 2017.

SUNAMURA, T. **Quantitative predictions of beach-face slopes.** GSA Bulletin, v. 95 n. 2. p 242-245, 1984.

SUNDARAMANICKAM, A.; SHANMUGAM, N.; CHOLAN, S.; KUUMARESAN, S.; MADESWARAN, P.; BALASUBRAMANIAN, T. Spatial variability of heavy metals in estuarine, mangrove and coastal ecosystems along Parangipettai, Southeast coast of India. **Environmental Pollution**, v. 218 p.186-195,2016.

TSELEPIDES, A.; PAPADOPOULOU, K.; PODARAS, D.; PLAITI, W.; KOUTSOUBAS, D. Macrobenthic community structure over the continental margin of Crete (South Aegean Sea, NE Mediterranean). **Progress in Oceanography**, v. 46 n. 2-4 p. 401-428, 2000.

VANOSMAEL, C.; WILLEMS, K. A.; CLAEYS, D.; VINCX, M.; HEIP, C. Macrobenthos of a sublittoral sandbank in the Southern Bight of the North Sea. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom,** v. 62 p. 521-534, 1982.

VESPREMEANU-STROE, A.; PREOTEASA, L.; FLORIN, Z.; ROTARU, S.; CROITORU, L.; TIMAR-GABOR, A. Formation of Danube delta beach ridge plains and signatures in morphology. Quaternary International, v.415 n.10 p. 268-285, 2016

VETRIMURUGAN, E.; SHRUTI, V. C.; JONATHAN, M. P.; ROY, P. D.; KUNENE, N. W.; VILLEGAS, L. E. C. Metal concentration in the tourist beaches of South Durban: An industrial hub of South Africa. **Marine Pollution Bulletin**, v.117 p.538-546, 2017

VIDINHA, J. M.; ROCHA, F.; PATINHA, C.; SILVA, E.; ANDRADE, C. Heavy metals contents on beach and dune sediments from Espinho to Mondego Cape (Portugal)—influence of human activities. **J. Geochem. Explor.**, v. 88 p. 404– 407, 2006.

WEBER, R. R.; MONTONE, R. C. **Gerenciamento Ambiental na Baía do Almirantado**. Relatório da Rede 2, 259p., 2006.

ZALMON, I. R.; MACEDO, I. M.; REZENDE, C. E.; FALCÃO, A. P. C.; ALMEIDA, T. C. The distribution of macrofauna on the inner continental shelf of southeastern Brazil: the major influence of an estuarine system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 130 p. 169-178, 2013.

Jacqueline Albino é Geógrafa, Doutora em Geologia Sedimentar e professora titular do Departamento de Oceanografia e Ecologia, da Universidade Federal do Espírito Santo, coordenadora do Anexo 4 do PMBA/RRDM, Coordenadora do subtema "Morfodinâmica de Praia". E-mail: albino.jacqueline@gmail.com CV http://lattes.cnpq.br/1609264897582182.

Karla Gonçalves da Costa é Bióloga, Doutora em Oceanografia Biológica e professora Associada do Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, do Campus de São Mateus, da Universidade Federal do Espírito Santo, Coordenadora do subtema "Bentos" no Anexo 4 do PMBA/RRDM. E-mail: karlacostabio@gmail.com CV http://lattes.cnpq.br/5558591861739453.

Maria Tereza Weitzel Dias Carneiro é Química, Doutora em Ciências pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e professora Associada do Departamento de Química do Centro de Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Coordenadora do subtema "Geoquímica" no Anexo 4 do PMBA/RRDM. E-mail: mariacarneiro@hotmail.com C.V http://lattes.cnpq.br/9989703911201351.

GESTÃO E GOVERNANÇA

Capítulo 12

Mapeamento geológico de habitat marinhos: abordagem e estudo de caso

Valéria S. Quaresma; Alex C. Bastos; Pedro S. Menandro; Fernanda V. Vieira; Geandré C. Boni; Marcos Daniel Leite; Gabriella A. Rocha; Natacha Oliveira

Introdução

A demanda por bens e serviços associados aos oceanos vêm aumentando consideravelmente a cada década. Recursos pesqueiros, maricultura, energia e exploração mineral, uso dos habitat marinhos para diversas atividades, turismo, entre outras, são demandas comuns que levam ao desafio de se buscar um modelo de governança e gestão sustentável entre ações de conservação para a biodiversidade e ecossistemas, e o desenvolvimento econômico (Guide Unesco - Ehler; Douvere, 2009). O planejamento espacial marinho é uma ferramenta ou um processo aplicado em diversos países com o objetivo de organizar o uso do espaço marinho, a partir das interações entre as atividades econômicas e interesses de uso da sociedade em geral, e o ambiente em si (Santos et al., 2019).

Neste contexto, uma das bases de implementação para o planejamento espacial marinho é reconhecer a distribuição dos habitat bentônicos usando informações que possam agrupar variáveis biofísicas, biológicas, geológicas e oceanográficas. Mapas de habitat formam uma base cartográfica crucial para o zoneamento espacial, gestão e tomadas de decisão sobre potenciais conflitos para o uso do fundo marinho (Backer e Harris, 2020). Mapa de habitat marinhos é uma ferramenta que nos permite a representação espacial de extensas áreas do fundo marinho

---

▪ COMO CITAR:
QUARESMA, V. S. et al. Mapeamento geológico de habitat marinhos: abordagem e estudo de caso. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 267-291. ISBN 978-65-992571-0-0

relacionando com os organismos que ali vivem, mapeando-se tanto a extensão do ambiente físico propriamente dito, quanto a distribuição e densidade dos organismos (Harris e Baker, 2020). Dessa forma, esses mapas vêm se tornando fundamentais para o planejamento do uso do fundo marinho incluindo o estabelecimento de políticas protecionistas e a gestão do uso e aproveitamento dos recursos naturais (Harris e Baker, 2020; Micallef et al., 2012). A aplicação de mapeamento de habitat é hoje amplamente usada no manejo de recursos pesqueiros (Canadá é um grande exemplo), Brown et al. (2012), licenciamento de operações *onshore*, *offshore* e atividades de mineração, planejamento e criação de áreas marinhas protegidas, entre outras.

Em função dos diversos usos do termo habitat, sua aplicação às vezes se torna confusa. Já em 1855, talvez sem saber os rumos que iriam ser tomados na ciência de mapeamento marinho, o livro *Physical Geography of the Sea* (Maury, 1855) já propunha de certa forma alguns habitat de cunho fisiográfico e larga escala. Aqui, vamos colocar as definições usadas no contexto do mapeamento de habitat marinhos. Habitat pode ser definido pelas características físicas e ambientais de uma determinada área que sustenta ou é habitada por uma espécie (fauna ou flora) ou uma comunidade de organismos (Harris e Baker, 2020). Em inglês, usa-se o termo *Benthic Habitat* para descrever os habitat do fundo marinho. A tradução literal para o português seria habitat bentônicos, mas é importante ressaltar que o uso do termo bentônico está associado ao grego *Benthós*, que significa "profundeza" ou "fundo do mar". Logo, a definição de habitat bentônicos se refere às áreas fisicamente distintas do fundo marinho que sustentam ou são propícias à ocorrência de determinadas comunidades biológicas. O termo *benthoscape* ou *benthic scape* (Zajac et al., 2003), embora menos usado, se refere a diferentes escalas de mapeamento na qual as características biofísicas distintas possam ser identificadas e mapeadas a partir de dados ambientais contínuos da área de estudo (Brown et al., 2012). *Benthoscape* ou *Seascape* seriam termos associados ao que podemos definir como paisagem marinha ou paisagem submarina, o que também estaria intrinsicamente associada à geomorfologia submarina. A distribuição das diversas feições geomórficas do fundo dos oceanos (montes submarinos, cânions, recifes, escarpas, ravinas, planícies, etc) já mostra uma alta diversidade geomorfológica, que pode ser descrita como geodiversidade (Harris et al., 2014), sendo um dos principais atributos de associação com a biodiversidade (Harris e Baker, 2020). O termo biótopo (*biotope* em inglês), no contexto de habitat bentônicos, já se refere ao conjunto habitat "físico" e comunidade biológica associada, ou seja, engloba os parâmetros abióticos e bióticos (Olenin e Ducrotoy, 2006).

Embora a conceituação seja até certo ponto clara, o uso do termo habitat, e suas escalas, ainda carece de uma padronização. Em face ao uso do mapeamento de habitat como base para programas nacionais/continentais de planejamento espacial marinho, diferentes classificações são usadas por diversas instituições no mundo. Um resumo dos termos e formas de classificação de habitat, seguindo escalas e hierarquias de nomenclaturas é apresentado por Harris e Baker (2020). Strong et al. (2018) apontam que as diferentes classificações de habitat marinhos influenciam no produto final dos estudos. De maneira geral, os modelos de classificação em programas nacionais ou internacionais são muitas vezes função de aspectos inerentes a cada país ou grupo de países envolvidos. As principais características que mais influenciam nas diferenças entre os produtos finais, que são os mapas de habitat, são: objetivos/propostas, escopo ambiental e ecológico, escala espacial, resolução temática, estrutura e compatibilidade de técnicas de mapeamento.

O mapeamento de habitat bentônicos tem como referência o mapeamento do fundo marinho como base para investigar a relação da geodiversidade ou paisagem submarina/marinha ou habitat físico, com a estrutura e dinâmica de populações e comunidades biológicas, e não somente bentônicas. O mapeamento dos aspectos físicos do fundo marinho define os habitat, ou seja, o espaço e suas características físicas. Muitas das variáveis que definem esse habitat físico (por exemplo, granulometria, profundidade, gradiente, etc), podem ser usadas como substitutos ou referências (do inglês *surrogates,* sem uma tradução própria para mapeamento de habitat)

para indiretamente prever a ocorrência ou distribuição de comunidades ou espécies alvo. Dentre os parêmetros físicos, a geomorfologia submarina vem sendo usada como um dos principais atributos na identificação e associação de habitat bentônico e comunidades biológicas. Logo, a base de um estudo com mapeamento de habitat é o mapeamento geológico/geomorfológico, seguido da identificação da comunidade biológica associada aos diferentes habitat ou paisagens submarinas definidas. O objetivo desse capítulo é justamente apresentar uma síntese dos diferentes passos em um estudo de mapeamento de habitat, com a apresentação de dois estudos de caso.

Abordagem de mapeamento de habitat

O mapeamento de habitat foi definido no Programa MESH (*Mapping European Seabed Habitat*[1]) como sendo o *"delineamento da distribuição e extensão de* habitat *visando a produção de um mapa de cobertura do fundo marinho apontando os limites entre os diferentes* habitat*"*. Obviamente, do ponto de vista ecológico, a definição de polígonos definidos em mapa é discutível no que tange a distribuição da biodiversidade. Os limites de tipos de fundo marinho (ou fácies sedimentares, por exemplo) são muitas vezes gradacionais, e linhas de contato no mapa seriam mais uma referência de mudança, ou tendência de mudança, do que um limite fixo de ocorrência de lama para a areia, por exemplo. Na verdade, o fundo marinho é caracterizado por padrões sedimentares com uma variabilidade de percentuais granulométricos em função dos processos físicos e químicos atuando em diferentes escalas, ou seja, lamas arenosas, ou areias lamosas indicam uma variabilidade granulométrica mais real e isso deve ser considerado quando se traça um limite faciológico em mapa. Além disso, a distribuição de espécies ou comunidades biológicas não estão, necessariamente, restritas a um único tipo de habitat ou tipo de fundo marinho (por exemplo, areia, lama ou cascalho). Estruturas biogênicas como recifes podem ser consideradas exceções porque possuem limites de ocorrência bem marcados (Brown et al., 2011) e o relevo já poderiam indicar a presença desses habitat. Nesse contexto, a geomorfologia submarina aponta a distribuição de feições geomórficas que podem definir habitat por si só (montes submarinos, recifes, etc), indicando a transição de mudanças do relevo. De qualquer maneira, as condições físicas do ambiente seriam um dos fatores controladores da distribuição de comunidades biológicas, porém elas não influenciam diretamente os processos biológicos em si, como por exemplo, a competição entre espécies (Harris e Baker, 2020). Tudo isso faz com que o mapeamento de habitat não seja um problema de fácil resolução e sempre terá suas limitações de representação.

Brown et al. (2011) definem o mapeamento de habitat como sendo *"o uso de um conjunto de dados ambientais espacialmente contínuo que representam e podem predizer padrões de distribuição biológica no fundo marinho (seja de forma contínua ou descontínua"*. Essa definição aponta para uma forma de abordagem ao mapeamento de habitat. A interpretação dessa definição mostra que um mapa de habitat deve, minimamente, representar a geodiversidade do fundo marinho como camada base de dados ambientais (batimetria, geomorfologia, sedimentologia, etc) contínua, que possa representar padrões ou prever a distribuição de diferentes comunidades biológicas, ou comunidades alvo de um estudo.

Assim, o mapeamento de habitat envolve não só técnicas de mapeamento do fundo marinho, mas também a aplicação de técnicas de análise de dados ambientais (geomorfologia, por exemplo), conhecimento do comportamento de comunidades ou espécies alvo do estudo, e o desenvolvimento de abordagens quantitativas para integrar dados ambientais com dados de

[1] Disponível em: www.searchmesh.net

verdade de campo, seja para compor um mapa de distribuição ou visando a modelagem preditiva de ocorrência de espécies ou comunidades (Brown et al., 2011; Diesing et al., 2016; Lecours et al., 2016). A Figura 12.1 mostra os principais estágios para o processo de produção de um mapa de habitat.

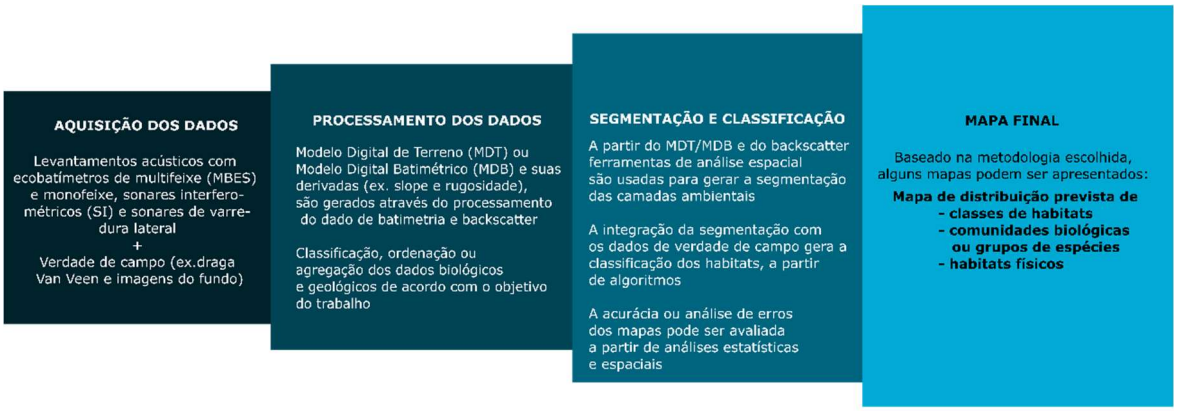


Figura 12.1. Fluxograma mostrando os estágios de produção de um mapa de habitat, desde a aquisição do dado até o mapa final.

Fonte: os autores.

As técnicas de mapeamento do fundo marinho englobam coletas de dados diretos e indiretos: a) geoacústica com levantamentos usando tecnologia de sonares; b) tecnologia de sensoriamento remoto usando luz natural ou transmitida (satélite, LIDAR, etc; c) imagens subaquáticas com mergulhadores autônomos, dropcameras, veículos autônomos, veículos de operação remota ou trenós rebocados; e d) coleta de amostras geológicas e biológicas.

A análise de dados ambientais é feita através de diferentes processos que podem envolver classificações e segmentações manuais ou automáticas, supervisionadas ou não, incluindo ferramentas e técnicas do tipo: OBIA (*object-based image analysis*); *Pixel-based image analyses*, aplicações geoespaciais (ferramentas de análise de terreno), etc. A integração de dados ambientais, segmentados ou não, e variáveis biológicas é executada através de aplicações de estatística mutivariada, inteligência artificial incluindo a aplicação de *machine learning* e *deep learning*, etc (Diesing et al., 2016).

Ainda vale ressaltar que existem diferentes estratégias para a produção de mapas de habitat bentônicos, conforme é apresentado por Brown et al. (2011). Essas estratégias são baseadas não somente na disponibilidade de dados, como também nos objetivos do estudo ou do programa de mapeamento. Nesse sentido é que o estudo de *surrogates* (substitutos) é uma abordagem importante no mapeamento de habitat. Os chamados *surrogates* abióticos seriam as variáveis físicas, químicas ou biofísicas que proporcionariam uma correspondência com a ocorrência e distribuição de determinados organismos ou comunidades (Mcarthur et al., 2010). O termo, como colocado anteriormente, não tem uma tradução científica própria para português, sendo usado como variáveis substitutas.

Como *surrogates* abióticos podemos citar a granulometria do sedimento, temperatura e salinidade da água, profundidade, *backscatter*, variáveis de terreno, entre outros. O princípio do uso de *surrogates* seria com o intuito de usar variáveis abióticas como indicadores para a ocorrência e distribuição dos organismos e suas comunidades (Austin e Smith, 1989; Mcarthur et al., 2010; Meynard e Quinn, 2007; Olabarria, 2006; Snelgrove, 2001).

Existe uma diferença básica na habilidade de mapear os habitat bentônicos ou a paisagem submarina quando comparado com a habilidade de mapearmos ou quantificarmos os organismos que ocupam o espaço ou o habitat. Embora a tecnologia de imageamento do fundo dos oceanos a partir de câmeras de alta resolução esteja crescendo rapidamente, a área de cobertura de mapeamento acústico do fundo marinho ainda é maior que o imageamento de áreas para estudos biológicos. Se considerarmos então a coleta pontual de amostras, a situação é ainda mais discrepante. Sendo assim, essa é mais uma ponderação do quanto é importante atrelarmos o mapeamento do fundo marinho ao conceito de habitat, ou seja, mapear a natureza, distribuição e extensão dos ambientes físicos como forma de buscarmos prever ou ter uma base de previsão para a ocorrência de comunidades biológicas associadas.

Assim como qualquer produto cartográfico, os mapas de habitat também estão associados a uma escala. Entretanto, além da escala cartográfica, existe a escala conceitual de habitat do ponto de vista biótico, ou seja, o lugar ou o espaço em que o organismo vive. Logo, o habitat não tem escala fixa. A classificação de habitat baseado na escala espacial proposta por Greene et al. (1999) possui uma abordagem quase intuitiva do ponto de vista geológico/geomorfológico. Os habitat poderiam ser divididos em: Megahabitat (dezenas de km), Mesohabitat (1-10km); Macrohabitat (dezenas de m) e Microhabitat (centimétrico) (Fig. 12.2).

A seguir são apresentadas as diferentes técnicas de mapeamento geológico e biológico do fundo marinho, bem como ferramentas de análise. Estratégias de integração entre dados ambientais e biológicos e uma introdução ao estudo de *surrogates* são apresentados posteriormente.

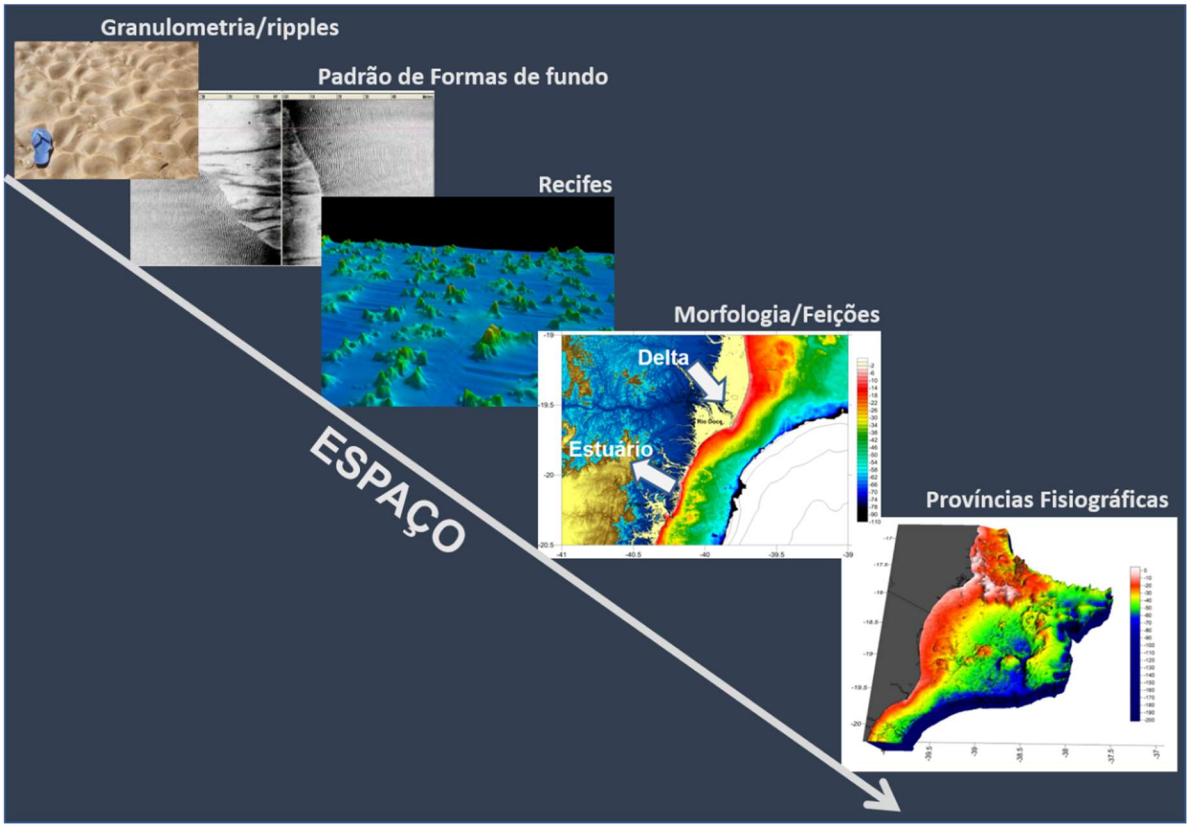


Figura 12.2. Diagrama ilustrando a influência da escala espacial na definição de habitat, desde uma escala centimétrica até a escala de províncias fisiográficas.

Fonte: os autores.

Mapeamento acústico do fundo marinho

O mapeamento do fundo marinho é baseado em levantamentos acústicos utilizando equipamentos como ecobatímetros de multifeixe (MBES) e monofeixe, sonares interferométricos (SI) e sonares de varredura lateral (SVL), principalmente. Esses equipamentos são capazes de produzir dados batimétricos e imageamento acústico ou sonográfico do fundo marinho (exceção é o SVL que não tem a capacidade de produzir dados batimétricos, apenas sonográficos). A Figura 12.3 mostra o exemplo de levantamentos com sistemas de ecobatímetro ou SI, onde esses equipamentos estão anexados ao bordo ou no casco da embarcação, e levantamento com o SVL que é rebocado a partir da proa da embarcação. Os sistemas de varredura recobrem uma determinada área do fundo marinho. Essa área coberta é função da profundidade e do ângulo de abertura no caso do MBES e da distância entre o transdutor e o fundo, no caso do SVL. Importante também destacar que a frequência do equipamento determina o comprimento de onda do pulso acústico, o que significa dizer que, a depender da profundidade de trabalho, os sistemas de MBES terão frequências distintas. O mesmo vale para o SVL, mas como uma conotação mais voltada para o nível de resolução de mapeamento do fundo marinho. A Figura 12.3 mostra ainda o exemplo de um ecobatímetro monofeixe que, ao invés de realizar uma varredura do fundo marinho, obtém um dado dito livremente como pontual de profundidade, mas na verdade a medição é obtida em uma pequena área, como a base de um cone.

Também conhecido como geoacústica, o método acústico ou sísmico está relacionado à emissão de pulsos acústicos que viajam pela coluna d'água e refletem ao longo de superfícies com contrastes de impedância acústica, que é o produto da velocidade de propagação do som no meio e a densidade do meio ($I=V_p.\rho$). O tempo levado pelo pulso para se propagar na coluna d'água, refletir e retornar ao transdutor é gravado. Conhecendo-se ou medindo-se a velocidade de propagação do som na água, a profundidade é determinada. Além da profundidade, outra propriedade que pode ser obtida nesses equipamentos é a intensidade de retorno do sinal acústico, em inglês, *backscatter*. O *backscatter* é uma variável física que responde diretamente à geometria do pulso acústico e ao tipo de substrato. A interação do pulso acústico com os diferentes tipos de fundo permite que o *backscatter* seja usado como um dado indireto de classificação do fundo marinho e, mais recentemente, sendo até associado a presença de comunidades bentônicas como macroalgas ou até tipos de corais diferentes (Brown et al., 2011; Huang et al., 2011; Lacharité et al., 2018; Mcgonigle et al.,, 2009).

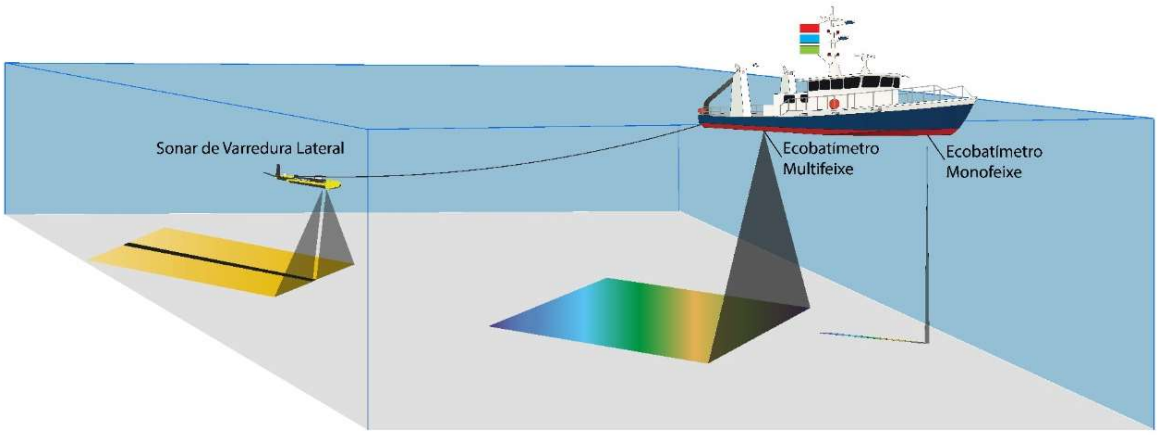


Figura 12.3. Esquema de emissão dos sinais de ecobatímetro monofeixe e multifeixe e do sonar de varredura lateral.

Fonte: os autores.

Na atualidade, o principal sistema acústico usado no mapeamento de habitat é o MBES e já vem sendo operado inclusive de maneira autônoma sem a necessidade de tripulantes, como no caso de ASV (da sigla em inglês, *autonomous surface vessels,* também descritos como *unmanned surface vessels*) (Brown e Blondel, 2009; Brown et al.,2012). O MBES possibilita um produto que irá fornecer informações integradas de morfologia e intensidade de retorno do sinal acústico (batimetria + *backscatter*). Além disso, a resolução vertical e horizontal da morfologia obtida pelo MBES pode ser centimétrica, até mesmo em mar profundo, onde o MBES é instalado em submarinos não tripulados autônomos (AUVs) ou em veículos operados remotamente (ROVs). O uso de AUVs em grandes profundidades permite que o dado morfológico seja obtido mais próximo do fundo, então áreas no talude e planície abissal podem ter mapas de alta resolução (Wynn et al., 2014).

O SVL também é usado no mapeamento de habitat visando o imageamento sonográfico do fundo marinho em mais alta resolução, ou seja, só obtêm dados de *backscatter* (ex: Moura et al., 2013). Comparando os equipamentos, o SVL é um sistema mais simples que não exige o controle completo dos campos dimensionais na embarcação, uma vez que dados batimétricos não são obtidos. Porém, obter a posição precisa do transdutor é um pouco mais difícil porque o mesmo está sendo rebocado. Por outro lado, levantamentos com MBES e SI exigem um conhecimento do campo dimensional da embarcação, bem como sistemas de calibração e medição da velocidade de propagação do som na água. Essa necessidade é função do processamento para a definição da geometria do feixe formado. Logo, é preciso que se tenha o controle e as correções de todos os movimentos feitos pela embarcação (*pitch, roll, heave, yaw*). Desta forma, não só o levantamento exige uma maior logística, como também um maior tempo e dedicação de processamento. Entretanto, como colocado acima, o produto obtido a partir de um MBES permite uma análise mais completa da morfologia e do substrato do fundo marinho (Brown et al., 2011; Diaz et al., 2004; Kenny et al., 2003).

O avanço tecnológico nos sistemas acústicos de mapeamento do fundo marinho tem sido enorme na última década. Uma das fronteiras no mapeamento de habitat a partir de MBES é o uso de sistemas de multifrequência, onde a aquisição de dados é feita não apenas com uma frequência, mas com 3 ou 4 frequências diferentes, que podem ir de 90 a 900 kHz. A diferença de frequências acaba sendo uma ferramenta importante na aplicação do *backscatter* para o mapeamento de tipos de fundo. Em função da heterogeneidade do fundo marinho, a combinação de frequências potencializa uma melhor parametrização acústica dos diferentes tipos de fundo, levando a uma classificação mais refinada e robusta (Brown et al.,2019; Gaida et al., 2018). Uma revisão mais específica sobre os principais sistemas acústicos usados no mapeamento do habitat é apresentada por (Hughes Clarke, 2018; Klaucke, 2018).

Vale destacar que embora o método acústico seja amplamente o mais usado em mapeamento de habitat marinhos, o uso do sensoriamento remoto com imagens de satélites, bem como o uso de tecnologia LIDAR também são aplicados para o mapeamento de habitat em regiões costeiras e marinho rasa. LIDAR se refere a sigla e inglês para *Light Detection And Ranging*, ou detecção e alcance de luz. São sensores remotos usados em aeronaves e drones que aplicam tecnologia ótica (laser) para obter medidas de distância (inclusive embaixo d'água) e assim produzir modelos digitais de terreno (Galparsoro et al., 2010). A aplicação da tecnologia LIDAR em drones, bem como o uso de fotogrametria para produção de modelos digitais de terreno vem crescendo bastante nos últimos anos na comunidade de mapeamento de habitat.

Mapeamento geológico e biológico – verdades de campo

O mapeamento acústico do fundo marinho produz modelos digitais de terreno e padrões de *backscatter*. A técnica de mapeamento acústico é uma forma indireta de caracterização da composição do fundo marinho, sendo necessária a coleta de verdades de campo para parametrizar os dados acústicos com o sedimento ou uma imagem coletada. Da mesma maneira, a integração das variáveis ambientais (batimetria+*backscatter*+sedimento) com a distribuição de comunidades biológicas requer uma metodologia de coleta de verdade de campo para as variáveis biológicas.

A verdade de campo, seja geológica ou biológica, pode ser abordada por técnicas de amostragem destrutiva e não-destrutiva. As técnicas destrutivas se dão basicamente pela coleta de sedimento através de amostradores do tipo busca-fundo (ex: Van Veen, *day grab*, etc) ou dragas de arrasto. Em geral, essas amostras geram variáveis pontuais, sendo uma técnica considerada destrutiva, uma vez que implica na retirada de material e consequente morte dos organismos associados. A amostragem por coleta física de material representa não só um grande esforço amostral em campo, mas também de investimento de dedicação para análise em laboratório, seja para estudos sedimentológicos e composicionais, como estudos da comunidade bentônica.

A forma não destrutiva ou menos destrutiva é a obtenção de imagens subaquáticas, sejam imagens fotográficas ou vídeo. O imageamento do fundo marinho pode ser realizado também de forma pontual através das chamadas dropcameras (câmeras de lançamento), através de perfilagem usando trenós (tow-cameras) ou ROVs e através do mapeamento de áreas com AUVs. *Dropcameras* são estruturas metálicas com câmeras de alta resolução e iluminação artificial (Figura 12.4). Geralmente as câmeras são apontadas para baixo, onde a base da estrutura serve como um fator de escala. Câmeras laterais também podem estar presentes, registrando uma imagem mais panorâmica da área amostrada. As dropcameras são lançadas em um ponto definido, e ao tocar o fundo irão registrar a superfície do fundo marinho, incluindo o tipo de sedimento e a fauna e flora presentes. Em cada ponto definido, por uma questão de número de amostras, a drocamera deve ser suspensa e depois abaixada pelo menos 3 vezes, registrando o fundo marinho por um intervalo de tempo definido.

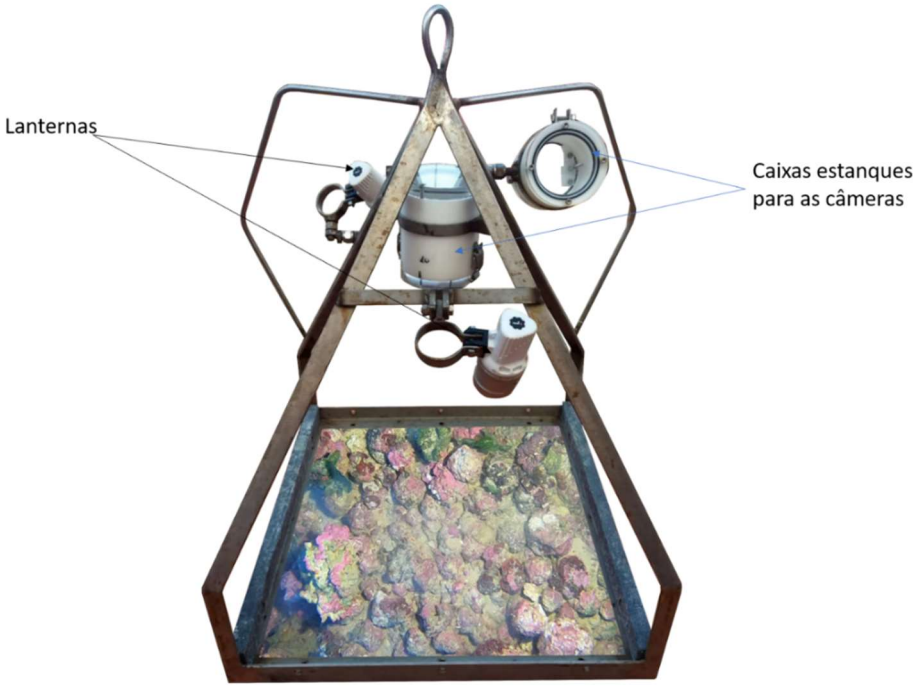


Figura 12.4. Ilustração de um modelo de dropcamera com uma montagem da imagem de fundo
Fonte: os autores.

Em cada ponto amostrado é possível fazer uma descrição do tipo de fundo e presença ou não de formas de fundo, bem como identificar e contabilizar a fauna e flora presente. Essa técnica é limitada a um pequeno espaço que representa a base da estrutura, além de muitas vezes ser difícil a identificação dos organismos, limitando também o tamanho dos organismos que podem ser visualizados na imagem. Apesar de ser uma técnica mais rápida que a amostragem e triagem em laboratório, ela também é considerada como pontual e necessita de uma metodologia específica para classificar os organismos observados. Para sedimentos arenosos e lamosos, geralmente essa técnica é bastante limitada para a descrição biológica, porém para fundos recifais e de rodolitos, as imagens permitem a identificação dos principais organismos presentes e sua quantificação dentro do campo de imageamento.

Trenós e ROVs já permitem um imageamento ao longo de um transecto, ou seja, evita-se assim a amostragem pontual. Dessa maneira é possível ver, mesmo que ao longo de uma única linha, mudanças graduais nos tipos de fundo e a variabilidade nas comunidades biológicas. Para a identificação e quantificação dos organismos é preciso que quadros estáticos sejam retirados dos vídeos e que o trenó ou o ROVs tenham uma mira laser para servir de escala.

O uso da tecnologia AUV é o que há de mais moderno no mapeamento do fundo marinho visando a identificação das comunidades bentônicas. Os veículos autônomos são programados para cobrir uma determinada área do fundo marinho, fazendo com o esforço humano de levantamento de dados possa ser focado em outra ação. Os AUVs são providos de uma ou mais câmeras de alta resolução, apontando para baixo ou para vante, e dentro de uma elevação controlada entre o sistema e o fundo marinho, são previstas as linhas de imageamento visando a cobertura 100% de uma determinada área (Bridge et al., 2011). Assim, o AUV é capaz de produzir um mosaico de fotos do fundo marinho com superposição para aplicação de técnicas de fotogrametria, produzindo um modelo digital de terreno (sem valores absolutos, mas com o um relevo relativo) com as imagens da cobertura bentônica (Williams et al., 2010).

Imagens do fundo marinho para identificação e quantificação de organismos também podem ser feitas a partir de mergulho autônomo. O uso de quadratis com dimensões conhecidas é bastante usado para quantificar a fauna recifal. Da mesma maneira, mergulhadores podem gerar linhas de filmagem ou de fotografias e produzir ao final um mosaico de cobertura bentônica e gerar inclusive modelos tridimensionais, desde que as fotos sejam feitas com sobreposição

A obtenção de verdades de campo geológicas, ou seja, as amostras superficiais e imagens de fundo são fundamentais para a parametrização dos dados geofísicos, principalmente a variável *backscatter*. Em linhas gerais, as amostras geológicas são sempre pontuais o que pode gerar uma extrapolação na parametrização com dados acústicos contínuos. A determinação e quantificação das comunidades biológicas também podem gerar uma variabilidade significativa na relação habitat *versus* organismos nos casos de amostragens pontuais, mas o avanço tecnológico vem buscando melhorar a nossa habilidade de imagear áreas maiores do fundo marinho. O uso de câmeras hiperspectrais vem crescendo para a aplicação de classificação de tipos de fundos e identificação da comunidade bentônica. Da mesma maneira, os processos de análise e identificação das comunidades bentônicas, seja nas amostras ou nas imagens vêm avançando, tanto na identificação de organismos através de técnicas de metagenômica no sedimento, quanto no desenvolvimento de softwares de classificação automática do fundo marinho a partir de imagens.

Geomorfologia como habitat – análise de terreno

A geomorfologia submarina como um habitat bentônico é extensivamente apresentada no livro seminal de Harris e Baker (2020). Se fôssemos usar um exemplo simples, a presença de estruturas tridimensionais positivas (recife), mapeadas a partir de um levantamento acústico na plataforma continental e facilmente identificadas em um modelo digital de terreno, já definiria um habitat. Entretanto, ao invés de uma descrição qualitativa de um modelo digital de terreno, as análises métricas da morfologia, ou seja, estudos de morfometria ou geomorfometria, nos permitem extrair, descrever e analisar atributos e variáveis de uma determinada superfície (Pike et al., 2009). Derivado de estudos da superfície terrestre, a geomorfometria marinha adapta as diversas análises usadas na superfície terrestre para o fundo marinho. Lecours et al. (2016) apresentam uma rica revisão sobre a evolução da geomorfometria marinha moderna, apontando para um fluxo de análise geomorfométrica composto de seis estágios: aquisição do dado batimétrico; geração do modelo digital batimétrico-MDB (interpolação); pré-processamento (correção de artefatos no modelo batimétrico); análise do MDB (geomorfometria); aplicações (mapeamento de habitat, geomorfologia e processos, etc).

Atributos ou variáveis do terreno (ou relevo) são amplamente usados na produção de mapas de habitat porque muitos atributos são entendidos como indicadores abióticos da distribuição de espécies. Lecours et al. (2016) dividem os atributos em quatro classes: gradiente; orientação, curvatura/posição relativa, e variabilidade do terreno. O gradiente do terreno é a Inclinação/declividade do terreno e vem do inglês *slope*. Mudanças de declividade do terreno podem indicar áreas mais ou menos propensas para certos tipos de espécies. O atributo de orientação mais comumente calculado é o aspecto, que mostra tendência de orientação das feições. Para os habitat, essa orientação pode indicar exposição ao fluxo de correntes. A curvatura/posição relativa é uma classe de atributos que indica mudanças de profundidade em relação a uma área vizinha. O *Bathymetric Position Index* é um grid de valores positivos e negativos em relação a profundidade de uma área vizinha definida, ou seja, é um atributo que marca a presença de cristas e canais, ou fundos mais planos. Variabilidade do terreno está associada ao atributo de rugosidade do fundo. Fundos de maior rugosidade adicionam complexidade ao ambiente bentônico, o que pode ser associado a uma maior biodiversidade.

Em função da tecnologia disponível hoje, tanto de mapeamento acústico com MBES, quanto com sensores óticos como LIDAR, as análises geomorfométricas vêm sendo amplamente utilizadas porque os MDBs gerados possuem alta resolução e recobrem toda a área de estudo. Sendo assim, são várias as ferramentas que estão disponíveis para análises geomorfométricas, sendo que as ferramentas baseadas ou implementadas em ambiente SIG são as mais populares em função da facilidade para diversos usuários. Existem ainda diversos pacotes estatísticos em linguagem computacional com código aberto (R e Python, por exemplo) com foco em classificação, e que são eventualmente mais ajustáveis ao usuário e com etapas mais transparentes. A Tabela 12.1 apresenta uma lista de ferramentas disponíveis com o endereço onde das mesmas podem ser obtidas.

Dentre as ferramentas da Tabela 12.1, o *Benthic Terrain Model* (BTM) foi uma das primeiras ferramentas desenvolvidas que, de certa forma, popularizaram o uso das análises quantitativas de terreno. O BTM é uma ferramenta disponível como Toolbox do software ArcGIS e que usa o *Spatial Analist* para produzir não só os mapas de alguns atributos, mas também gera classes geomórficas, que são traduzidas como terreno bentônico, a partir da combinação dos atributos BPI e declividade, tendo ainda a possibilidade de gerar mapas de aspecto e rugosidade (Lundblad et al., 2006; Wright; et al., 2012). Para essa classificação em classes, usuário gera um dicionário com valores dos atributos definidos que serão então combinados nas classes bentônicas (ver o Estudo de Caso 1). (Lundblad et al., 2006)

Tabela 12.1. Ferramentas de análise.

Ferramenta de Análise	Referência	
***Benthic Terrain Modeler* BTM**	Walbridge, S.; Slocum, N.; Pobuda, M.; Wright, D.J. *Unified Geomorphological Analysis Workflows with Benthic Terrain* Modeler. Geosciences 2018, 8, 94. doi:10.3390/geosciences8030094	ArcGIS Toobox – *download* http://4326.us/btm-install
RSOBIA - *Remote Sensing Object Based Image Analysis in ArcMap*	Le Bas, T.P. (2016) RSOBIA - *A new OBIA Toolbar and Toolbox in ArcMap 10.x for Segmentation and Classification. In: GEOBIA 2016: Solutions and Synergies., 14 September 2016 - 16 September 2016, University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth Observation* (ITC).	Representante: https://www.oceanwise.eu/software/rsobia-remote-sensing-object-based-image-analysis/
TASSE – *Terrain Attribute Selection for Spatial Ecology* (v. 1.1)	Lecours, V. (2017) Terrain Attribute Selection for Spatial Ecology (TASSE), v.1.1, URL https://www.researchgate.net/publication/314300617_TASSE_Terrain_Attribute_Selection_for_Spatial_Ecology_Toolbox_v_11	ArcGIS toolbox https://www.researchgate.net/publication/314300617_TASSE_Terrain_Attribute_Selection_for_Spatial_Ecology_Toolbox_v_11
Geographic Resources Analysis Support System (GRASS)	GRASS *Development Team. Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS) Software, Version 7.2. 2017. Available online: http://grass.osgeo.org (accessed on 10 November 2017).	Open GIS - https://grass.osgeo.org/
Bathymetric and Reflectivity-based Segments	Masetti et al., 2018 - https://doi.org/10.3390/geosciences8010014	https://www.hydroffice.org/bress/main

Fonte: os autores

Segmentação e classificação – Geomorfologia + *backscatter*

Historicamente, a intensidade de retorno do sinal acústico, ou *backscatter*, é usada no mapeamento geológico do fundo marinho na identificação de tipos de fundo (ex, areia, lama, areia com marcadas de ondulação, etc), presença e tipos de formas de fundo, ocorrência de fundos recifais, e até mesmo na identificação de estruturas artificiais, como naufrágios. O SVL sempre foi um equipamento muito utilizado para esses objetivos. Por ser um método indireto, o padrão de *backscatter* precisa ser parametrizado com dados diretos de campo. Com o avanço tecnológico de sistemas como MBES e SI, o *backscatter* passou a ser uma das variáveis que mais vem sendo desenvolvidas e aplicadas para mapeamento de habitat. O potencial de unir a batimetria com o *backscatter* permite não somente as análises de terreno, mas também os componentes referentes ao tipo de fundo e, potencialmente, até mesmo à cobertura bentônica. A Figura 12.5 mostra um exemplo do *backscatter* sobre um modelo digital de terreno, ilustrando a distribuição do padrão de retorno do sinal acústico em conjunto com a geomorfologia.

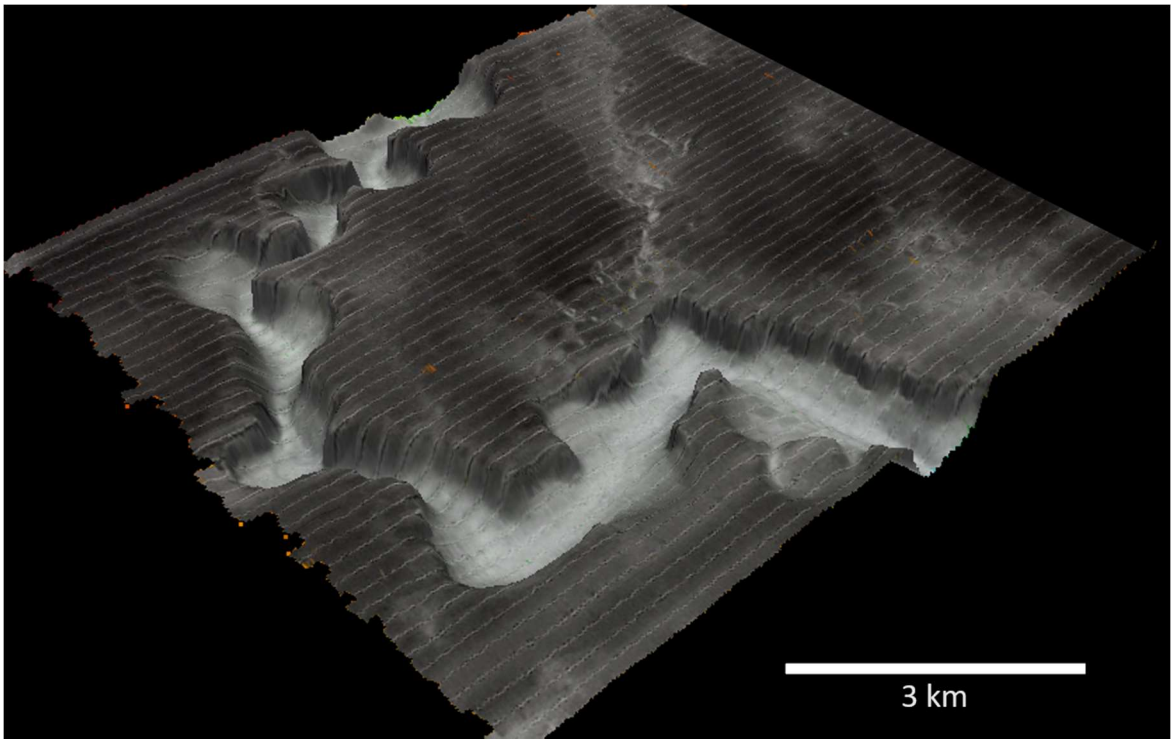


Figura 12.5. Imagem combinando um modelo digital de terreno com o backscatter sobreposto. Observa-se a diferença dos padrões de *backscatter* em relação a morfologia (resultados sobre este estudo podem ser vistos em Rocha et al. (2020).

Fonte: os autores.

A interpretação dos padrões de *backscatter* pode se dar tanto de maneira manual, ou seja, através de um intérprete, ou a partir de *softwares* e aplicativos que utilizam algoritmos para agrupar ou identificar padrões similares dentro de uma área de estudo. Esse método de segmentação automática pode ser executado de forma supervisionada ou não-supervisionada. A segmentação supervisionada acontece quando o usuário pré-define o número de classes baseado em uma primeira análise. A segmentação não supervisionada é quando o próprio algoritmo define o número de classes. É importante destacar que alguns autores usam o termo segmentação e classificação como mesma definição (Brown et al., 2011), enquanto outros autores separam o processo de segmentação da etapa de classificação (Diesing et al., 2016) (ver Figura 12.1). A

diferença básica na terminologia é que segmentação é a partição da imagem baseada em atributos definidos, o que define um determinado número de classes. A classificação qualificada dessas classes é o passo onde os dados indiretos são parametrizados com os dados de observação direta do fundo marinho.

São diversas as abordagens para a segmentação automática dos padrões de *backscatter,* incluindo o próprio valor físico da intensidade de retorno do sinal dado em decibéis, ou a transformação da imagem em análise de *pixels* ou de objetos. Lerodiaconou et al. (2018) apresentam um estudo comparando o uso de análise de imagens baseada em *pixel* e em objetos. Basicamente a abordagem por pixel usa uma análise de vizinhança (geralmente 3x3) para gerar os valores e depois aplica uma ferramenta estatística de agrupamento para definir as classes. A análise por objeto é conhecida como Object-Based Image Analysis (OBIA), ou GEOBIA (Geographic OBIA), e se dá a partir do agrupamento espacial de *pixels* vizinhos com propriedades similares, formando objetos. Essa técnica de análise por objeto potencializa as similaridades ou homogeneidades do objeto, bem como as diferenças com outros objetos, e vem sendo amplamente usada em estudos de mapeamento de habitat (Diesing et al., 2016; Lucieer et al., 2013). A Figura 12.6 mostra um exemplo de um dado de *backscatter* segmentado.

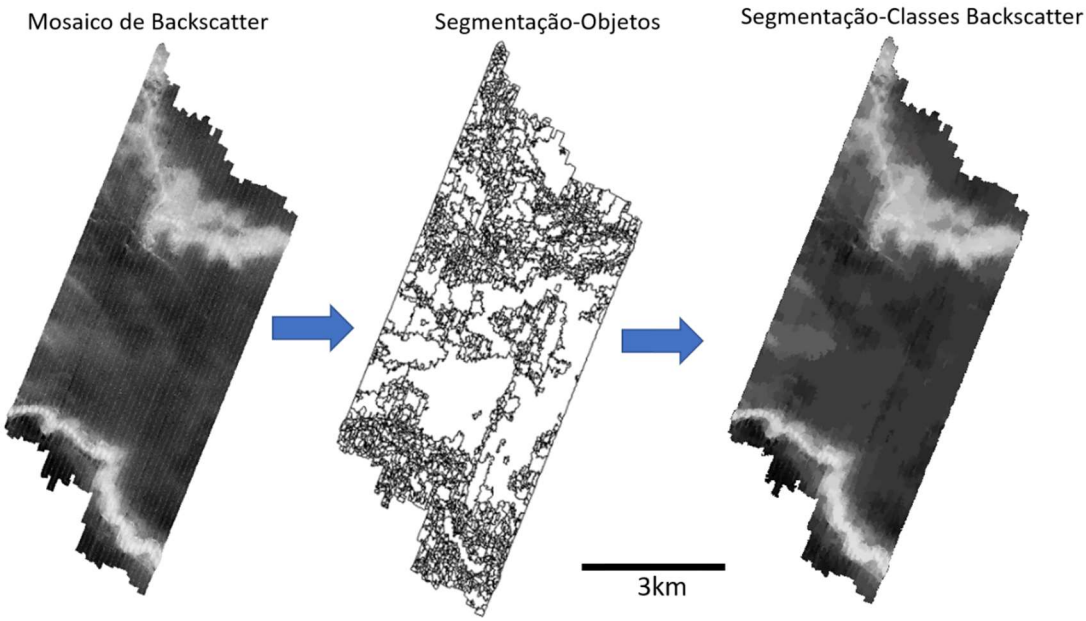


Figura 12.6. Exemplo da segmentação de um mosaico de backscatter obtido com MBES (maiores informações em Rocha et al., 2020). Esse procedimento é uma base para a classificação automática de mosaicos de backscatter, podendo ser supervisionada ou não.

Fonte: os autores.

É importante ainda ressaltar que as análises de terreno descritas no tópico anterior também podem ser realizadas através do processo de segmentação da imagem por *pixels* ou objetos. Por exemplo, o RSOBIA segmenta as imagens de batimetria, bem como as imagens de *backscatter*. A Figura 12.7 ilustra, a partir de dados de multibeam e uso do RSOBIA, todo o fluxo de processamento de segmentação e posterior classificação dos habitat.

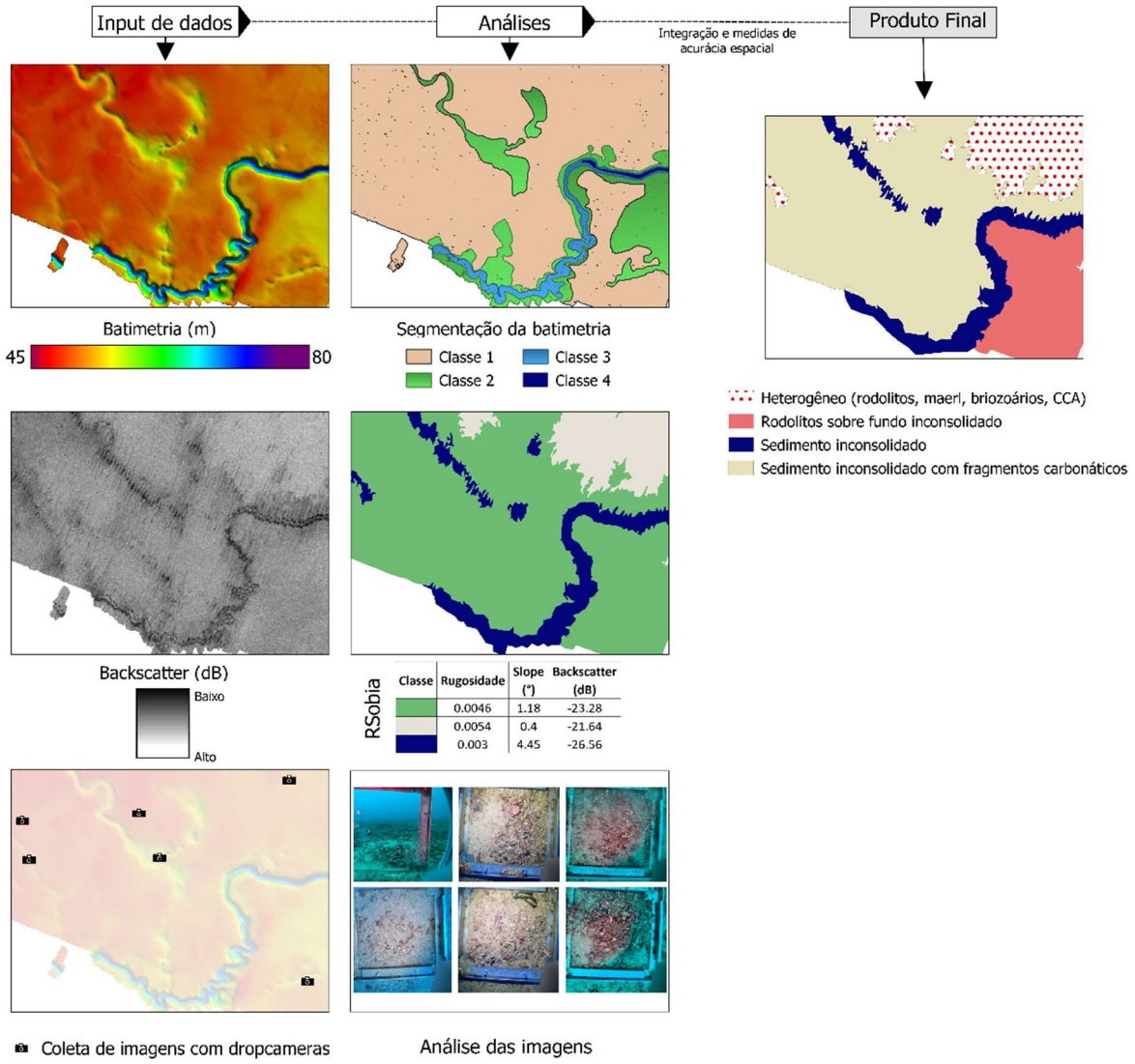


Figura 12.7. Exemplo dos produtos que são gerados a partir dos dados de batimetria e *backscatter*: segmentação das imagens por objeto, seguidos da classificação dos habitat usando dados diretos do fundo marinho.

Fonte: os autores.

Em termos gerais, a classificação dos habitat se dá a partir da combinação entre o mapa de classes e os dados diretos (verdade de campo). A classificação das imagens ou o produto de processamento das amostras é uma escolha do pesquisador e que deve ser decidida em função dos seus objetivos. Essa "combinação" pode se dar de várias maneiras, seja através de uma análise direta de correlação entre classes e amostras até análises mais complexas usando modelagens com *machine ou deep learning*, como *randon forest* ou florestas de decisão ou florestas aleatórias (Diesing e Thorsnes, 2018; Ierodiaconou et al., 2018; Lucieer et al.,, 2013).

Dentro do processo de mapeamento de habitat, muitas vezes o mapa final representa uma modelagem preditiva da ocorrência de determinados tipos de habitat, ou uma análise comparativa usando métodos diferentes de mapeamento. Em geral, esses mapas passam por um último estágio que seria o de avaliação da acuracidade, performance e confiança. Um exemplo na plataforma brasileira é o trabalho de Menandro et al. (2020) que comparou o mapeamento de fundos recifais em Abrolhos usando dados acústicos distintos (batimetria por MBES e SVL) e três

técnicas de identificação diferentes, sendo uma por interpretação manual e duas automáticas (BTM e OBIA). Diesing e Thorsnes (2018) usam a combinação de OBIA com *random forest* para mapear a ocorrência de corais de água-profunda associado à mounds carbonáticos, tendo como atributo ou substituto, os aspectos geomorfométricos. Gaida et al. (2018) mapearam a distribuição de *pockmarks*[2] usando uma ferramenta semi-automática baseada na geomorfometria.

Gerando mapas de habitat bentônicos: estratégias

Passada toda a discussão sobre o termo habitat e os passos para se chegar a um mapa, podemos dizer que a produção de um mapa de habitat bentônico ainda pode seguir diferentes estratégias. Essas estratégias estão associadas a vários aspectos que incluem, principalmente, quais dados são disponíveis e quais são os objetivos e aplicações do mapa de habitat. Exemplos de diferentes aplicações ou objetivos: potencial distribuição de habitat em uma área de interesse, prever a distribuição de uma espécie de valor comercial, prever a distribuição de um tipo de comunidade, prever a distribuição de um habitat específico, prever a distribuição de diferentes comunidades em uma mesma área, etc. Notem que no final, independente da estratégia, o objetivo é gerar um mapa com classes de habitat e previsão de ocorrência de espécies ou comunidades.

O artigo de Brown et al. (2011) apresenta três estratégias básicas para a geração de mapas de habitat bentônicos. Embora a tecnologia de aquisição dos dados de mapeamento de fundo e algumas técnicas de análise tenham sido amplamente desenvolvidas nesta última década (segmentação, classificação, *machine learning*, etc), a abordagem conceitual segue muito próxima dessas três estratégias descritas pelos autores. As estratégias podem ser definidas como sendo: Geomorfologia ou Sedimentologia como habitat (*surrogate* abiótico); Integração não supervisionada e Previsão supervisionada.

A aplicação de *surrogates* abióticos é baseada em mapas de distribuição de sedimento ou tipos de fundo e mapas da geomorfologia do fundo marinho. O mapa batimétrico é a principal camada ambiental que vem sendo descrita neste capítulo, logo o uso de um MDB pode ser aplicado para diferenciar classes de habitat a partir do domínio ou distribuição de feições geomorfológicas. Essa estratégia não inclui dados diretos de coleta, mas é uma abordagem de grande importância para escalas regionais e onde a base de dados existentes é muito pequena ou inexistente. Logo, a partir de um mapa batimétrico é possível, usando a análise geomorfométrica e aplicativos como o BTM, apontar a geodiversidade e com isso o potencial de heterogeneidade de habitat de uma dada região. No Brasil, temos alguns exemplos desse tipo de abordagem com Ferreira et al. (2020) e Lavagnino et al. (2020).

A segunda estratégia é denominada como *top-down*, ou seja, os dados da camada ambiental (MDB) e os dados de coleta direta (biológico ou geológico) são segmentados independentemente, e a combinação entre as duas bases de dado é feita de forma não supervisionada. A organização dos dados biológicos ou geológicos é função do objetivo do mapa final, ou seja, criar um mapa de distribuição de uma única espécie, de uma comunidade ou de classes de habitat sem integração com dados biológicos. A integração entre dados geológicos ou biológicos pode ser feita usando as inúmeras ferramentas disponíveis, tais como análises multivariadas, geração de *clusters*, aplicação de modelagem por *random forest*, etc.

[2] *Pockmarks* são depressões circulares, em formas de cones ou elípticas no fundo do mar. Apresentam diâmetros de dezenas até centenas de metros, podendo atingir 100 metros de relevo.

A terceira estratégia, provavelmente a que vem sendo mais utilizada atualmente, é conceitualmente distinta da segunda porque é uma estratégia *bottom-up*, ou seja, os dados de verdade de campo são usados para alimentar o modelo de segmentação das imagens, tornando a análise supervisionada. A abordagem também pode gerar mapas de distribuição de espécies ou presença e ausência de um habitat. As técnicas de integração podem ser as mesmas da segunda estratégia, o que muda é a abordagem supervisionada ou não. Exemplos da abordagem supervisionada seriam Diesing e Thorsnes (2018); Ierodiaconou et al. (2018); Menandro et al. (2020)

Habitat da plataforma continental do Espírito Santo (PCES) – base regional

O estudo de caso de mapeamento de habitat da plataforma continental do Espírito Santo (PCES), aqui apresentado, usa como base de dados a batimetria regional obtida a partir de folhas de bordo da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) (Bastos et al., 2015), bem como dados de sedimento superficial obtidos a partir da compilação de bases de dados existentes e de coleta de mais de 300 amostras (Vieira et al., 2019). A opção por usar um estudo de caso que aplica a primeira estratégia de produção de mapas de habitat, descrita no item sobre a geração de mapas de habitat bentônicos, é justamente para mostrar que a abordagem de mapeamento de habitat pode se dar usando dados já existentes. Embora os dados sejam regionais, essa abordagem permite a geração de um primeiro produto capaz de mostrar a presença de habitat ou de setores da plataforma continental que servirão como uma primeira camada para uma base de planejamento espacial marinho, gestão e manejo de recursos naturais e conflitos. Sem essa primeira visão regional, os gestores não têm como contextualizar ou entender a distribuição dos habitat.

O estudo de caso da PCES utiliza o modelo digital de terreno produzido a partir das folhas de bordo e aplica o BTM como ferramenta para definir diferentes classes de habitat potenciais na PCES. Uma outra forma de definir o potencial de habitat na plataforma é usar a distribuição dos tipos de fundo, e para isso também é apresentado e discutido aqui o mapa baseado no sedimento superficial. Trabalhos mais específicos sobre habitat da PCES podem ser vistos em Bourguignon et al. (2018); Oliveira et al. (2020); Rocha et al. (2020).

A Figura 12.8 mostra o resultado dos derivativos de terreno do modelo digital batimétrico e as classes derivadas do BTM. De uma maneira geral observa-se que a PCES tem dois setores bem distintos. O setor ao norte da foz do Rio Doce que é marcado pelo alargamento da plataforma continental, sendo conhecida como Plataforma de Abrolhos. O setor ao sul da foz do Rio Doce é marcado por uma plataforma continental mais estreita. Observa-se ainda através dos mapas de derivativos de terreno que a plataforma tende a ser uma região plana com áreas irregulares. Neste sentido, observa-se que a região adjacente à foz do Rio Doce é marcada por um relevo mais suave e lobado, enquanto a plataforma ao sul da foz é caracterizada por um relevo mais irregular, bem definido nos mapas de rugosidade, BPI e *slope*/declividade. Nota-se que o mapa de BPI ressalta alguns artefatos da batimetria, muito provavelmente devido ao padrão de aquisição dos dados. A análise do BTM mostra a definição de 9 classes, sendo que na verdade cristas e regiões planas foram subdivididas em função unicamente da profundidade. O aspecto mais interessante no produto do BTM para a PCES é justamente o padrão de cristas e depressões e a classificação de feições como flanco de canais e fundo de canais (Figura 12.9). Essas classes ocorrem predominantemente ao sul da foz do Rio Doce, mostrando uma região com uma geodiversidade complexa marcada por um relevo bastante irregular. O setor norte, nesta escala de observação, mostra que as principais feições estão no limite sul da Depressão de Abrolhos, sendo marcadas por bancos e canais ressaltados nos mapas de derivativos e no BTM.

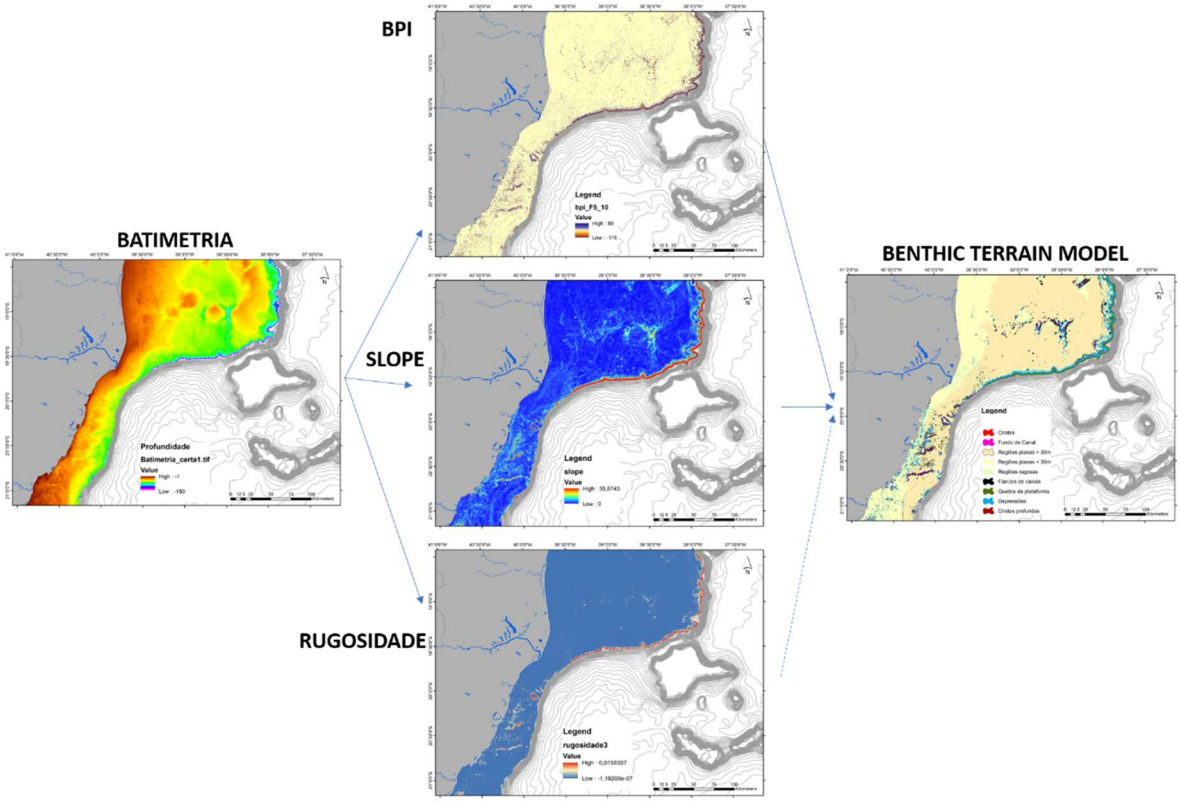


Figura 12.8. Mapa de batimetria da PCES com os produtos de derivativos de terreno (BPI, declividade/slope, rugosidade) e o mapa final com as classes derivadas do BTM. Datum: WGS 84.

Fonte: dos autores.

Do ponto de vista geomorfológico, podemos definir, nesta escala regional, a presença de habitat dominados por regiões planas e a presença de habitat com estruturas tridimensionais, principalmente vales incisos (paleovales) e fundos rígidos apontados pela rugosidade e padrões de cristas e depressões (Figura 12.9). Essa primeira abordagem mostra que existe uma diferenciação clara de domínios de habitat na PCES, principalmente quando avaliamos a paisagem ou o relevo submarino. Bourguignon et al. (2018) apontam para essa diferença e associam como esse contraste de habitat pode definir os tipos de apetrechos de pesca usados.

Podemos ainda avaliar os habitat usando apenas o padrão de distribuição de sedimento ao longo da PCES. A Figura 12.10 mostra um mapa simplificado produzido a partir de Vieira et al. (2019). O mapa aponta para fundos predominantemente arenosos, lamosos e cascalhosos, e a ocorrência de fundos com rodolitos e fundos recifais. O mapa mostra claramente regiões de habitat caracterizados por fundos lamosos, principalmente na região adjacente à foz do Rio Doce e a extensa presença de fundos de rodolitos. A ocorrência de fundos de rodolitos não é claramente definida no BTM, porém percebe-se que a distribuição desses fundos no setor ao sul da foz do Rio Doce é marcada pela maior rugosidade do fundo e a presença dos vales incisos. Oliveira et al. (2020) apresentam uma integração de dados de distribuição de sedimento de fundo com a morfologia, gerando classes distintas de fundos de rodolitos em função da morfologia.

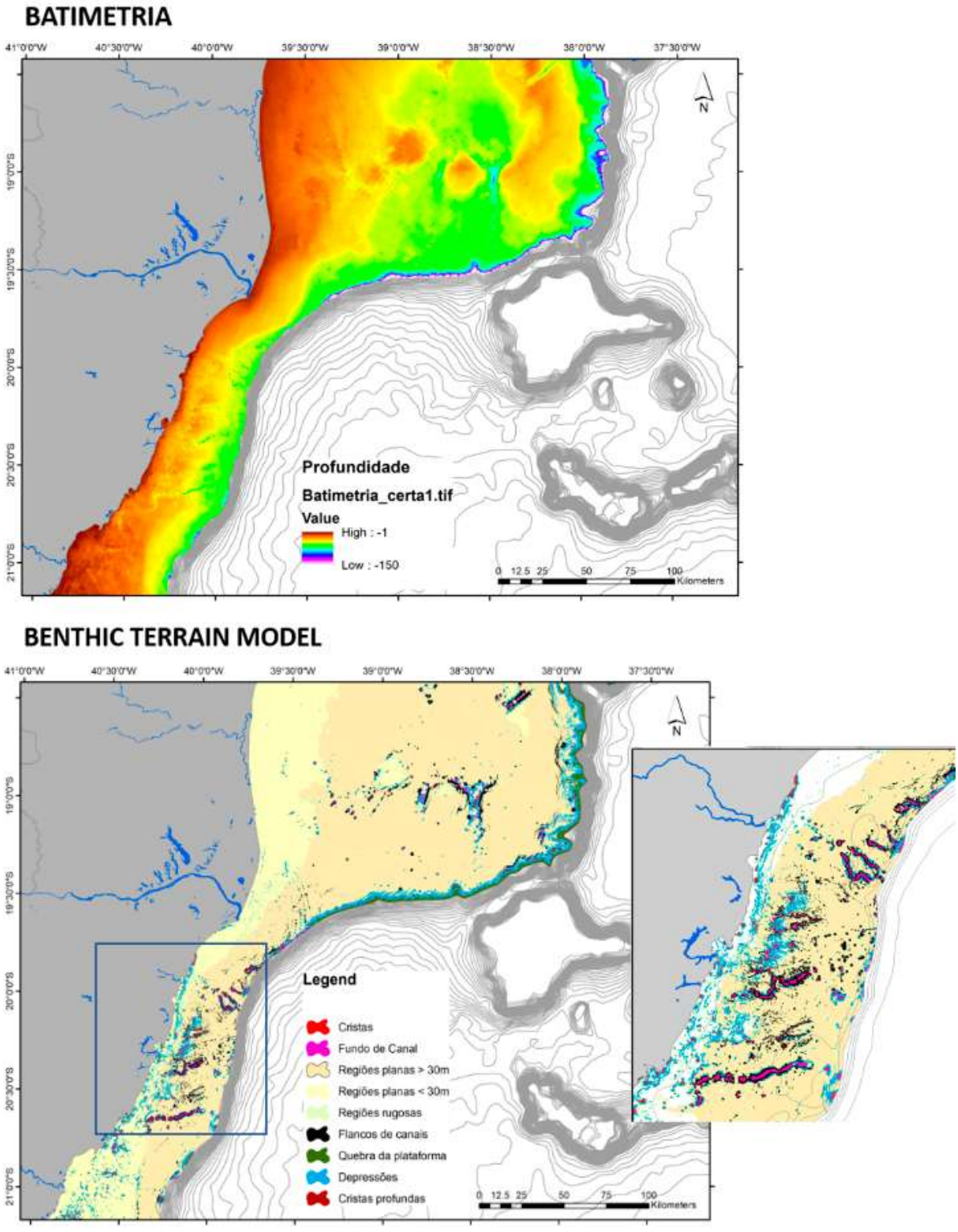
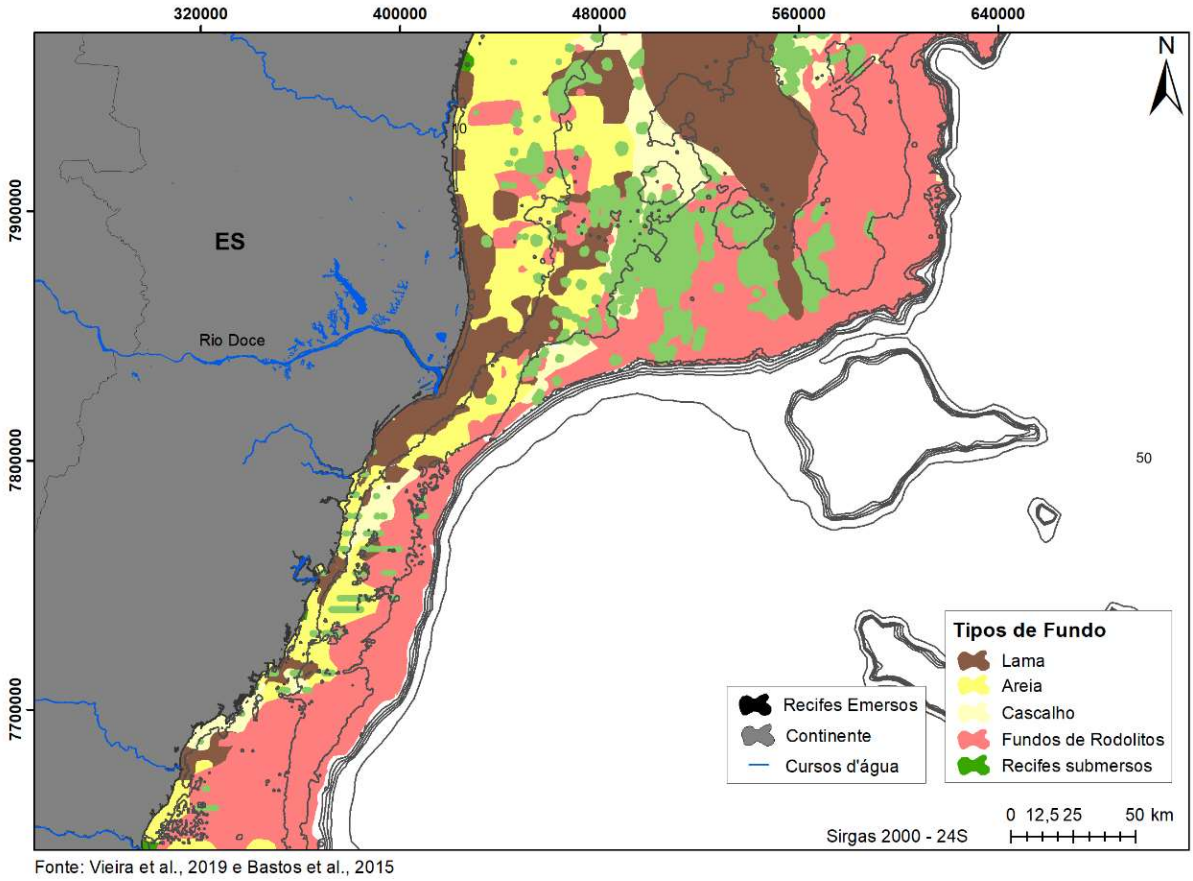


Figura 12.9. Mapa batimétrico da PCES e o mapa de classes do BTM com o destaque para as feições de vales incisos e fundos rígidos irregulares.

Fonte: os autores.



Fonte: Vieira et al., 2019 e Bastos et al., 2015

Figura 12.10. Mapa de distribuição de sedimento superficial e tipos de fundo na PCES.
Fonte: os autores, baseado em Vieira et al. (2019) e Bastos et al. (2015).

Os habitat de fundo lamoso são caracteristicamente planos e ocorrem em profundidades inferiores à 30 m (geralmente associado a desembocadura de rios e transporte longitudinal), com exceção do depósito na plataforma externa de Abrolhos. O habitat lamoso da foz do Rio Doce é um importante pesqueiro de camarão e uma região amplamente usada por pequenos cetáceos. O fundo lamoso que ocorre em profundidades superiores à 30 m, está localizado na Depressão de Abrolhos e encaixa no canal marcado pelo BTM, entre os dois montes que indicam a presença de fundos recifais. Destaca-se que esses fundos recifais são mesofóticos, e ocorrem na superfície destes montes. Os fundos recifais ocorrem de forma mais isolada, mas destaca-se ainda que na porção ao norte do Rio Doce, ao longo da plataforma interna, alguns grupos de estruturas recifais são observadas (ver anomalias de rugosidade, BPI e *slope* na Figura 8). Mapeamentos de alta resolução nesse setor aponta para a presença de estruturas recifais alinhadas, nas profundidades de 20 a 30 m (Vieira; et al., 2019).

A Figura 12.11 ilustra os diferentes tipos de fundo da PCES a partir de imagens obtidas com a *dropcamera*. A produção desse mapa da Figura 12.10 foi feita não somente com os dados de amostras coletadas, mas também com a análise das imagens, principalmente na definição de ocorrência e densidade de nódulos de rodolitos.

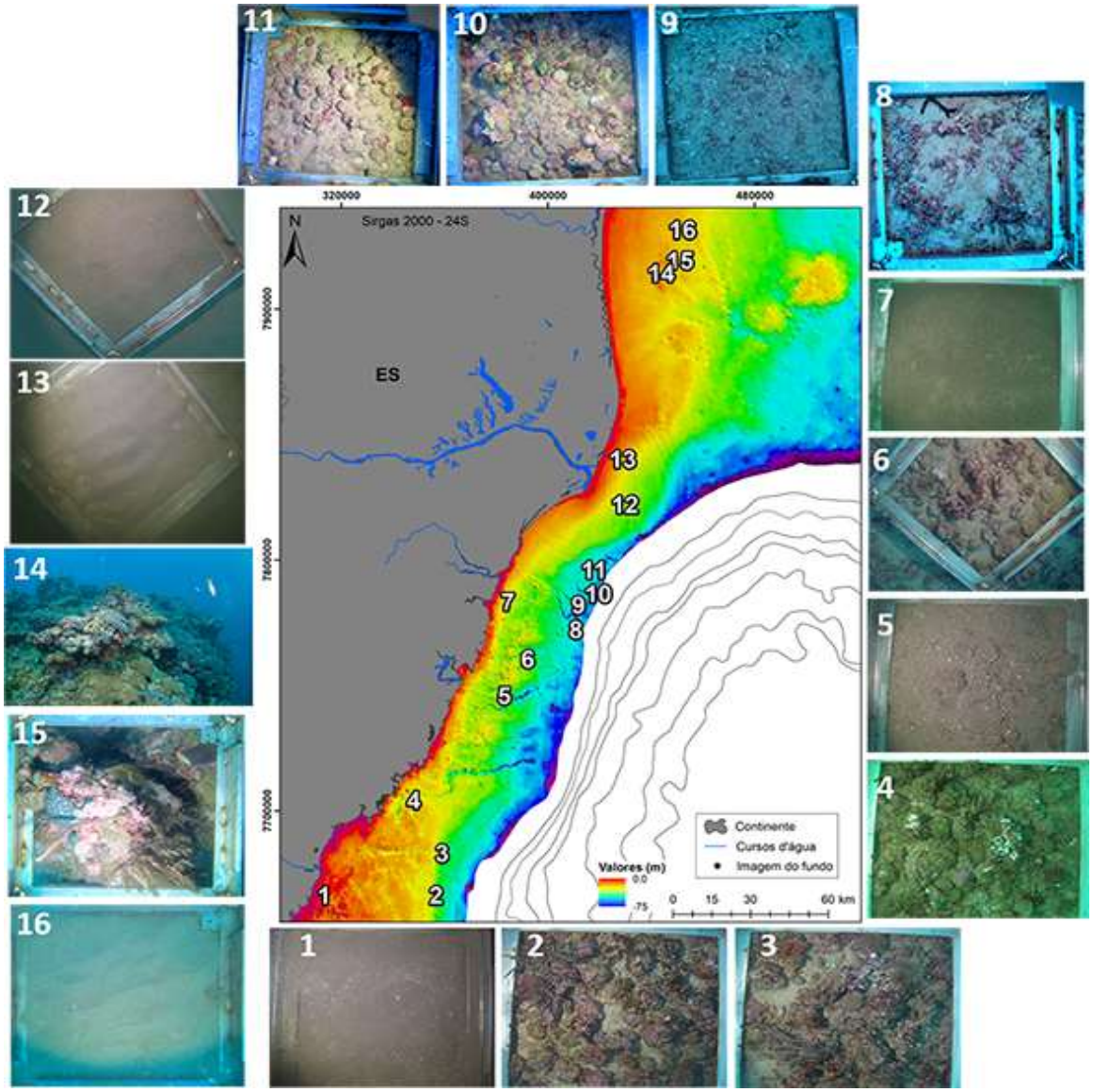


Figura 12.11. Mapa da PCES com a localização de alguns exemplos de imagens do fundo marinho obtidos a partir de câmeras de alta resolução instaladas nas dropcameras.

Fonte: os autores.

Por fim, é importante ressaltar o quanto a evolução sedimentar da PCES em função dos ciclos de variação do nível do mar e os processos sedimentares modernos influenciam diretamente a morfologia, distribuição sedimentar e, consequentemente, a distribuição dos habitat.

Bastos et al. (2015) e Vieira et al. (2019) discutem os diferentes regimes de sedimentação da PCES e a relação direta com a geomorfologia submarina. Esses estudos destacam a existência de dois domínios claros em termos de regime de sedimentação, que seriam o regime com domínio de aporte sedimentar e um regime com domínio de sedimentação carbonática e baixo aporte sedimentar. Esses diferentes regimes sedimentares modernos, combinados com os processos de evolução da plataforma continental em função dos ciclos de variação do nível do mar controlam significantemente a geomorfologia da plataforma continental do Espírito Santo. Consequentemente, essa heterogeneidade geomorfológica (ou de geodiversidade) tem uma direta influência na distribuição de habitat. Segundo Bastos et al. (2015) a plataforma em questão

seria dividida em 3 domínios geomorfológicos: plataforma de Abrolhos, plataforma do Rio Doce e plataforma de paleovales.

A plataforma do Rio Doce é marcada por um regime de suprimento com a presença de uma frente deltaica e um prodelta que são representados por uma plataforma de domínio lamoso com baixa declividade. Em direção ao sul, na plataforma de paleovales, o regime sedimentar passa a ser caracterizado pelo baixo aporte de sedimentos e domínio de sedimentação carbonática. Nessa parte da plataforma observa-se uma morfologia de fundo irregular com presença de paleovales, fundos rígidos ligados a presença de terraços de abrasão e concreções carbonáticas. A plataforma norte do Espírito Santo já está na região definida como plataforma de Abrolhos, que passa de uma largura média de 60km, para cerca de 200km de largura. Isso influencia os processos sedimentares e observa-se então a maior ocorrência de estruturas recifais afogadas, mas com morfologias de banco e pináculos.

Por fim, o exemplo da PCES mostra claramente o quanto a geomorfologia e os processos sedimentares atuantes em diferentes escalas temporais, influenciam a distribuição dos habitat. É um exemplo de como uma base batimétrica regional pode servir como indutor da análise de distribuição de habitat na plataforma continental.

Considerações finais

A abordagem de mapeamento de habitat é, ao redor do mundo, alvo de programas nacionais e até plurilaterais. A importância do conhecimento e mapeamento do fundo marinho é reconhecidamente uma prioridade definida pelas Nações Unidas para a "Década dos Oceanos" ou a "Décadas das Ciências Oceânicas". Programas mundiais como o *Seabed* 2030 fomentam o compartilhamento de dados e buscam uma base de dados mundiais disponíveis para todos. Neste sentido, a paisagem submarina, que define os habitat para espécies e comunidades biológicas em geral, precisa ser mapeada e conhecida para que a gestão dos oceanos possa ser construída e efetivamente desenvolvida.

Por mais que o termo habitat ainda seja alvo de debates no cerne da sua conceituação, não há divergência que o mapeamento do fundo marinho é a base para conhecermos a distribuição da geodiversidade e sua relação com a biodiversidade marinha.

Este capítulo objetivou apresentar uma síntese de como se chega a um mapa de habitat usando o que muitos geocientistas marinhos, sejam geógrafos, geólogos ou oceanógrafos, já fazem: mapeamento acústico e coleta de amostras. Adiciona-se a essa metodologia um pouco de multi e interdisciplinaridade e temos um produto que vai ajudar, e muito, na busca pela sustentabilidade dos oceanos.

Referências bibliográficas

AUSTIN, M. P.; SMITH, T. M. A new model for the continuum concept. **Vegetatio**, 83, n. 1, p. 35-47, 1989/10/01 1989.

BAKER, E. K.; HARRIS, P. T. Chapter 2 - Habitat mapping and marine management. *In*: HARRIS, P. T. e BAKER, E. (Ed.). **Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat (Second Edition)**: Elsevier, 2020. p. 17-33.

BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S.; MARANGONI, M. B.; D'AGOSTINI, D. P. et al. Shelf morphology as an indicator of sedimentary regimes: A synthesis from a mixed siliciclasticecarbonate shelf on the eastern Brazilian margin. **Journal of South American Earth Sciences**, n. 63, p. 12, 2015.

BOURGUIGNON, S.; BASTOS, A.; QUARESMA, V.; VIEIRA, F. et al. Seabed Morphology and Sedimentary Regimes defining Fishing Grounds along the Eastern Brazilian Shelf. **Geosciences**, 8, n. 3, p. 91, 2018.

BRIDGE, T. C. L.; DONE, T. J.; BEAMAN, R. J.; FRIEDMAN, A. et al. Topography, substratum and benthic macrofaunal relationships on a tropical mesophotic shelf margin, central Great Barrier Reef, Australia. **Coral Reefs**, 30, n. 1, p. 143-153, 2011/03/01 2011.

BROWN, C.; BEAUDOIN, J.; BRISSETTE, M.; GAZZOLA, V. Multispectral Multibeam Echo Sounder Backscatter as a Tool for Improved Seafloor Characterization. **Geosciences**, 9, March 01, 2019 2019.

BROWN, C. J.; BLONDEL, P. Developments in the application of multibeam sonar backscatter for seafloor habitat mapping. **Applied Acoustics**, 70, n. 10, p. 1242-1247, 2009/10/01/ 2009.

BROWN, C. J.; SAMEOTO, J. A.; SMITH, S. J. Multiple methods, maps, and management applications: Purpose made seafloor maps in support of ocean management. **Journal of Sea Research**, 72, p. 1-13, 2012/08/01/ 2012.

BROWN, C. J.; SMITH, S. J.; LAWTON, P.; ANDERSON, J. T. Benthic habitat mapping: A review of progress towards improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 92, n. 3, p. 502-520, 2011/05/01/ 2011.

DIAZ, R. J.; SOLAN, M.; VALENTE, R. M. A review of approaches for classifying benthic habitat and evaluating habitat quality. **Journal of Environmental Management**, 73, n. 3, p. 165-181, 2004/11/01/ 2004.

DIESING, M.; MITCHELL, P.; STEPHENS, D. Image-based seabed classification: what can we learn from terrestrial remote sensing? **ICES Journal of Marine Science**, 73, n. 10, p. 2425-2441, 2016.

DIESING, M.; THORSNES, T. Mapping of Cold-Water Coral Carbonate Mounds Based on Geomorphometric Features: An Object-Based Approach. **Geosciences**, 8, p. 34, January 01, 2018 2018.

FERREIRA, L. C.; BASTOS, A. C.; AMADO FILHO, G. M.; LEITE, M. D. A. et al. Chapter 30 - Submerged reefs in the Abrolhos Shelf: morphology and habitat distribution. *In*: HARRIS, P. T. e BAKER, E. (Ed.). **Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat (Second Edition)**: Elsevier, 2020. p. 519-532.

GAFEIRA, J.; DOLAN, M.; MONTEYS, X. Geomorphometric Characterization of Pockmarks by Using a GIS-Based Semi-Automated Toolbox. **Geosciences**, 8, p. 154, April 01, 2018 2018.

GAIDA, T.; TENGKU ALI, T.; SNELLEN, M.; AMIRI-SIMKOOEI, A. et al. A Multispectral Bayesian Classification Method for Increased Acoustic Discrimination of Seabed Sediments Using Multi-Frequency Multibeam Backscatter Data. **Geosciences**, 8, p. 455, December 01, 2018 2018.

GALPARSORO, I.; BORJA, Á.; LEGORBURU, I.; HERNÁNDEZ, C. et al. Morphological characteristics of the Basque continental shelf (Bay of Biscay, northern Spain); their implications for Integrated Coastal Zone Management. **Geomorphology**, 118, n. 3, p. 314-329, 2010/06/01/ 2010.

GREENE, H. G.; YOKLAVICH, M. M.; STARR, R. M.; O'CONNELL, V. M. et al. A classification scheme for deep seafloor habitat. **Oceanologica Acta**, 22, n. 6, p. 663-678, 1999/11/01/ 1999.

GUIDE UNESCO - EHLER, C.; DOUVERE, F. **Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management**. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. Paris. 2009.

HARRIS, P. T.; BAKER, E. K. **Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat:GeoHab Atlas of Seafloor Geomorphic Features and Benthic Habitat**. Second Edition ed. Elsevier Science, 2020. 978-0-12-814960-7.

HARRIS, P. T.; MACMILLAN-LAWLER, M.; RUPP, J.; BAKER, E. K. Geomorphology of the oceans. **Marine Geology**, 352, p. 4-24, 2014/06/01/ 2014.

HUANG, Z.; BROOKE, B. P.; HARRIS, P. T. A new approach to mapping marine benthic habitat using physical environmental data. **Continental Shelf Research**, 31, n. 2, Supplement, p. S4-S16, 2011/02/15/ 2011.

HUGHES CLARKE, J. E. Multibeam Echosounders. *In*: MICALLEF, A.;KRASTEL, S., et al. (Ed.). **Submarine Geomorphology**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 25-41.

IERODIACONOU, D.; SCHIMEL, A. C. G.; KENNEDY, D.; MONK, J. et al. Combining pixel and object based image analysis of ultra-high resolution multibeam bathymetry and backscatter for habitat mapping in shallow marine waters. **Marine Geophysical Research**, 39, n. 1, p. 271-288, 2018/06/01 2018.

KENNY, A. J.; CATO, I.; DESPREZ, M.; FADER, G. et al. An overview of seabed-mapping technologies in the context of marine habitat classification☆. **ICES Journal of Marine Science**, 60, n. 2, p. 411-418, 2003.

KLAUCKE, I. Sidescan Sonar. *In*: MICALLEF, A.;KRASTEL, S., et al. (Ed.). **Submarine Geomorphology**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 13-24.

LACHARITÉ, M.; BROWN, C. J.; GAZZOLA, V. Multisource multibeam backscatter data: developing a strategy for the production of benthic habitat maps using semi-automated seafloor classification methods. **Marine Geophysical Research**, 39, n. 1, p. 307-322, 2018/06/01 2018.

LAVAGNINO, A. C.; BASTOS, A. C.; AMADO FILHO, G. M.; DE MORAES, F. C. et al. Geomorphometric Seabed Classification and Potential Megahabitat Distribution in the Amazon Continental Margin. **Frontiers in Marine Science**, 7, n. 190, 2020-April-16 2020. Original Research.

LECOURS, V.; BROWN, C. J.; DEVILLERS, R.; LUCIEER, V. L. et al. Comparing Selections of Environmental Variables for Ecological Studies: A Focus on Terrain Attributes. **PLOS ONE**, 11, n. 12, p. e0167128, 2016.

LUCIEER, V.; HILL, N. A.; BARRETT, N. S.; NICHOL, S. Do marine substrates 'look' and 'sound' the same? Supervised classification of multibeam acoustic data using autonomous underwater vehicle images. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 117, p. 94-106, 2013/01/20/ 2013.

LUNDBLAD, E.; WRIGHT, D.; MILLER, J.; LARKIN, E. et al. A Benthic Terrain Classification Scheme for American Samoa. **Marine Geodesy - MAR GEODESY**, 29, p. 89-111, 07/01 2006.

MAURY, M. F. **The physical geography of the sea**. London :: Sampson, Low, Son e Co. :, 1855.

MCARTHUR, M. A.; BROOKE, B. P.; PRZESLAWSKI, R.; RYAN, D. A. et al. On the use of abiotic surrogates to describe marine benthic biodiversity. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 88, n. 1, p. 21-32, 2010/06/10/ 2010.

MCGONIGLE, C.; BROWN, C.; QUINN, R.; GRABOWSKI, J. Evaluation of image-based multibeam sonar backscatter classification for benthic habitat discrimination and mapping at Stanton Banks, UK. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 81, n. 3, p. 423-437, 2009/02/10/ 2009.

MENANDRO, P. S.; BASTOS, A. C.; BONI, G.; FERREIRA, L. C. et al. Reef Mapping Using Different Seabed Automatic Classification Tools. **Geosciences**, 10, p. 72, February 01, 2020 2020.

MEYNARD, C. N.; QUINN, J. F. Predicting species distributions: a critical comparison of the most common statistical models using artificial species. **Journal of Biogeography**, 34, n. 8, p. 1455-1469, 2007.

MICALLEF, A.; LE BAS, T. P.; HUVENNE, V. A. I.; BLONDEL, P. et al. A multi-method approach for benthic habitat mapping of shallow coastal areas with high-resolution multibeam data. **Continental Shelf Research**, 39-40, p. 14-26, 2012/05/15/ 2012.

MOURA, R. L.; SECCHIN, N. A.; AMADO-FILHO, G. M.; FRANCINI FILHO, R. B. et al. Spatial patterns of benthic megahabitat and conservation planning in the Abrolhos Bank. **Continental Shelf Research**, 70, p. 109-117, 2013/11/01/ 2013.

OLABARRIA, C. Faunal change and bathymetric diversity gradient in deep-sea prosobranchs from Northeastern Atlantic. **Biodiversity e Conservation**, 15, n. 11, p. 3685, 2006/03/25 2006.

OLENIN, S.; DUCROTOY, J.-P. The concept of biotope in marine ecology and coastal management. **Marine pollution bulletin**, 53, n. 1-4, p. 20-29, 2006 2006.

OLIVEIRA, N. d.; BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S.; VIEIRA, F. V. The use of Benthic Terrain Modeler (BTM) in the characterization of continental shelf habitat. **Geo-Marine Letters**, 2020. Article.

PIKE, R. J.; EVANS, I. S.; HENGL, T. Chapter 1 Geomorphometry: A Brief Guide. *In*: HENGL, T. e REUTER, H. I. (Ed.). **Developments in Soil Science**: Elsevier, 2009. v. 33, p. 3-30.

ROCHA, G. A.; BASTOS, A. C.; AMADO-FILHO, G. M.; BONI, G. C. et al. Heterogeneity of rhodolith beds expressed in backscatter data. **Marine Geology**, 423, p. 106136, 2020/05/01/ 2020.

SANTOS, C. F.; EHLER, C. N.; AGARDY, T.; ANDRADE, F. et al. Chapter 30 - Marine Spatial Planning. *In*: SHEPPARD, C. (Ed.). **World Seas: an Environmental Evaluation (Second Edition)**: Academic Press, 2019. p. 571-592.

SNELGROVE, P. V. R. Diversity of marine species. *In*: STEELE, J.;THORPE, S.*,* et al. (Ed.). **Encyclopedia of Ocean Sciences**. Oxford: Academic Press, 2001. p. 748 -757.

STRONG, J. A.; CLEMENTS, A.; LILLIS, H.; GALPARSORO, I. et al. A review of the influence of marine habitat classification schemes on mapping studies: inherent assumptions, influence on end products, and suggestions for future developments. **ICES Journal of Marine Science**, 76, n. 1, p. 10-22, 2018.

VIEIRA, F. V.; BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S.; LEITE, M. D. et al. Along-shelf changes in mixed carbonate-siliciclastic sedimentation patterns. **Continental Shelf Research**, 187, p. 103964, 2019/10/01/ 2019.

WILLIAMS, S. B.; PIZARRO, O.; WEBSTER, J. M.; BEAMAN, R. J. et al. Autonomous underwater vehicle–assisted surveying of drowned reefs on the shelf edge of the Great Barrier Reef, Australia. **Journal of Field Robotics**, 27, n. 5, p. 675-697, 2010.

WRIGHT, D. J.; PENDLETON, M.; BOULWARE, J.; WALBRIDGE, S. et al. **ArcGIS Benthic Terrain Modeler (BTM)**. Environmental Systems Research Institute, NOAA Coastal Services Center, Massachusetts Office of Coastal Zone Management, . 2012.

WYNN, R. B.; HUVENNE, V. A. I.; LE BAS, T. P.; MURTON, B. J. et al. Autonomous Underwater Vehicles (AUVs): Their past, present and future contributions to the advancement of marine geoscience. **Marine Geology**, 352, p. 451-468, 2014/06/01/ 2014.

ZAJAC, R. N.; LEWIS, R. S.; POPPE, L. J.; TWICHELL, D. C. et al. Responses of infaunal populations to benthoscape structure and the potential importance of transition zones. **Limnology and Oceanography**, 48, n. 2, p. 829-842, 2003.

Valéria S Quaresma é geógrafa pela Universidade Federal Fluminense com mestrado em Geologia e Geofísica Marinha pela Universidade Federal Fluminense e doutorado em Dinâmica Sedimentar pela Universidade de Southampton, Inglaterra. Atualmente é Professora do departamento de Oceanografia e Ecologia da Universidade Federal do Espírito Santo, atuando também no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (UFES). Tem experiência na área de Oceanografia, com ênfase em Sedimentologia Marinha, atuando principalmente nos seguintes temas: geofísica aplicada, dinâmica sedimentar, hidrodinâmica, estuário, sedimentação estuarina e de Plataforma Continental e sedimento cohesivo. Email:valeria.quaresma@ufes.br ; CV: http://lattes.cnpq.br/9423011006200936

Alex C. Bastos é Geólogo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro com mestrado em Geologia e Geofísica Marinha pela Universidade Federal Fluminense e doutorado em Dinâmica Sedimentar pela Universidade de Southampton, Inglaterra com Pós-Doutorado em Geofísica de Alta Resolução no National Oceanography Center, UK. Atualmente é professor do departamento de Oceanografia e Ecologia da Universidade Federal do Espírito Santo, atuando também no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (UFES) e Dinâmica dos Oceanos e da Terra (UFF). Tem experiência na área de Oceanografia Geológica, com ênfase em Geofísica e Sedimentação Marinha, atuando principalmente nos seguintes temas: processos sedimentares marinhos e costeiros e mapeamento de habitat. Pesquisador 1D do CNPq. Email: alex.bastos@ufes.br; CV: http://lattes.cnpq.br/2951081353357019

Pedro Smith Menandro é oceanógrafo pela Universidade Federal do Espírito Santo e mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (UFES). Atualmente é doutorando do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (UFES). Têm experiência na área de geofísica marinha aplicada e geoacústica, como foco em mapeamento de Habitat. Email: pedromenandro@gmail.com; CV: http://lattes.cnpq.br/3403331960491831

Fernanda V. Vieira é oceanógrafa pela Universidade Federal do Espírito Santo e mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (UFES). Atualmente pesquisadora da RRDM/FEST. Email: fernanda.vedoato@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/3147534317873473

Geandré C. Boni é oceanógrafo pela Universidade Federal do Espírito Santo e mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (UFES). Atualmente pesquisadora da RRDM/FEST. Email:gcarlosboni@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/9031895165918511

Marcos Daniel Leite é oceanógrafo pela Universidade Federal do Espírito Santo e mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (UFES). Atualmente pesquisadora da RRDM/FEST. Email: leite.mda@gmail.com; CV: http://lattes.cnpq.br/4930177870292764

Gabriella Aleixo Rocha é geofísica pela Universidade de Brasília e mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (UFES). Email:gabriella.aleixo@gmail.com; CV: http://lattes.cnpq.br/5977077442999221

Natacha Oliveira é oceanóloga pela Universidade Federal de Rio Grande e mestre pelo em Programa de Pós-Graduação em Geociências Oceanografia (UFRGS). Atualmente é doutorando do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (UFES). Email: natoliveiran@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/1556550383071001

Capítulo 13

Gestão e governança costeira e marinha

Marcus Polette

Zona costeira lugar de todo mundo

Pindorama foi descoberta pelos lusitanos pela zona costeira. Lugar de índios (charruas, carijós/guaranis, tupininquins, temiminós, goitacazes, aimores, tupinambás, caetês, tabajaras, potiguaras, tremembés). Lugar de pescadores artesanais, de quilombolas, de ribeirinhos, agricultores, salineiros, faroleiros e de marisqueiras. Lugar da baiana do acarajé, do vendedor de queijo coalho, de picolé, de milho, de churros, de mate e de biscoito Globo. Lugar do quiosqueiro de caipirinha da orla de Copacabana. Lugar do jogador de pelada na praia, do frescobol, da altinha, do vôlei de praia, do surfista, do mergulhador afoito, do gostoso e simples olhar e banho de mar.

Lugar preferido da Marina, da Claudia, da Mônica, da Nina, da Yara, da Berenice, da Maria, da Flavia, da Patrícia, da Joana, da Elza, da Carla, da Gal, da Tereza da praia também. Lugar do Dieter, do Pedro, do Renato, do Hugo, do Lauro, do Walter, do João, do Paulo, do João, do Alexander, do Leopoldo, do André, do Vinicius, do Tom, do Caetano, do Tim, do Cazuza, do Chico, do Jorge, do Raimundo Nonato, e do Dorival Caymmi – afinal: "*o mar quando quebra na praia, é bonito"* (O mar – música e letra de Dorival Caymmi).

É lugar também da morena que passa o dia inteiro na praia, da negra, da loira, da japonesa e da ruiva que se protege do ardor do sol. Lugar também dos pretos, dos morenos, dos mestiços, dos cafuzos, dos brancos, e dos índios que sobraram até este exato minuto. É lugar da mulher, do homem, dos LGBTs. Também dos portugueses, franceses, americanos, alemães, argentinos, uruguaios, paraguaios, árabes, ingleses, africanos. Lugar de ser feliz.

▪ COMO CITAR:
POLETTE, M. Gestão e governança costeira e marinha. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 292-340. ISBN 978-65-992571-0-0

Lugar de Iemanjá, de Nossa Senhora dos Navegantes, de São Pedro pescador, da procissão de Nossa Senhora de Nazaré, da festa caiçara de Santa Verônica na praia do Bonete em Ilhabela; da festa do Divino Espírito Santo em Ubatuba, Florianópolis e em Alcântara, no Maranhão. A zona costeira é lugar de todos. De quem nasceu, de que um dia esteve, está ou estará. Lugar de quem veio pela primeira, segunda e terceira vez, e de quem resolveu ficar para sempre para ver e ouvir as ondas do mar. Lugar de quem trabalha, de quem descansa, de quem medita, de quem ama e gosta de refletir ao olhar a doce linha no horizonte que separa o céu e o mar (Figura 13.1).



Figura 13.1. A zona costeira é lugar de contemplação da doce linha no horizonte que separa o céu e o mar.
Fonte: *Google Images*.

A zona costeira é também lugar de trabalho de professores, de pesquisadores, de geógrafos, oceanógrafos, biólogos, arquitetos, engenheiros, filósofos, historiadores, arqueólogos, geólogos, engenheiros, sociólogos, antropólogos, matemáticos, físicos, práticos, marinheiros, médicos, enfermeiros, de guarda-vidas, de quem busca entender a grandeza do mar. Lugar de fotógrafos da natureza, dos observadores de aves e de baleias, dos educadores. É lugar de pertencimento, de sustento, de afeto, fruição, alegria e solidariedade.

É lugar de uma imensa e rica biodiversidade de norte a sul do Brasil. Manguezais, marismas, apicuns, praias; dunas embrionárias, frontais, móveis e fixas; costões, promontórios, arrecifes, lagoas costeiras, lagunas, baías, ilhas, ilhotes, enseadas e angras prestam de forma permanente serviços de regulação, de provisão, de suporte e cultural para quem ali vive, descansa e reside. É na zona costeira e marinha onde a tradição, a cultura e a história da pesca artesanal ainda teimam em permanecer.

É na zona costeira onde os mais diferentes setores econômicos se utilizam das suas riquezas imensuráveis. A pesca, a maricultura, o turismo e o lazer, a construção civil, o setor imobiliário, os portos e terminais, a navegação, a mineração, as indústrias, a exploração de petróleo e gás, as refinarias, as siderúrgicas, a silvicultura, a secular agricultura canavieira de Pernambuco as Alagoas, onde o açúcar é produzido graças às *mensagens sutis como a brisa do mar*[3].

A zona costeira é território de poder, de políticos bem e mal-intencionados, também manipuladores e corruptos afoitos. É lugar de mediação e pactuação. Lugar de de proprietários de

[3] *Brisa do Mar* – Letra de João Donato.

terra, de muita terra, em extensas áreas em restingas, manguezais, Mata Atlântica, promontórios. Proprietários de hotéis, pousadas, resorts, marinas, portos, e de quem tem um único cais. Proprietários de transatlânticos, iates, escunas, barcos, jangadas e canoas. Proprietários de casas de segunda-residência, de turistas e excursionistas. Moradores de condomínios uni e multifamiliares, de favelas nos morros, nas praias, nas planícies quentes e arenosas, e sobre os manguezais.

A zona costeira é lugar de poetas, músicos e escritores. É lugar do Território do Vazio de Alain Corbin. Das Ressacas do Mar e dos temporais do João Alverinho Dias. Da gestão costeira integrada de: John Clark, Stephen Olsen, Emílio Ochoa, Biliana Cicin-Sain, Jens Sorensen, Jose Jimenez, Bruce Glavovic, Mike Elliot, Julian Barbiere, Larry Hildebrand, Daniel Suman, Alejandro Yanez-Arancibia, Juan Barragán, Carlos Pereira da Silva, Jose R. Dadon, Antonio Carlos Robert de Moraes, Dieter Muehe, Martinus Filet, Kenitiro Suguio, Ana Paula Prates, Paulo Roberto Tagliani, Mário Gomes Soares, Gilberto Fonseca Barroso, Daniel Conde, Yves Henocque, Chua Thia-Eng, Monica Costa, Beatrice Padovani Ferreira, Cláudia Regina dos Santos, Amilcar Carvalho Mendes, Mauro Maida, Claudio Maretti, Friedrich Herms, Alexander Turra, Marcia de Oliveira, João L. Nicolodi, Milton Asmus, Leandra Regina Gonçalves, Leopoldo Gerhardinger, Paulo Henrique Freire Vieira, Rodrigo Pereira Medeiros, Sérgio Ricardo Barros, Alexandre M. Mazzer, Daniel Telles, Marinez Scherer, Andrea Olinto, Ana Marcelino, entre tantos outros que têm o compromisso naquilo que fazem com amor e dedicação, sem fim.

A zona costeira brasileira é patrimônio de todos. É lugar das práticas de gestão e de governança, pois é território de amor, caprichos, interesses e conflitos. A gestão e a governança costeira podem ser consideradas duas ciências que se integram e que se mostram essenciais para entender e mediar interesses, bem como de lugar da nobre missão de construir os pactos necessários para a construção do bem comum[4] de quem ali labuta e vive. Sendo a zona costeira lugar onde a privatização de lucros e a socialização de prejuízos é quase permanente urgem, portanto, ações alternativas e permanentes para a justaposição correta das diferentes formas de uso e ocupação do solo e do mar.

Elliott et al. (2017) avaliam a complexa dinâmica da zona costeira e sugerem a estrutura DAPSI(W)R(M) em relação à DPSIR (Figura 13.2). Esta realmente possui uma abordagem mais realista para avaliar os diferentes elementos que incidem neste território. São inúmeras as forças motrizes (*driven Forces - D*) (ex: urbanização, fenômeno do veraneio, etc.) que atuam na zona costeira, sendo também consideráveis as atividades produtivas (*activities - A*) (ex: petróleo e gás, turismo, pesca, portos e terminais, indústrias, etc.) que são ali incidentes. As pressões (*pression - P*) derivadas destas forças e setores econômicos alteram significativamente o estado (*state - S*) e a qualidade dos serviços ecossistêmicos, desta que é uma das regiões mais frágeis e vulneráveis do planeta. A carência de dados e de legislações pertinentes que possam atestar e garantir o estado de referência destes ambientes dentro de padrões sustentáveis, elevam o grau de impacto

[4] Entende-se como bem comum, a máxima de Alceu Amoroso Lima de 1974, o qual: *"(...) a alma do Bem Comum é a Solidariedade. E a solidariedade é o próprio princípio constitutivo de uma sociedade realmente humana, e não apenas aristocrática, burguesa ou proletária. É um princípio que deriva dessa natureza naturaliter socialis do ser humano. Há três estados naturais do homem, que representam a sua condição ao mesmo tempo individual e social: a existência, a coexistência e a convivência. Isto vale para cada homem, como para cada povo e cada nacionalidade." Ao se perquirir sobre o que seja o Bem Comum, cinco noções básicas devem ser aprofundadas, como instrumental indispensável para sua compreensão: são as noções de Finalidade, de Bondade, de Participação, de Comunidade e de Ordem. Da conjugação desses conceitos fundamentais é que se extrairá a noção de Bem Comum*." (Lima, 1974).

(*impact* - *I*) na zona costeira e marinha afetando assim o bem-estar (*welfare* - *W*) da população. Mais do que nunca, são necessárias respostas (*responses* - *R*) e medidas (*measures* - *M*) para mitigar e/ou reverter esta dramática situação – logo, a governança e a gestão costeira integrada passam a ser um importante fator de mudanças na atualidade.

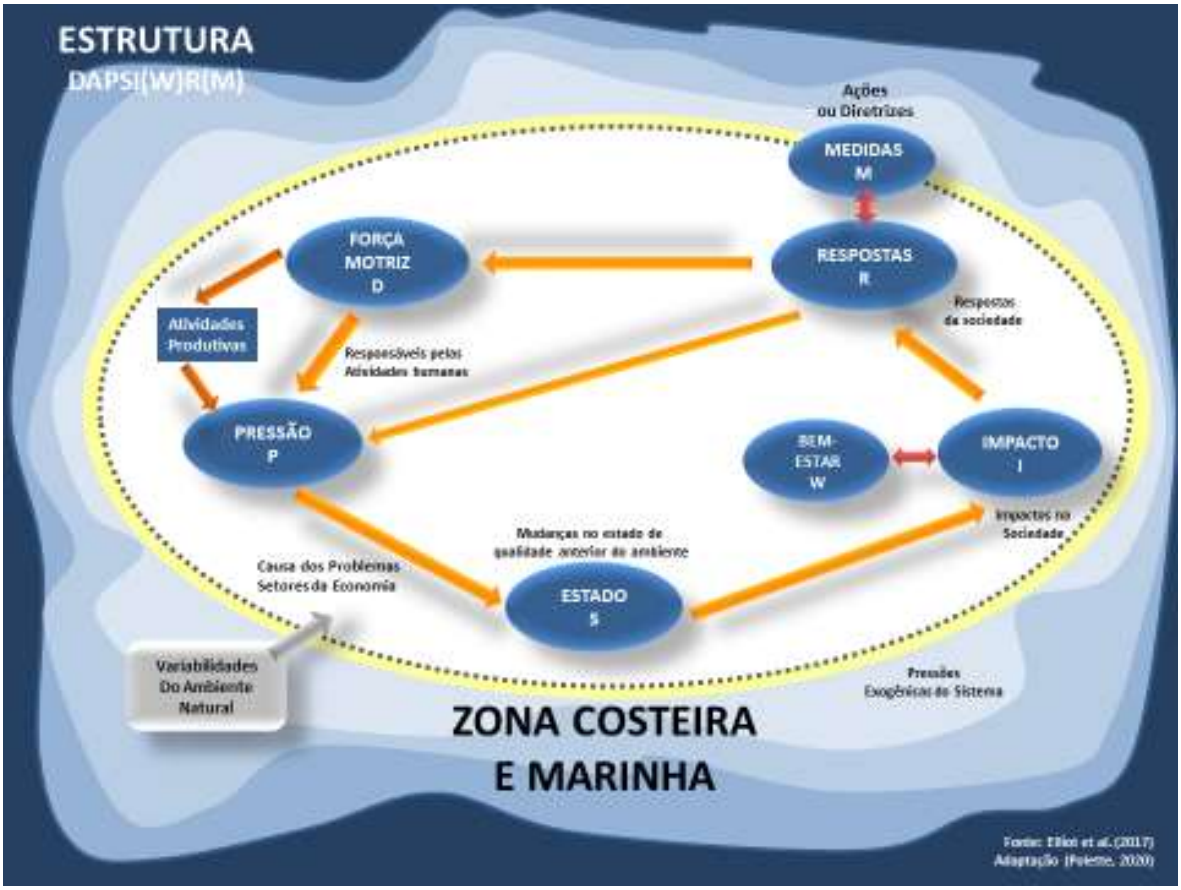


Figura 13.2. A estrutura DAPSI(W)R(M)[5] aplicada para a zona costeira e marinha se constitui de um exemplo prático e útil para avaliar os desafios da sua gestão e governança.
Fonte: Adaptado de Elliot et al. (2017) por Polette (2020)

A gestão e a governança costeiras surgem nas últimas décadas como uma espécie de arte a qual se utiliza de uma paleta de instrumentos e de ferramentas (técnicas, tecnologias, políticas, instituições, administrações, informação, educação e comunicação) nas mais diferentes áreas do conhecimento, a qual contribui para neutralizar manobras insustentáveis, imorais e antiéticas frente ao desenvolvimento insustentável. Buscam avaliar por meio de estratégias e táticas de "ganha-ganha", "ganha-perde" e "perde-perde", objetivos e metas capazes de alterar comportamentos indesejáveis para o bem estar da sociedade costeira.

Apesar de ser um termo com definições polissêmicas, a gestão e governança costeiras têm sua trajetória iniciada na década de 1960 por meio de ações pontuais na costa oeste dos Estados Unidos. Na década de 1970 se institucionalizou e se disseminou como política pública (por meio de Leis ou por Decretos), bem como planos, programas e projetos na maioria dos países costeiros, insulares e lacustres. Nas décadas seguintes a gestão costeira se complexifica fortemente por

[5] Mike Elliot et al. (2017).

meio da inclusão de aspectos sistêmicos, institucionais, setoriais, territoriais, inter e intra escalares e evolui para uma gestão costeira integrada na década de 1990 com a Agenda 21. Neste período se lança definitivamente para o além-mar por meio de ações com "Planejamento Espacial Marinho" – PEM, e atualmente é reconhecida como tema imperioso para os "Objetivos de Desenvolvimento Sustentável" (ODS 14 – o qual objetiva a conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável), para a chamada "Década dos Oceanos" (2021 a 2030), alcançando inclusive o Vaticano pelas palavras do Papa Francisco:

> *"A criação é um projeto de amor. Uma abordagem interdisciplinar para lidar com as ameaças causadas pela gestão injusta dos mares irá nos ajudar a enfrentar este grande desafio e aqui se joga nossa sobrevivência com a causa comum. Trabalhemos juntos com a proteção dos mares e oceanos."* (Papa Francisco – setembro de 2019)

Realmente, tanto a gestão como a governança como ciência são elementos para enfrentarmos não apenas as ameaças aos ecossistemas costeiros e marinhos, mas também para um dos mais graves enfrentamentos da nossa realidade cotidiana – a pobreza. Cabe, portanto, à estas ciências, aos movimentos democráticos, às práticas de educação formal e não-formal, bem como por meio de ações de solidariedade e da incrível capacidade humana de imaginar e criar, alçar formas consistentes de gerir e governar uma das regiões mais insólitas de todo o planeta Terra: a zona costeira e marinha.

Alcançar a gestão e governança territoriais por meio de princípios

Gestão ou governança? Governança ou gestão? O que é mais importante? Ambas são importantes. Segundo Kooiman e Jentoft (2009), a governança é mais ampla que a gestão. A gestão tem caráter mais técnico, pois envolve um conjunto de intrumentos e ferramentas que podem ser aplicadas para resolver problemas e conflitos, onde o objetivo é claro e o resultado mensurável. A governança, por outro lado, inclui também a deliberação e determinação desses objetivos, e inclui valores, normas e princípios subjacentes a estes.

Flyvbjerg (2003), Jentoft (2006), Jentoft e Chuenpagdee (2008) consideram que ambas exigem considerações éticas e filosóficas complexas. Exigem também conhecimento maior do que a dos especialistas, pois é necessário para sua consecução um conhecimento prático, ético, contextual e baseado em experiências, muito alinhado com o que Aristóteles chamou de "frôneses", em contraste com seus conceitos de "techne", o conhecimento de um artesão, ou "episteme", o conhecimento universal típico de um cientista.

Tanto os termos gestão costeira integrada quanto governança costeira, podem ser considerados conceitos polissêmicos. A reflexão acerca da unificação conceitual de ambos para as ciências marinhas, é premente. Uma variedade de conceitos foram se somando ao longo do tempo, refletindo diferentes formas de entender a gestão, seja pela ótica da gestão territorial, da gestão sistêmica, da gestão compartilhada, entre outras. A abordagem ecossistêmica, baseada na gestão ambiental, social e econômica das interações humanas com a zona costeira e marinha em escalas multiníveis (isto é, transfronteiriça, regional, nacional, local) e de perspectivas de cima para baixo (*top–down*) ou de baixo para cima (*botton–up*)[6] são as que se integram não só a todas estas abordagens, mas também permite uma forte interação com a governança – possibilitando assim a governabilidade costeira e marinha. Governabilidade esta dependente de arranjos intra e

[6] *United Nations - Regular Process of United Nations - Chapter 31. In press*.

interinstitucionais entre diferentes escalas de governos, sociedade e iniciativa privada (Figura 13.3).

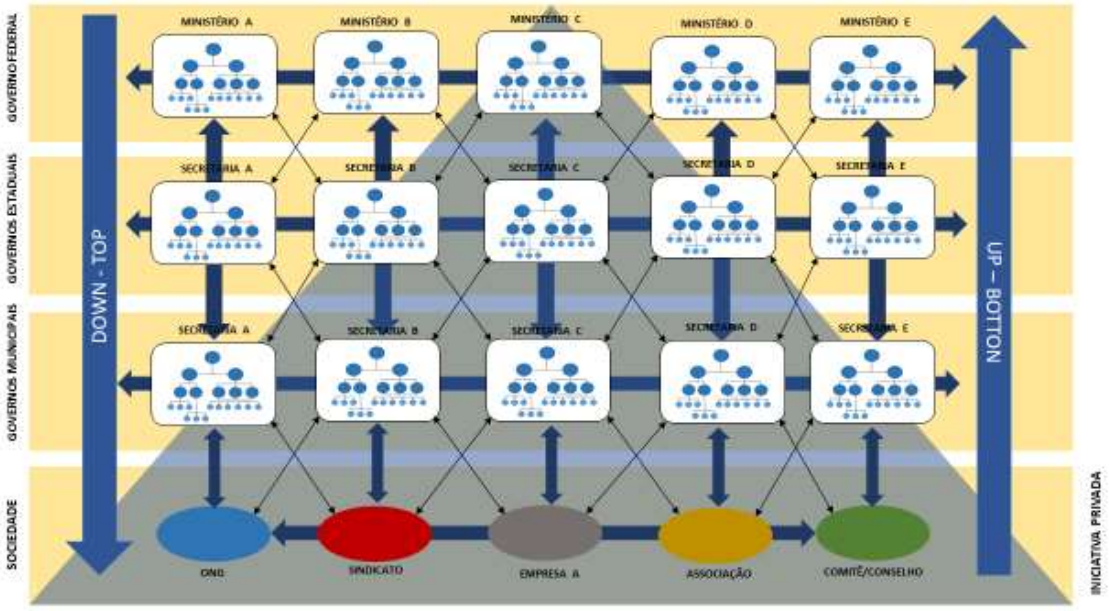


Figura 13.3. Relação *top-down* e *botton-up* e arranjos intra e interinstitucionais necessários para uma gestão costeira integrada e governança.

Fonte: Polette (2020).

Segundo Sorensen (1990), o processo de gestão costeira se refere a qualquer programa governamental, com o propósito de utilizar ou conservar um recurso costeiro, ou um ambiente específico ali localizado. É um termo utilizado de uma forma mais ampla, e é entendido por incluir todos os tipos de instituições governamentais, bem como a sociedade na sua consecução. O uso desse termo implica que exista uma unidade governamental a qual administra o programa, e distingue a área costeira como uma unidade geográfica aparte entre os domínios terrestre e oceânico. Os recursos e os ambientes a serem gerenciados irão definir, portanto, a extensão geográfica de área costeira.

"Gestão Costeira Integrada" - GCI foi adotado como termo no final dos anos de 1990, e em 1992 na II Conferência das Nações Unidas, onde no Capítulo 17 da Agenda 21, ficava clara a importância da sua inserção nos países costeiros e insulares:

> *"O meio ambiente marinho -- inclusive os oceanos e todos os mares, bem como as zonas costeiras adjacentes -- forma um todo integrado que é um componente essencial do sistema que possibilita a existência de vida sobre a Terra, além de ser uma riqueza que oferece possibilidades para um desenvolvimento sustentável. O direito internacional, tal como este refletido nas disposições da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar1/ e 2/ mencionadas no presente capítulo da Agenda 21, estabelece os direitos e as obrigações dos Estados e oferece a base internacional sobre a qual devem apoiar-se as atividades voltadas para a proteção e o desenvolvimento sustentável do meio ambiente marinho e costeiro, bem como seus recursos. Isso exige novas abordagens de gerenciamento e desenvolvimento marinho e costeiro nos planos nacional, sub-regional, regional e mundial -- abordagens integradas do ponto de vista do conteúdo e que ao mesmo tempo se caracterizem pela precaução e pela antecipação, como demonstram as seguintes áreas de programas:3/ (a) Gerenciamento integrado e desenvolvimento*

> *sustentável das zonas costeiras, inclusive zonas econômicas exclusivas (...)"* Agenda 21 (1992)

"Gestão Costeira Integrada" segundo Cicin-Sain (1998), é um processo que envolve uma avaliação compreensiva, tendo como objetivos os planos e a gestão dos sistemas e recursos, considerando aspectos históricos, culturais e tradicionais, além de buscar entender a origem dos conflitos de interesses, e dos usos, da zona costeira. É um processo contínuo e que evolui para se alcançar o ecodesenvolvimento[7]. Deve ainda ser acrescentado que este processo deve ser dinâmico, considerando o uso, o desenvolvimento e a proteção do território e dos recursos costeiros e marinhos ali incidentes.

Em 2004, Olsen e Ochoa avaliam que a gestão costeira integrada pode ser considerada como uma das formas de planejamento e de tomada de decisões que vinculam as atividades humanas e o ambiente, e que consideram tanto as necessidades de conservação como de desenvolvimento. É um esforço, que enfoca os processos de mudança, e deve ser elaborado e executado mediante adaptações sucessivas, que são apreendidas por meio da experiência, e onde são aplicados princípios de métodos científicos para sua consecução. Na sua essência a GCI está fortemente marcada pela superação do tradicional setorialismo, e busca desta forma integrar os ambientes costeiros e seus agentes num amplo sistema de interconexões, utilizando assim a melhor ciência disponível a favor de uma governança transparente, equitativa e democrática, ajustando princípios e boas práticas à cultura e necessidades de cada lugar (Figura 13.4).

Recentemente, Blue Solution (2016) avalia que gestão integrada da zona costeira caracteriza-se por ser um processo dinâmico, multidisciplinar e interativo para promover a gestão sustentável de zonas costeiras. Abrange o ciclo inteiro da coleta de informação, o planejamento (no seu sentido mais amplo), a tomada de decisão, gestão e monitoramento da implementação. A gestão costeira integrada utiliza a participação e a cooperação informada de todas as partes interessadas para avaliar as metas da sociedade em uma determinada área costeira e para tomar ações visando alcançar esses objetivos. Esta objetiva, a longo prazo, o equilíbrio dos objetivos ambientais, econômicos, sociais, culturais e recreacionais, todos dentro dos limites estabelecidos pelas dinâmicas naturais.

[7] Vieira, P. F. (2009) conceitua ecodesenvolvimento como um estilo alternativo de desenvolvimento integrado, oposto à diretriz mimético-dependente tradicionalmente incorporada pelos países do Hemisfério Sul e norteado pelos seguintes postulados normativos (interdependentes): satisfação das necessidades humanas fundamentais (materiais e intangíveis) das populações, eqüidade, auto-confiança (*self-reliance*), prudência ecológica e construção de uma economia negociada e contratual – ajustada tanto à aspirações e necessidades reais dos cidadãos, quanto às potencialidades e restrições ambientais



Figura 13.4. Integração não é um processo de se alcança do dia para noite. No entanto, a gestão costeira integrada exige uma integração horizontal – entre os setores econômicos e o território, bem como uma vertical (instituições nacionais e internacionais). A integração entre políticas públicas (ambientais, setoriais e urbanas) também é elemento primordial neste processo.

Fonte: Polette (2020).

A gestão e governança costeira envolvem, portanto, uma profunda a avaliação do território. Sendo, portanto, uma das áreas *core* da gestão e governança, o planejamento territorial é dos processos mais desafiadores desta prática. Este, apesar de estar presente em praticamente todas as políticas públicas ambientais e urbanas no Brasil, tem como pífia sua adoção, implementação e avaliação ao longo do ciclo político. Segundo Polette e Vieira (2006), a falta de vontade política dos tomadores de decisão, de norte a sul do Brasil, tem sido responsável pela inércia neste processo de consecução do ciclo político – e isto é bem evidente no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC.

Por uma governança costeira

Apesar do conceito polissêmico, governança não deve ser interpretada como governo, pois segundo Camargo (2003) governo sugere uma autoridade formal, dotada de poder de polícia, que garante a implementação de políticas instituídas. Governança refere-se a atividades apoiadas em objetivos comuns partilhados, que abrangem tanto as instituições governamentais, quanto mecanismos informais de caráter não-governamental, mas que só funcionam se forem aceitos

pela maioria ou, mais precisamente, pelos principais atores de um determinado processo. Em outras palavras, governança é um fenômeno mais amplo do que governo.

Jacobi (2005) esclarece que ao adotarmos a noção de governança esta está centrada sobre a noção de poder social que media as relações entre Estado e sociedade civil. É um espaço de construção de alianças e cooperação, mas também permeado por conflitos que decorrem do impacto das assimetrias sociais e seus efeitos no meio ambiente, e das formas de resistência, organização e participação dos diversos atores envolvidos. Esta noção transcende, portanto, uma abordagem mais técnico-institucional, e se insere no plano das relações de poder e do fortalecimento de práticas de controle social e constituição de públicos participativos.

No contexto da governança costeira, Olsen e Ochoa (2004) avaliam esta como um conjunto de mecanismos e procedimentos oficiais e não-oficiais mediante os quais uma sociedade toma e executa suas decisões, por meio de uma ação ou pelo efeito de governar. Jentoft, R. Chuenpagdee (2009), aprofundam o termo ao avaliar a governança no setor pesqueiro – esta é, é um esforço coletivo e compartilhado do governo, empresas privadas, organizações sociais, comunidades, partidos políticos, universidades, mídia e público em geral. Nessa definição, mais ampla, a governança é construída com menor ênfase na relação de cima para baixo (t*op-down*) do que de baixo para cima (Botton-up) e, em muitos casos, também na sua relação horizontal, como quando as empresas do mesmo setor tentam coordenar suas próprias ações. A governança pode ser mais ou menos organizada, formal e rotineira. Às vezes, quando uma crise exige medidas imediatas, a governança ocorre inclusive na forma *ad hoc*. A governança é muitas vezes conflitiva, principalmente quando os interesses colidem. Mas na sociedade moderna, a governança dever ser principalmente interativa, como quando os atores se consultam entre si, ou levam em consideração o que os outros fazem e, portanto, tentam evitar interferir um no outro. Às vezes, a governança também é operativa, como quando os atores colaboram em algum plano, programa ou projeto, ou estabelecem redes estratégicas entre si. A governança costeira deve procurar, segundo Kooiman ee Jentoft (2009), ser "interativa" por meio de um "*(...) conjunto de interações adotadas para resolver problemas sociais e criar oportunidades sociais, incluindo a formulação e aplicação de princípios que orientam essas interações e que procuram cuidar desta institucionalidade*" (Kooiman e Jentoft, 2009)

Segundo Brandão (2007) as políticas de desenvolvimento com maiores e melhores resultados são aquelas que não discriminam nenhuma escala de atuação e reforçam as ações multiescalares: microrregionais, mesorregionais, metropolitanas, locais, entre outras, contribuindo para a construção de escalas espaciais analíticas e políticas adequadas a cada problema concreto a ser diagnosticado e enfrentado. Vitte (2015) avalia o desafio de lidar com a complexidade de agentes em suas realidades e diferentes formações territoriais, visto que estas são reveladoras da dimensão econômica e política do território[8]. De fato, um dos desafios no âmbito do planejamento está em lidar com as diferentes formas de poder emanado pelos interesses dos diferentes atores sociais governamentais e não-governamentais, e a zona costeira, como território de poder, qualifica análises desta natureza.

Mendes (2008) reconhece que o território deve ser um instrumento central para a orientação de uma ação pública coordenada sendo uma postura inovadora na condução das políticas públicas contemporâneas, capaz de auxiliar a solucionar entraves históricos ao desenvolvimento nacional. No entanto, enfatiza que a análise territorial ainda não alcançou um nível de prioridade suficiente no campo da decisão política no país, embora apareça cada vez mais como diretriz dos programas governamentais, isso devido a retórica discursiva presente nos documentos oficiais a qual não foi acompanhada no mesmo ritmo por inovações normativas que a legitimem (Silva, 2011).

[8] O território é aqui definido com base nas suas múltiplas dimensões, como o espaço de mediação social e de incidência de políticas públicas e, portanto, lócus privilegiado para o planejamento estatal (SILVA, 2008).

Rafestin (1993) avalia o caráter político-administrativo do planejamento territorial, tratando-o como um espaço físico de uma nação, marcado pelo poder e pela projeção do trabalho humano, assim como nas suas necessárias abordagens: jurídico-política, econômica e cultural, visto o caráter do poder estatal e humano na construção de uma identidade social, como os aspectos econômicos da relação capital-trabalho, pois segundo Souza (2006), é no planejamento territorial o lugar capaz de avaliar os múltiplos territórios existentes dentro do território do Estado-Nação.

No contexto do território costeiro, os desafios são inúmeros, pois se por um lado existem esforços para uma gestão e governança costeira (inclusive buscando implementar o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro), estes também têm sido freados por um sistema perverso e esperto de poderes, muitos ligado a esquemas que lidam com interesses contrários entre o possível equilíbrio entre a conservação ambiental e o desenvolvimento ordenado da costa. Dentre as causas prováveis dos problemas e conflitos existentes no território costeiro no Brasil, podem ser citados**:**

a) de ordem política:

- Predomínio de oligarquias na condução das políticas públicas em inúmeros estados e municípios costeiros brasileiros;
- Cargos comissionados, em governos descontínuos, ainda predominam nas tomadas de decisões que exigem visão de política de Estado de longo médio e prazo;
- Políticas partidárias são incoerentes, bem como as propostas de governo entregues à Justiça Eleitoral, não possuem fundamentos consistentes com as políticas públicas ambientais, setoriais e urbanas vigentes, e não são também monitoradas e fiscalizadas;
- Impedimento de leis ambientais e urbanas com fundamentos de sustentabilidade devido à fortes interesses políticos e setoriais;
- Corporativismo e clientelismo ainda são práticas constantes nas relações pública e privada.

b) de ordem econômica:

- A zona costeira constitui-se de uma das áreas mais valorizadas do território brasileiro e com inúmeros interesses de uso e ocupação;
- A zona costeira é uma área típica de segregação espacial e social urbana, onde a pobreza se alastrou para áreas frágeis e vulneráveis, tais como os manguezais, praias, restingas e íngremes encostas dos morros - áreas estas desprovidas de infraestrutura mínima da ação do Estado sobre a população que ali secularmente vive;
- Segundo Furtado (1974), as raízes dos problemas fundiários no Brasil são reflexos da construção histórica da formação da propriedade. Essas heranças provêm da própria dinâmica de funcionamento da Colônia e das leis vigentes nesse período, as quais introduziram as disparidades na distribuição de terras e, posteriormente, na concepção mercadológica da terra;
- A Lei de Terras de 1850 apesar de ser um divisor de águas em relação à territorialização do Brasil, tanto na legitimação da propriedade privada e do latifúndio como na demarcação de terras devolutas no país, não foi capaz de dirimir os conflitos fundiários, pelo contrário. Mesmo com a inserção da primeira Lei de Reforma Agrária no Brasil, a Lei nº 4.504/64, ou ainda, mesmo com a Constituição de 1988, a qual executa a política urbana, nos seus artigos 182 e 183, estas também não foram ainda capazes de reduzir a concentração de terras no Brasil, e não inovaram o suficiente para diminuir as assimetrias ainda existentes.

- O Estatuto das Cidades (Lei 10.257/2001), o Estatuto das Metrópoles (Lei Nº 13.089/2015), o Zoneamento Ambiental Municipal – ZAM (converge com os instrumentos da política urbana previstos na Lei Federal no 10.257, de 10 de julho de 2001) e da Política Nacional de Meio Ambiente - Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981), Projeto Orla (Decreto 5.300/04), e os Planos Diretores municipais ainda carecem de serem políticas públicas norteadoras do uso e ocupação do solo e do mar nos municípios brasileiros.

c) de ordem institucional[9]:

- Os municípios brasileiros possuem autonomia limitada, especialmente financeiras e constitucionais;
- A ineficiência na prestação de serviços públicos, especialmente em municípios pequenos (até 10.000 habitantes) deve ser considerada;
- Baixo capital humano do corpo técnico dos servidores públicos municipais;
- Falta de investimento na capacitação e no aperfeiçoamento de profissionais na função de verdadeiros gerentes municipais (gestores de praias, gestores de unidades de conservação municipais, entre outros);
- Municípios costeiros de pequeno porte no Brasil possuem ampla dependência financeira;
- A gestão patrimonialista e as práticas personalistas com troca de favores, como forma de permanecer no poder e garantir privilégios ainda é corrente
- Baixa participação da sociedade nos processos de tomada de decisão e à pouca compreensão do público em geral do que é o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.

d) de ordem administrativa:

- Falta de infraestrutura física nas instituições;
- Falta de recursos humanos em áreas chaves para a tomada de decisão (notadamente nas Secretarias, e inclusive Fundações de Meio Ambiente e de Planejamento Urbano);
- Falta de fiscalização e monitoramento dos órgãos competentes; e
- Licenciamentos ambientais inconsistentes com práticas de corrupção ativa.

Apesar dos problemas e conflitos persistentes, a avaliação do território se mostra eficaz para entender as relações de poder existentes no campo da governança territorial. A governança territorial segundo Colettis et al. (1999) e Fuini (2012), é definida como o processo institucional-organizacional de construção de uma estratégia para compatibilizar os diferentes modos de coordenação entre atores geograficamente próximos em caráter parcial e provisório, atendendo a premissa de resolução de problemas inéditos. Esses compromissos articulam: os atores econômicos entre si e estes com os atores institucionais, sociais e políticos através de "regras do jogo" e; a dimensão local e a global (nacional ou mundial) através das mediações realizadas por atores ancorados no território. Já Dallabrida (2006), avalia que o termo governança territorial se refere "(...) *às iniciativas ou ações que expressam a capacidade de uma sociedade organizada territorialmente para gerir os assuntos públicos a partir do envolvimento conjunto e cooperativo dos atores sociais, econômicos e institucionais*" (Dallabrida, 2006, p.1).

Importante considerar que na construção de uma estratégia para mediar e pactuar diferentes interesses para uma governança territorial Abramoway (2000), Veiga (2002) e Fuini (2012) associam a noção de desenvolvimento territorial à de capital social com a valorização do complexo de instituições, costumes e relações de confiança e cooperação que formatam atitudes

[9] Politize (2020) in: https://www.politize.com.br/quem-somos/

culturais e de empreendedorismo. Pires et al (2006) e Fuini (2012), destacam que este é um processo de mudança social de caráter endógeno, capaz de produzir solidariedade e cidadania, e de conduzir de forma integrada e permanente a mudança qualitativa e a melhoria do bem-estar da população de uma localidade ou de uma região.

No entanto, para que tais objetivos possam ser alcançados, é fundamental avaliar que princípios sejam acordados, especialmente tendo como base aqueles incidentes nas políticas públicas pertinentes, como é o caso das políticas públicas ambientais, urbanas e setoriais existentes no Brasil. Princípios são ideias norteadoras do processo de gestão e governança, logo, não se trata de inventar a roda, mas de saber usar sabiamente tais princípios como elementos integradores na forma de um guia intra e interinstitucional capaz de pactuar diferentes interesses em torno do bem comum. Princípios também são universais e podem servir de base para uma gestão e governança mais consistente e sustentável, como é o caso dos 12 princípios da abordagem ecossistêmica definidos pelas Nações Unidas.

Quadro 13.1 – Os princípios da abordagem ecossistêmica definidos pelas Nações Unidas

OS 12 PRINCÍPIOS DA ABORDAGEM ECOSSISTÊMICA, CONFORME DEFINIDO PELAS DIRETRIZES DA UNEP/CBD/COP
Princípio 1: Os objetivos da gestão do solo, da água e dos recursos vivos são uma questão de escolha da sociedade.
Princípio 2: A gestão deve ser descentralizada para o nível mais baixo apropriado.
Princípio 3: Os gestores dos ecossistemas devem considerar os efeitos (reais ou potenciais) de suas atividades nos ecossistemas adjacentes.
Princípio 4: Reconhecendo os ganhos potenciais da gestão, é necessário entender a gestão do ecossistema no contexto econômico. Qualquer programa de gestão de ecossistemas deve: (a) Reduzir as distorções do mercado que afetam adversamente a diversidade biológica; (b) Buscar incentivos para promover a conservação da biodiversidade e o uso sustentável; (c) Internalizar as relações de custo e benefício nos ecossistemas avaliados, na medida do possível.
Princípio 5: A conservação da estrutura e funcionamento do ecossistema, a fim de manter os serviços do ecossistema, deve ser um alvo prioritário da abordagem ecossistêmica.
Princípio 6: Os ecossistemas devem ser gerenciados dentro dos limites de seu funcionamento.
Princípio 7: A abordagem do ecossistema deve ser realizada nas escalas espacial e temporal apropriadas.
Princípio 8: Reconhecendo as diferentes escalas temporais e efeitos de atraso que caracterizam os processos do ecossistema, os objetivos da gestão do ecossistema devem ser estabelecidos em um cenário de longo prazo.
Princípio 9: A gestão deve reconhecer que mudanças são inevitáveis.
Princípio 10: A abordagem do ecossistema deve buscar o equilíbrio apropriado entre a integração e a conservação e uso da diversidade biológica.
Princípio 11: A abordagem do ecossistema deve considerar todas as formas de informações relevantes, incluindo o conhecimento local, as inovações, as práticas tradicionais e científicas.
Princípio 12: A abordagem ecossistêmica deve envolver todos os setores relevantes da sociedade e disciplinas científicas.

Fonte: *United Nations. Regular Process – Chapter 31. In press*. (2020).

Considera-se também que para que estes princípios sejam acordados entre diferentes atores, com diferentes interesses, graus de organização e participação no âmbito da governança territorial devem ser considerados os seguintes aspectos[10]:

- A visão do Estado: a qual considera o Brasil como um país conectado ao mar por meio da orla costeira, aproximando seus cidadãos dos recursos e oportunidades que oferece, com o objetivo superior de alcançar o seu bem-estar.
- A importância das políticas públicas incidentes na zona costeira: as quas no conjunto dos seus objetivos, princípios, instrumentos e diretrizes, reconhecem os espaços costeiros como o elo integrador entre terra e mar, e busca gerar as condições mais favoráveis para o uso construtivo de suas influências mútuas, na direção do desenvolvimento nacional.
- Uma governança e governabilidade adequada: o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, por exemplo, habilita a plena governança da zona costeira, por meio de uma ampla articulação de políticas públicas (setoriais, ambientais e urbanas) destinadas a otimizar o potencial de desenvolvimento que tais espaços representam, e validam os instrumentos das políticas públicas, como elementos chave da gestão territorial permitindo assim sua implementação no âmbito da governabilidade.

Considera-se que além destes princípios internacionais, estratégicos e táticos como elementos chave para o processo de gestão costeira integrada, também devem ser apontados os príncípios da precaução, da transparência, do poluidor-pagador, entre outros. Além dos princípios, deve também ser reconhecida a importância dos objetivos pretendidos no processo de gestão costeira integrada, ou seja, a sua finalidade. Neste sentido, são características intrínsicas de um objetivo: sua especificidade, sua mensurabilidade, suas metas bem definidas ao longo do tempo, e a relevância dos objetivos para a agenda de gestão costeira integrada em curso. Tais preceitos serão fundamentais, inclusive, para o levantamento e implementação de indicadores de avaliação de processo, quanto os de gestão e governança.

A pobreza no âmbito da zona costeira

O Brasil é um país desigual e a pobreza é um aspecto que deve ser amplamente discutido e considerado na gestão e governança costeira. Segundo Campbell et al. (2006), é importante o pensar sobre a pobreza e o bem-estar no que representam na sua complexidade a fim de evitar soluções simplistas para a pobreza; e isto é particularmente importante na zona costeira, onde a complexidade dos ecossistemas aumenta também a complexidade da pobreza. Mesmo aqueles que pesquisam para entender a pobreza, avaliam a mesma por meio de diferentes níveis de complexidade, no entanto não diminuem o fato de que as únicas pessoas que realmente podem definir o que é de fato a pobreza, são os próprios pobres.

Na zona costeira brasileira a pobreza está em todos os lugares e ecossistemas, seja nos alagados de Belém, no Pará; seja na praia, na favela de Brasília Teimosa, em Recife; nas encostas da Serra do Mar, na Rocinha, no Rio de Janeiro; nos manguezais, na favela Mangue Seco, em Santos; ou nas áreas úmidas da Henrique Pancada, em Rio Grande, no Rio Grande do Sul.

[10] Adaptado de: *Gobierno Regional* de O´Higgins (2009) "*Manual de Apoyo a la Sensibilización y Capacitación de los Actores Privados para su Participación Ciudadana en la Zonificación del Borde Costero de la Región de O'Higgins*". *Comisión Regional de Uso del Borde Costero*. Rancagua, Chile. 48 pp.

O incremento populacional nestas áreas levou a um forte processo de urbanização, destruição de centenas de quilômetros de ecossistemas costeiros, problemas quase irreversíveis de falta de saneamento, produção de resíduos e consumo de água. Populações cada vez mais vulneráveis à fortes inundações, escorregamento de encostas, fogo em barracos, violência, e exclusão são, muitas vezes, esquecidos nas discussões acadêmicas, e ignorados por tomadores de decisão.

Em muitas destas áreas localizam-se comunidades tradicionais pesqueiras, as quais foram mescladas no tecido urbano, e passaram a ser desconsideradas pela sua história, tradição e cultura. Os recursos pesqueiros foram escasseando, e a diminuição de renda por pescador passou a ser fator relevante da perda de renda, os quais migraram para o subemprego nos setores da construção civil e turismo, por exemplo.

Mudanças climáticas, incremento populacional, mudanças econômicas em função da COVID 19, perda de ecossistemas costeiros, incremento do grau de urbanização, bruscas mudanças políticas em países, são alguns aspectos que irão aprofundar ainda mais tais assimetrias e tornar tais populações ainda mais vulneráveis.

Mais do que nunca, a gestão e a governança costeira necessitam de um olhar para a pobreza. Glavovic (2008) ao avaliar a pobreza na África do Sul, sugere, e nos ensina que: 1) É imperativo legal e institucional fortalecer a capacidade do Estado e construir sólidas e robustas instituições sociais que avaliem a importância deste tema nas mais diversas escalas; desenvolver visão e liderança; criar um ambiente legal favorável; manter um foco estratégico claro sobre o tema, programas com práticas reflexivas; facilitar o governo em parcerias com a sociedade civil e participação autêntica de pessoas pobres; e adotar mais prazos nos programas e projetos destinados a eliminação da pobreza. 2) Conscientização, educação e treinamento por meio de iniciativas contínuas, adaptado para atender necessidades específicas e monitorado com respeito aos resultados de subsistência. 3) Mobilizar apoio e recursos, instituir monitoramento eficaz e aprendizado deliberado das lições e iniciar pesquisas sistemáticas e independentes sobre pobreza costeira e meios de subsistência sustentáveis. Para isso é fundamental definir objetivos claros de projetos, desenvolver expectativas realistas, implementar processos de seleção abertos, transparentes e eficientes fundamentados na participação, vincular projetos a estruturas de governança local, e criar oportunidades de participação ativa do setor privado.

Importância da escala e dos limites geográficos na gestão e na governança costeira integrada

Escala e limites geográficos são elementos essenciais a serem considerados no processo de gestão e governança costeira integrada, especialmente quando combinados no âmbito do territorio, do lugar e das redes. Segundo Brenner (2018), as relações socioespaciais, tendo como foco o Território (T), "Lugar" (L), "Escala"[11] (E), e "Redes"[12] (R), também chamada de estrutura TLER podem ser consideradas uma da mais notáveis reestruturações de natureza político-econômica comtemporânea.

[11] a qual segundo Castro (1996), é "*a escolha de uma forma de dividir o espaço, definindo uma realidade percebida/concebida, é uma forma de dar-lhe uma figuração, uma representação, um ponto de vista que modifica a percepção da natureza deste espaço e, finalmente, um conjunto de representações coerentes e lógicas que substituem o espaço observado*".

[12] conexões materiais, digitais e culturais, que envolvem o fluxo de informações, mercadorias, conhecimentos, valores culturais e morais, entre outros.

Brenner (2018), sugere uma nova análise conceitual socioespacial, a qual se adequa também para a análise da gestão e governança territorial na zona costeira. Trata-se de uma abordagem estratégica-relacional a qual busca entender as relações histórico-geográficas no contexto das paisagens socioespaciais, incluindo novas geografias de acumulação de poder de Estado e hegemonia (Tabela 13.1).

Tabela 13.1. Campos de operação do Território, Lugar, Escala e Redes.

Principios estruturantes	**Campos de operação**			
	Território	**Lugar**	**Escala**	**Redes**
Território	Fronteiras e limites passados, presentes e emergentes	Lugares singulares em um território Ex: Comunidade de pescadores artesanais.	Governo multinível (Federal, Estadal, Municipal)	Sistema interestatal, alianças estaduais, Redes de ONGs
Lugar	Centro-periferia, regiões fronteiriças	Locais, cidades, sítios, regiões, localidades, globalidades	Divisão de trabalho conectado a lugares diferentemente escalonados	Governança local/urbana, parcerias
Escala	Divisão escalar de poder político (Estado unitário, Estado Federal, etc.)	Escala como área em vez de nível (da local até a global), divisão espacial de trabalho	Ontologia vertical baseada em hierarquias encaixadas e entrelaçadas	Redes de poder paralelo, regimes internacionais não governamentais
Redes	Origem – borda, efeito cascata (radiação), esticamentos e dobraduras, região transfronteiriça, sistema interestatal	Redes de cidades globais, cidades polinucleadas, locais entrelaçados	Ontologia plana com diversos pontos de entrada a-escalares	Redes de redes, espaços de fluxos

Fonte: Adaptado de Brenner (2018).

Segundo GESAMP (1996), a gestão e governança costeira devem também incluir fronteiras que: (a) incluam as áreas e atividades dentro de bacias hidrográficas que afetam significativamente a costa; e (b) podem, em certos casos, estender-se no oceano em direção à borda da plataforma continental ou à zona econômica exclusiva (ZEE). Neste sentido, a bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade fundamental para fins de planejamento. Ehler e Douvere (2009) reforçam que a escala e os limites geográficos devem considerar questões de natureza política-administrativa no processo de gestão e governança costeira, e que no âmbito do planejamento espacial marinho – PEM, os limites municipais, estaduais, e entre países devem ser considerados, assim como a estrutura TLER.

Considera-se ainda que os limites de uma primeira geração[13] do ciclo da gestão costeira integrada e da governança são frequentemente determinados pelos principais problemas que o plano, programa ou projeto seleciona como foco inicial (GESAMP, 1996) (Figura 13.5). Este processo

[13] Uma geração no processo de gestão costeira integrada ocorre quando o ciclo político é completado.

geralmente pode estar relacionado a um conflito (ex.: erosão costeira *versus* conservação da linha de costa; desenvolvimento do turismo *versus* conservação ambiental; instalação de portos de turismo de transatlânticos *versus* conservação de frágeis sistemas estuarinos, proteção das comunidades tradicionais *versus* especulação imobiliária, entre outros).



Figura 13.5. A gestão e governança costeira necessitam de algumas gerações para a resolução de conflitos e problemas, bem como para mudar comportamentos.
Fonte: Polette (2020).

Administração, gestão e governança costeira

Administração, gestão, gerenciamento, manejo costeiro. Afinal, o que melhor define a complexa e difícil tarefa de mudar um comportamento indesejável, ou de buscar a solução de um problema, ou de um conflito? Planejamento, plano, programa ou projeto? Onde cada um destes elementos estruturantes se situa no processo de organização das atividades que buscam o desenvolvimento ordenado do uso e ocupação dos territórios costeiro e marinho? Onde se situa a governança neste processo?
Questionamentos desta natureza infelizmente não estão em pauta em congressos, simpósios, ou *workshops* – no entanto, deveriam. Frequentemente, os termos são abordados de forma equivocada, e em muitos casos, desconsideram a importância dos fundamentos básicos da administração como ciência, a qual oferece os princípios básicos conceituais tanto na administração pública, quanto na de natureza privada. A ausência de uma formação teórica das bases seminais da ciência da administração acarreta também na falta de entendimento da importância dos passos e/ou etapas ou fases necessárias para que o ciclo político seja compreendido no contexto da gestão.

Considerando a administração pública e privada, na gestão da zona costeira, as palavras gestão e gerenciamento costeiro têm sido utilizadas, muitas vezes, sem a sua verdadeira compreensão conceitual. O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, por exemplo, é um plano de gestão ou de gerenciamento? Gestão é um processo que abrange o gerenciamento. E plano, por exemplo, é resultado do processo de planejamento. Logo, o que se espera de resultados práticos deste plano de gerenciamento? Seria uma série de programas e projetos com ações práticas para serem implementadas por meio dos instrumentos? Não existe clareza nas políticas públicas costeiras do que se entende por “gerenciamento costeiro”.

Urge, portanto, entender como se estrutura e funciona o processo de gestão costeira integrada. Uma das formas mais didáticas está no entendimento do ciclo político, bem como no âmbito da gestão ambiental. Aprofundar questões de natureza estrutural e semântica para entender o seu

funcionamento por meio das etapas, fases (processos) e produtos da gestão costeira integrada é fundamental para seus usuários.

O uso semântico das palavras gerenciamento, gestão, administração e manejo, comumente utilizadas pelos profissionais que pesquisam e trabalham na área de gestão costeira integrada, podem ser clarificados inicialmente pelo conhecimento do seu significado. Cabe assim comparar como estes termos são utilizados em diferentes idiomas: inglês, espanhol, francês, italiano, alemão, português (falado no Brasil e em Portugal) (Tabela 13.2). No Brasil é comum o neologismo, sendo a palavra "gerenciamento" um exemplo, no âmbito da gestão ambiental.

Em Portugal por exemplo, a palavra gerenciamento não é utilizada. A palavra planejamento muito utilizada no Brasil, em Portugal é planeamento. Logo, qual é o significado da palavra gerenciamento no âmbito do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro? Qual a intenção de realizar um gerenciamento no âmbito de um Plano? Não seria o PNGC uma "Política Nacional de Gestão da Zona Costeira e Marinha"? Temos que ir mais longe, buscando também entender o que diferencia a gestão da administração? E manejo? Manejo é uma palavra comum na língua espanhola e utilizada no âmbito da ciência aqui analisada: manejo costeiro integrado. Este manejo na língua espanhola tem o mesmo sentido do manejo na língua portuguesa?

Tabela 13.2. O neologismo do uso das palavras gerenciamento, gestão, administração e manejo na língua portuguesa.

	GERENCIAMENTO	GESTÃO	ADMINISTRAÇÃO	MANEJO
Inglês	_____	Management	Administration Management	Management
Espanhol	_____	Gestión	Administración	Manejo
Francês	_____	Amenagement	l'administration	_____
Italiano	_____	Gestione	Amministrazione	_____
Alemão	_____	Verwaltung	Verwaltung	_____
Português (Portugal)	_____	Gestão	Administração	_____
Português (Brasil)	**Gerenciamento**	**Gestão**	**Administração**	**Manejo**

Fonte: o autor

A palavra gerenciamento possui o sufixo latino – *mentum*, o qual oferece o sentido de ação e de resultado. Segundo Oliveira (2007) o uso de sufixos nominalizadores na língua portuguesa – mento, denotam mudança de estado causada internamente, o que implica em causa interna. Segundo Holanda Ferreira (1986), gerenciamento é o ato ou efeito de gerenciar. Gerenciar: V.t.d 1) dirigir (uma empresa) na qualidade de gerente. 2) exercer as funções de gerente em (uma empresa). Deve-se também considerar segundo Holanda a palavra administração. (Do Latim. Administratione.) S.f. a) ação de administrar. b) Governo, regência. c) Conjunto de princípios, normas e funções que têm por fim ordenar os fatores de produção e controlar a sua produtividade e eficiência, para se obter determinado resultado. Logo, a palavra gerenciamento tem sentido de ação e de produto.

Infelizmente, nem o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei 7.661/88) nem a Resolução CIRM Nº 5, de 3 de dezembro de 1997 a qual aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

II[14], nem o Decreto 5.300/2004, ou ainda o Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa - instituído pela portaria Portaria Nº 76, de 26 de março de 2018 esclarecem tais significados, muito menos como seria correto o uso das palavras gestão, planejamento, e gerenciamento. Quanto a palavra "manejo" uso comum na língua espanhola, parece ser mais um neologismo utilizado no Brasil no âmbito das ciências ambientais relacionadas à gestão ambiental. Holanda Ferreira (1986) analisa que: manejo (Dev. De manejar) S. m 1) ato de manejar; manuseio, maneio. 2) exercício de equitação. 3) lugar onde se exercitam cavalos, picadeiro. 4) administração, gerência, direção, manejo de negócios. 5) faina, lida, trabalho.

Raríssimas têm sido as discussões acerca do tema, e tal abordagem não se encerra por aqui, mas oferece bases para uma ampla e necessária discussão. Lanna (1999), no entanto, é um dos precursores em análises desta natureza e busca esclarecer a semântica e os conceitos, e se utiliza da gestão ambiental como um guia de reflexão (Quadro 13.2). Para isso utiliza a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433/1997) como referência, a qual perfeitamente se adequa também à ciência da gestão costeira integrada, bem como para a política pública.

Quadro 13.2 - Conceituando a Gestão Ambiental

Gestão ambiental é um processo de articulação das ações dos diferentes agentes sociais que interagem em um dado espaço, com vistas a garantir a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais – naturais, econômicos, e sócio culturais – às especificidades do meio ambiente, com base em princípios e diretrizes previamente acordados/definidos. Gestão ambiental é uma atividade voltada à formulação de princípios e diretrizes, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões e que tem por objetivo final promover, de forma coordenada, o inventário, o uso, o controle, a proteção e a conservação do ambiente visando atingir o objetivo estratégico de um desenvolvimento adequado para garantir qualidade de vida e qualidade ambiental para a população alvo do processo de gestão.
Fazem parte da gestão ambiental: • Política ambiental – é um conjunto consistente de princípios doutrinários que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais no que concerne a regulamentação ou modificação no uso, controle e conservação do meio ambiente. • Planejamento ambiental – é o estudo prospectivo que visa a adequação do uso, controle e proteção do ambiente às aspirações sociais e/ou governamentais expressas formal ou informalmente em uma Política Ambiental, através da coordenação, compatibilização, articulação e implementação de projetos de intervenções estruturais e não-estruturais. • Gerenciamento ambiental - é o conjunto de ações destinado a regular na prática operacional o uso, controle, proteção e conservação do ambiente e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos na Política Ambiental. Estas ações são de caráter prático e operativo e precisam ter coordenação na esfera governamental, devendo, porém, prever e dar espaço à participação dos usuários do ambiente e da sociedade em geral.

Fonte: Lanna (2000)

[14] Resolução CIRM Nº 5/97 define: Gestão Proativa, como atividade que busca interferir antecipadamente nos fatores geradores dos problemas para minimizar ou eliminar sua ocorrência.

Fica, portanto, evidente que a gestão ambiental é o processo maior, a gestão costeira integrada também. A gestão ambiental se insere no âmbito tanto da administração pública e privada, tendo natureza processual, logo por meio do ciclo político, esta lhe confere uma dinâmica contínua e permanente. A gestão costeira integrada para ser implementada necessita de um diagnóstico consistente, o qual irá oferecer as bases para o processo de planejamento (estrutural e não-estrutural). O resultado é um plano, que na forma de programas e/ou projetos, devem ser politicamente e financeiramente adotados. A implementação destes constitui-se também como a fase de gerenciamento.

A complexa fase de gerenciamento deve estar integrada à governança e estas relacionadas com fortes componentes de *compliance* (ex.: códigos de ética e conduta, códigos de boas práticas, grau de maturidade e transparência na gestão, entre outros) e *enforcement* (ex.: ações fiscalizatórias e de controle, por exemplo). Importante também nesta fase a forma como as ações estruturais (ex.: revitalização da linha de costa por obras costeiras) e não-estruturais (ex: papel dos Conselhos e Comitês nas tomadas de decisões) irão incidir nas mudanças comportamentais. Ao final deste processo de natureza estratégica e tática é fundamental, portanto, sua avaliação, com o auxílio de indicadores levantados no diagnóstico e/ou planejamento. Ao findar deste ciclo político é estabelecida então uma geração do processo de gestão costeira integrada. Muitas gerações, ou ciclos, por vezes são necessários para que mudanças comportamentais ocorram de fato na área a ser gerida. A eficácia, eficiência e efetividade deste processo dependerão de questões de natureza:

- Técnica – geralmente associadas a implementação dos instrumentos das políticas públicas (Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro, Relatório de Qualidade Ambiental, Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira, entre outros) e de ferramentas específicas (Sistemas de Informações Geográficas, Modelagens, monitoramento ambiental, etc.);

- Legal – estabelecidos pelas principais políticas públicas ambientais, setoriais e urbanas por meio dos seus princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos incidentes no âmbito da zona costeira e marinha;

- Institucional/governança – relativo a acompanhar e avaliar permanentemente a implementação da política pública, em todas as fases do ciclo político. Estabelecer um conjunto de mecanismos e procedimentos oficiais e não-oficiais mediante os quais a sociedade costeira toma e executa suas decisões, por meio de uma ação ou pelo efeito de governar (Olsen e Ochoa, 2004).

- Administrativa – referente a estrutura e forma de organização e responsabilidades administrativa dos governos federal, estadual e municipal em implementar as políticas públicas.
- Comunicação – forma pela qual a informação, a comunicação e a educação ambiental formal e não-formal são implementadas nos seus respectivos tempos no processo de gestão costeira integrada.

Quadro 13.3 - Reflexões sobre ciência e ética

O termo '*ética*' vem do grego, referindo-se a assuntos morais e a tipos de ação (costumes). Tomada como disciplina puramente humana, a ética é um ramo da filosofia porque examina e estuda uma parte da experiência humana referente à vontade responsável (livre arbítrio) e à conduta moral (valores construtivos ou não). A ética pode ser, portanto, definida como um conjunto de valores morais que orientam a vida humana. Por esse motivo, existem várias visões em diferentes segmentos da sociedade, visto depender da evolução de cada indivíduo e do que ele traz como equilíbrio emocional e espiritual.
Na visão holística de nós, como pesquisadores, e na qualidade de cidadãos, é coerente e legítimo o fato de que cada um de nós (e todo brasileiro) aspire viver em uma sociedade política multi-étnica, justa, plural, solidária e respeitosa das diferenças, que atenda às suas necessidades básicas, como o direito à educação e ampliação constante de seus conhecimentos, saúde, liberdade, igualdade, fraternidade e dignidade. Com efeito, os governos ditatoriais levam à 'desnaturalização' do Estado e a uma aculturação negativa, com procedimentos repressivos, imorais, ilegítimos, intolerantes, discriminatórios, antiéticos e ilegais, na maioria das vezes, exercidos na certeza da impunidade. Neste particular, cada um de nós, tem o dever e a obrigação de conhecer a política pública (e os políticos) de seu país, analisar seus debates e decisões (exemplos, entre outros: a Política Nacional em Ciência, Tecnologia e Informação, o Novo Código Florestal, o Zoneamento Ecológico-Econômico, as Unidades de Proteção Ambiental etc.), além de denunciar, não justificar nem ser conivente com atos antiéticos (como a sonegação fiscal, a venda de votos, os 'caixas dois' de financiamento de campanhas e as 'propinas' voluminosas escondidas em bolsas, malas, roupas etc.), fazendo a escolha criteriosa pelo voto em representantes com 'ficha limpa'.
Quanto aos pesquisadores, cabe contribuírem com seus trabalhos, sem postergar tempo e esforços para o planejamento, a inovação e o desenvolvimento sustentável, por meio de projetos em rede, comissões consultivas, estudos interdisciplinares ambientais, pesquisas participativas de gênero, planos de manejo, reservas extrativistas etc.

Fonte: Prost (2011)[15]

Da gestão costeira à gestão costeira integrada

A origem da teoria da gestão costeira envolve uma coleção de avaliações sobre as formas de uso e ocupação do solo e do mar, bem como interesses nas práticas de conservação (Godschalk, 1992; Zile, 1974; Birch and Rayes, 2018). Desde ao período anterior à Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente em Estocolmo em 1972, houve uma notável evolução da gestão costeira, especialmente devido ao entendimento da sua fragilidade e vulnerabilidade, associado ao crescente incremento demográfico, ao uso intensivo dos recursos naturais renováveis e não-renováveis, bem como das notáveis marcas já deixadas pelas alterações das mudanças climáticas globais, entre outros temas já reconhecidos.

A tendência de uso intensivo da zona costeira por diferentes setores econômicos levou a proliferação, controle e interesse em entender e gerir esta pelos mais diferentes grupos sociais. Devido a complexidade destas interações nos diferentes domínios do território, a gestão costeira ganhou hierarquias específicas, políticas públicas próprias, bem como estratégias, táticas inovadoras e criativas de gestão. Ao longo do tempo, a gestão costeira se relacionou com diferentes nomenclaturas, objetivos e formas de avaliar o uso do solo e do mar. Também se

[15] Reflexões sobre a Ciência de Maria Thereza Prost. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat., Belém, v. 6, n. 2, p. 215-218, maio-ago. 2011 (A reprodução de parte deste texto é uma homenagem a uma das maiores pesquisadoras brasileiras a qual dedicou sua vida estudando com dedicação e compromisso, a zona costeira do Pará.

integrou com diferentes escalas de análise territorial, e ao longo de mais de seis décadas, evoluiu em ações de escala planetária, bem como adotou novas abordagens acadêmicas singulares – e evolui de forma constante em um processo de aprender-fazendo.

No Brasil, esta também ganhou notoriedade por meio da inserção de políticas públicas, pela criatividade dos setores acadêmicos, pela teimosia de bem intencionados coordenadores dos programas estaduais de gerenciamento costeiro, e também por inúmeras organizações não governamentais (Projeto TAMAR, Ouvidoria do Mar, Projeto Peixe Boi, Projeto Mentalidade Marítima, Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental – NEMA, entre tantos outros), e inclusive pela iniciativa privada (Fundação O Boticário, Aquário de Ubatuba, entre outros). Considera-se também inúmeros planos, programas e projetos que buscam, de alguma maneira, mudar comportamentos indesejáveis, buscar a resolução de problemas e conflitos, e por meio de leis, estabelecer formas de uso compatíveis com a vulnerabilidade da zona costeira. A difícil tarefa de integração de atividades tanto no Brasil, como fora do país permite estabelecer cerca de seis estágios da sua evolução, até o momento, segundo adaptação de Vallega (1993) Sorensen (2000), Islam (2008), White et al. (2008):

Quadro 13.3 - Estágios da evolução da gestão costeira

FASE 1: Reconhecimento da importância do meio ambiente costeiro e marinho
Período: 1950 a 1969
Nomenclatura: uso incipiente do termo gestão costeira (Usado pela primeira vez em projeto: *The San Francisco Bay Conservation and Development Comission* em 1965).
Objetivo da gestão: Ainda de caráter desenvolvimentista (pós-guerra), mas com algumas ações pró-conservacionistas. De natureza essencialmente setorial, e pouco delimitada geograficamente no âmbito da zona costeira. Múltiplas agências relacionadas à gestão (Ex: pesca, maricultura, florestas, etc). A gestão dos recursos costeiros promovida essencialmente pelos governos nacionais.
Escala para a gestão: Uma estreita faixa costeira, por vezes com relação entre os ambientes terrestres e marinhos. Territórios de gestão estrategicamente e administrativamente fixados no âmbito do mar territorial. Gestão realizada predominantemente pelo cartesianismo, causalidade e evidência dos fatos (Vallega, 1999).
Momentos marcantes para a gestão e governança no âmbito da zona costeira entre os anos de 1950 a 1969:
Para o planeta:
▪ Declaração de Santiago de 1952 é frequentemente apontada como texto precursor do conceito que veio a se firmar no curso da III Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.
▪ Desastre de Chisso-Minamata no Japão em 1956.
▪ Implementação da *San Francisco Bay Conservation and Development Commission* – BCDC em 1965 (provavelmente uma das primeiras ações para a gestão costeira).
▪ Criação do Programa Homem e Biosfera pela UNESCO em 1968.
▪ Criação da *Comission Stratton - Our Nation and the Sea* nos Estados Unidos em 1968.
Para o Brasil:
▪ Decreto n.º 28.840 Integra a plataforma submarina ao território nacional 08 de novembro de 1950.
▪ Criação do Departamento de Recursos Renováveis em 1962.
▪ Instituído o Código Florestal - Lei 4.771/65.
▪ Criado o IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal em 1965.
▪ Decreto-lei n.º 44, de 18 de novembro de 1966, fixa o mar territorial brasileiro em 6 milhas náuticas.
▪ Decreto-Lei nº 221, de 28/02/67 institui o Código de Pesca.
▪ Em 25 de abril de 1969 o Decreto-lei n.º 553, amplia a fronteira marítima brasileira para 12 milhas marítimas.

Para a teoria da Gestão Costeira:
▪ Garrett Hardin publica o artigo *Tragedy of the Commons* na Revista Science, 162(1968):1243-1248.

FASE 2: Reconhecimento da gestão costeira
Período: 1970 a 1980
Nomenclatura: Gestão costeira.
Objetivo da gestão: Orientar a conservação e desenvolvimento baseados nas teorias do Clube de Roma, bem como nos preceitos da I Conferência Mundial sobre Meio Ambiente. Usos setoriais e múltiplos da zona costeira. A regulação dos recursos costeiros era instituída pelos governos nacionais (ex; Filipinas). Inicia uma visão mias interdisciplinar da zona costeira, por meio do holismo e perinencia das relações existentes.
Escala para a Gestão Costeira: Uma estreita faixa costeira, por vezes com relação entre a bacia hidrográfica, os ambientes terrestres, costeiros, estuarinos e marinhos. Territórios de gestão estrategicamente fixados no âmbito do mar territorial.
Momentos marcantes para a gestão e governança no âmbito da zona costeira entre os anos de 1970 a 1980:
Para o planeta:
▪ I Conferência Mundial sobre Meio Ambiente em Estocolmo, Suécia, onde foi assinado o Tratado de Estocolmo entre os dias 5 – 16 de junho de 1972.
▪ Instituído o *Coastal Zone Management Act* nos Estados Unidos em 1972.
▪ Convenção sobre a Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos e outras Matérias (Convenção de Londres, 1972).
▪ Publicação da primeira revista acadêmica: *Coastal Zone Management Journal*, cujo nome depois passou a ser *Coastal Management Journal* em 1972.
▪ Fundação da Sociedade Cousteau em 1973.
▪ Em 1977 a Costa Rica se torna o primeiro país a iniciar um Programa de Gerenciamento Costeiro.
▪ Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL 1973/1978).
▪ Em 1978 ocorre a primeira Conferência sobre Gestão Costeira (Coastal Zone 78) na cidade de San Francisco, na California.
Para o Brasil:
▪ O DECRETO-LEI Nº 1.098/1970 altera os limites do mar territorial do Brasil e dá outras providências.
▪ Criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente – SEMA por meio do Decreto nº 73.030/73
▪ Criação da Comissão Interministerial dos Recursos do Mar - Decreto 74.557/74
Para a teoria da Gestão Costeira:
▪ Publicação do livro: Gestão de Recursos Naturais - *The Limits to Growth Meadows* et al., em 1972.
▪ Publicação do livro Ecologia Profunda do filósofo e ecologista norueguês Arne Næss
▪ Publicação do artigo de HOLLING, C.S. *Resilience and stability of ecological systems*. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 4, p. 1-24 em 1973.
▪ Publicação do artigo de Robert Costanza em 1980: *Embodied energy and economic valuation* na Revista Science, 210; 1219-1224.

FASE 3 – Gestão costeira como política pública
Período: 1981 a 1990
Nomenclatura: Gestão costeira.
Objetivo da gestão: Até o final da década de 1990 já existia um uso mais compreensivo do conceito de gestão costeira, e este estava fortemente associado às políticas públicas nacionais de gestão costeira. No Brasil, por exemplo, a Lei 7.661/88 tinha como objetivo: "*orientar a utilização nacional dos recursos na zona costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade da vida de sua população, e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural.*" Início do processo no qual um quadro orientativo legal para a gestão da zona costeira foi implementado pelos países. Aplicação da teoria geral dos sistemas, com visão holística mais contundente, e grande interesse na interdisciplinaridade.
Território de Gestão: Delimitado por limites de natureza administrativa e institucional, geralmente implementados pelo governo nacional. No Brasil, o limite interno para a gestão costeira baseou-se desde

as bacias hidrográficas costeiras, passando por limites municipais, e o limite marinho pelo mar territorial.
Momentos marcantes para a gestão e governança no âmbito da zona costeira entre os anos de 1980 a 1990:
Para o planeta:
▪ Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar em Montego Bay – Jamaica em 1982.
▪ USAID para a ser a primeira instituição a financiar e criar um Programa de Gestão Costeira para assistir os seguintes países em desenvolvimento: Sri Lanka, Equador e Tailândia.
▪ Em 1984 ocorre a primeira Conferência sobre Gestão Costeira nas Américas Central e do Sul em Mar del Plata – Argentina.
▪ *World Commission on Environment and Development* (WCED) Brundtland Commission em 1987 aprofunda a análise dos termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.
▪ Protocolo de Montreal em 1987.
▪ Criação do IPCC em 1988.
▪ Criação da Agência Europeia de Meio Ambiente em 1990.
Para o Brasil:
▪ LEI Nº 6.938/1981 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.
▪ Criação da Comissão Interministerial de Recursos do Mar Decreto nº 86.830, de 12 de janeiro de 1982.
▪ CIRM *designa* uma Subcomissão de Gerenciamento Costeiro, alocada no Ministério da Marinha em 1982.
▪ I Plano Setorial para os Recursos do Mar (I PSRM) (1982 – 1985).
▪ Simpósio Internacional sobre "Ecossistemas Costeiros: Planejamento, Poluição e Produtividade" promovido pela FURG e Duke University em Rio Grande no ano de 1982.
▪ Criada a Subcomissão de Gerenciamento Costeiro CIRM em 1983.
▪ Primeiro projeto legislativo do Plano Nacional para o Gerenciamento Costeiro - Projeto n.º 3.759/1984, previa uma distância específica de faixa litorânea de 12 milhas náuticas e de 12km de largura na faixa terrestre.
▪ Seminário Internacional de Gerenciamento Costeiro promovido pela CIRM no Rio de Janeiro em 1985.
▪ Criação do Ministério de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente -1985.
▪ II Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro realizado em Fortaleza em 1985.
▪ II Plano Setorial para os Recursos do Mar (1986 – 1989).
▪ Elaboração do Projeto Lagoa FURG/CIRM Rio Grande do Sul (1985 – 1987).
▪ CIRM publica, em 1987, o "Programa de Gerenciamento Costeiro", especificando a metodologia de zoneamento e o modelo institucional para sua aplicação.
▪ Decreto nº 96.000/88, normas para a realização de pesquisa e investigação científica na Plataforma Continental e em águas sob jurisdição brasileira.
▪ Promulgação da Constituição Federal onde no Parágrafo 4 – Artigo 225 reconhece a zona costeira um patrimônio Nacional.
▪ A lei Nº 7.661/1988 Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (16.05.1988).
▪ A Resolução CIRM 01/90 aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.
▪ III Plano Setorial para os Recursos do Mar. (1990 – 1993).
Para a teoria da Gestão Costeira:
▪ Durante a década de 1980 a 1990 existe uma ampla incorporação dos conceitos de *community based* e *multiple use management.*
▪ O termo ecodesenvolvimento é amplamente divulgado por Ignacy Sachs em 1984.
▪ Economista Robert Solow publica: *The economics of resources or the resources of economics* em 1987.

▪ Primeira menção ao conceito de Gestão Integrada da Zona Costeira em um Workshop em Charleston no ano de 1989 nos Estados Unidos.
▪ Berkes, F. em 1989 apresenta seu livro: *Common Property Resources: Ecology and Community-Based Sustainable Development*.
▪ Robert Constanza e Rudolf De Groot publicam: *The value of the world´s ecosystem service and natural capital na Revista Nature*.
▪ Em 1989 o Journal of *Ocean and Shoreline Management* é implementado e seu nome alterado posteriormente para *Ocean and Coastal Management Journal*.

FASE 4 – Gestão costeira integrada no âmbito da agenda 21
Período: 1991 a 2000
Nomenclatura: Gestão Costeira Integrada.
Objetivo da gestão: Na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992 é adotado definitivamente o termo gestão costeira integrada no capítulo 17 da Agenda 21.
Formas de uso no contexto da Gestão: Inserção de novas abordagens no âmbito da gestão e do desenvolvimento das atividades marinha e costeira nos planos sub-regionais, regional, nacional e mundial. Abordagens integradas no entendimento da estrutura e funcionamento caracterizados pelos Princípios da Precaução e da Antecipação (Capítulo 17 da Agenda 21). Visão da gestão sob enfoque de objetivos, metas e do ciclo político de gestão.
Território de Gestão: Delimitado na área terrestre por critérios administrativos de cada país, geralmente de natureza territorial e estratégica. No Brasil, o limite interno para a gestão costeira baseou-se desde as bacias hidrográficas costeiras, passando por limites municipais e o limite marinho pelo mar territorial (12 milhas náuticas). A zona econômica exclusiva – ZEE passa a ser considerada como objeto de análise territorial pelos governos.
Momentos marcantes para a gestão e governança no âmbito da zona costeira entre os anos de 1991 a 2000:
Para o planeta:
▪ Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ocorrida no Rio de Janeiro em 1992. A Conferência produziu a Agenda 21. Capítulo 21 da Agenda 21 foca a importância de implementar uma Gestão Costeira Integrada.
▪ Convenção da Biodiversidade Biológica em 1992
▪ World Coast Conference in Noordwijk – Holanda. Reunião de 90 países, 20 organizações internacionais, e 23 ONGs. O documento *Noordwijk Guidelines on Integrated Coastal Zone Management* é apresentado em 1993.
▪ Primeira Conferência MEDCOAST ocorre em Antalya na Turquia em 1993.
▪ Ocorre a CZ Canada 1994 em Halifax – Nova Escócia no Canadá.
▪ Plano de Ação de Barbados em 1994.
▪ *Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land Based Activities* (GPA) em 1995.
▪ Em 1995 ocorre a *International Coral Reef Initiative* (ICRI) com o apoio da UNESCO, IUCN, Banco Mundial e IDB.
▪ Código de Conduta para a Pesca Responsável em 1995.
▪ Primeira reunião internacional que avalia os sucessos e falhas dos esforços de implementar ações de gestão costeira integrada em Xiamen, China em 1996.
▪ Comissão Europeia inicia o Programa de Gestão Costeira Integrada em 1997.
▪ *National Oceans Act* canadense em 1997
▪ Em 1998 é proclamado o ano mundial dos Oceanos.
▪ O ano de 1999 foi comemorado: ano dos Recifes de Corais.
Para o Brasil:
▪ Resolução CIRM nº. 001/90 após audiência na 25ª do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, passou a ser o primeiro Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.
▪ III Plano Setorial para os Recursos do Mar (1990 – 1993).
▪ PNGC sob tutela do IBAMA passa para o MMA.
▪ Lei Nº 8.617, DE 4 DE JANEIRO DE 1993 - Dispõe sobre o mar territorial, a zona contígua, a zona

econômica exclusiva e a plataforma continental brasileiros, e dá outras providências.
▪ IV Plano Setorial para os Recursos do Mar (1994 – 1998).
▪ Financiamento Programa GERCO pelo PNMA em 1995.
▪ Programa TRAIN-SEA-COAST em 1995.
▪ Lei Complementar Estadual de Gerenciamento Costeiro do Amapá em 1994 (Revisada posteriormente em 2007).
▪ Criado o Gi-Gerco pela Portaria do Ministério da Marinha nº 0440/96.
▪ I Macrodiagnóstico da Zona Costeira Brasileira em 1996.
▪ Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro - Lei nº 6.950/1996 do Rio Grande do Norte.
▪ Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGC II) - Aprovado pela Resolução CIRM nº. 005 de 03/12/97 na 48º. Reunião Ordinária do CONAMA
▪ I PAF da zona costeira Resolução CIRM 5/1998
▪ Lei 10.019/98 Política Estadual de Gerenciamento Costeiro de São Paulo
▪ Lei N° 5.816/98 - Institui o PEGC do Espírito Santo
▪ Em 1999 o GERCO para a ser chamado do GERCOM – Gerenciamento Costeiro e Marinho
▪ Durante este período foram realizados vários Encontros Nacionais de Gerencimento Costeiro – ENCOGERCOs.
Para a teoria da Gestão Costeira Integrada:
▪ AGENDA 21 Capítulo 17 – inserção da Gerenciamento integrado e desenvolvimento sustentável das zonas costeiras e marinhas, inclusive zonas econômicas exclusivas em 1992.
▪ *Guidelines for Integrated Management of Coastal and Marine Areas", Regional Seas Reports and Studies* No. 161. UNEP em 1995.
▪ *Coastal Zone Management Handbook* de John R. Clark em 1996.
▪ GESAMP (1996) *The contributions of science to Integrated Coastal Management. GESAMP Reports and Studies* No 61.
▪ Publicação do documento: Moldando o Século 21: A Contribuição da Cooperação para o Desenvolvimento", em tradução livre pela OECD em 1996.
▪ *Methodological Guide to Integrated Coastal Zone Management* editado pela Unesco em 1997
▪ *Integrated Coastal and Ocean Management* escrito por Biliana Cicin-Sain e outros autores em 1998.
▪ Em setembro de 2000, 189 nações firmaram o compromisso para combater a extrema pobreza, o que levou à inserção de indicadores e metas dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM).

FASE 5 – Maturidade da gestão costeira integrada
Período: 2001 a 2015
Nomenclatura: Gestão Costeira Integrada
Objetivo da gestão: Gestão Costeira Integrada envolve usos setoriais, institucionais, políticas públicas, tratados internacionais (análises interescalares), bem como a gestão baseada nos ecossistemas. A governança passa também ser um objetivo neste período com a inserção também de práticas de Planejamento Espacial Marinho – PEM. Adoção e uso de estratégias e táticas com objetivos claros e metas definidas pelo ciclo político de gestão. Uso de indicadores como elementos definidores de políticas por resultado.
Território de Gestão: Delimitado na área terrestre por critérios administrativos de cada país, geralmente de natureza territorial e estratégica. No Brasil, o limite interno para a gestão costeira baseou-se desde as bacias hidrográficas costeiras, passando por limites municipais e o limite marinho pelo mar territorial (12 milhas náuticas). A zona econômica exclusiva – ZEE passa a ser considerada como objeto de análise territorial pelos governos, bem como as LOMAs (Gestão de Grandes Áreas Oceânicas) se integram nesta avaliação.
Momentos marcantes para a gestão e governança no âmbito da zona costeira entre os anos de 2001 a 2015:
Para o planeta:
▪ Em 2001 ocorre a primeira Conferência dos Oceanos em Paris.
▪ Em 2002 ocorre a Conferência de Gestão Costeira da Ásia-Pacífico na Tailândia.
▪ Em 2002 a Conferência Rio+10 ou Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável na África

do Sul teve como um dos focos a gestão costeira integrada à gestão dos recursos hídricos.
▪ Processo Regular das Nações Unidas I (Primeiro Ciclo de 2010 – 2014).
▪ Em 2012, é realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida também como Rio+20 no Rio de Janeiro.
▪ Em 2015, foram concluídas as negociações que culminaram na adoção, dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pelas Nações Unidas por meio de 169 metas, e indicadores definidos pelos países.
Para o Brasil:
▪ II Plano Setorial para os Recursos do Mar (2012 – 2015)
▪ VIII Plano Setorial para os Recursos do Mar (2012 – 2015)
▪ Comemoração dos 25 anos do PNGC: Oceanos e Sociedade no IOUSP em 2013.
▪ 2013, a Frente Parlamentar Ambientalista e a Fundação SOS Mata Atlântica convidaram a sociedade civil para participar do seminário "25 anos da Constituição Federal e a proteção dos ecossistemas costeiros e marinhos"
▪ Projeto de Lei (PL) nº 6.969, que institui a Política Nacional para a Conservação e o Uso Sustentável do Bioma Marinho Brasileiro (PNCMar), apresentado na Câmara dos Deputados, no final de 2013.
▪ Seminário Internacional: Planejamento Integrado do Espaço Marinho em 2014.
▪ Implementação do Projeto Terra-Mar em 2015 MMA/GTZ
▪ III PAF (2015 – 2016).
Para a teoria da Gestão Costeira Integrada:
▪ Incorporação dos conceitos de: *Ecosystem based, multiple use, adaptative management*.
▪ A importante análise: *Assessing Progress towards the goals of coastal Management* de Stephen Olsen em 2001.
▪ Publicação da UNESCO: *Marine Spatial Planning: Step by step* de Ehler e Douvere em 2009.
▪ Em 2009, Elinor Ostrom publica: *A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems*.

FASE 6 – As redes de conhecimento de gestão costeira integrada com foco nos objetivos de desenvolvimento sustentável na década dos oceanos
Período: 2015 a 2030
Nomenclatura: Gestão Costeira Integrada
Objetivo da gestão: Implementar o Objetivos e as metas do ODS 14 até o ano de 2030. Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. Integra-se a Década dos Oceanos a qual segundo UNESCO (2019), fomentar a ciência oceânica e fornecer dados e informações para subsidiar políticas que garantam o bom funcionamento do oceano em apoio a todos os ODS da Agenda 2030, bem como gerar conhecimento científico e sustentar infraestruturas e parcerias. Tendência do uso de objetivos claros baseados em políticas e tratados internacionais, com metas e indicadores baseados nos sistemas DPSIR ou outras estruturas de análise integradas.
Território de Gestão: Documentos da Década dos Oceanos, bem como o ODS 14 avaliam que considerando as particularidades existentes nos países, por meio dos seus territórios de gestão e governança, será fundamental que estes, segundo UNESCO (2019), busquem nos seus territórios promover: • Um oceano limpo, no qual as fontes de poluição sejam identificadas e removidas. • Um oceano produtivo e explorado sustentavelmente, que garanta a provisão de alimentos. • Um oceano saudável e resiliente, no qual os ecossistemas marinhos sejam mapeados e protegidos. • Um oceano seguro, no qual as pessoas estejam protegidas dos riscos oceânicos. • Um oceano transparente, com acesso aberto aos dados, informações e tecnologias. •. Um oceano previsível, no qual a sociedade tenha a capacidade de compreender as condições oceânicas presentes e futuras.
Momentos marcantes para a gestão e governança no âmbito da zona costeira:
Para o planeta:
▪ Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS 14 o qual objetiva a conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável, bem como objetivos correlatos.
▪ Em 2017, foi proclamada a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável.

▪ Processo Regular das Nações Unidas II (Segundo Ciclo de 2016 – 2020).
▪ Publicação: Ciência que precisamos para o oceano que queremos: Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030) publicação da UNESCO.
▪ *Galway Statement on Atlantic Ocean Cooperation*.
▪ Belém Statement.
▪ Declarada a Década dos Oceanos entre os anos de 2021 a 2030.
Para o Brasil:
▪ Portaria 113/2017- Termo de adesão à gestão das praias marítimas urbanas.
▪ Discussão da Lei do Mar Lei do Mar (PL 6969/13), que cria a Política Nacional para a Conservação e o Uso Sustentável do Bioma Marinho Brasileiro.
▪ Portaria Nº 461/18 - Aprova a relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira brasileira.
▪ 1º Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar (Portaria Nº 188/2018).
▪ Portaria Nº 44/19 que amplia a aplicabilidade da Portaria 113/2017 para as praias marítimas urbanas e não urbanas.
▪ Desestruturação dos órgãos e Conselhos Gestores responsáveis pela gestão e governança ambiental na zona costeira, tais como o ICMBio e IBAMA. Reformulação do GI-GERCO. Diminuição das estratégias para a gestão costeira no âmbito do Ministério do Meio Ambiente entre os anos de 2019 e 2020.
▪ Em 2019 MCTIC organiza a Oficina Regional de Planejamento do Atlântico Sul.
▪ Em 2020 é criado o site: A Década da Ciência Oceânica - http://decada.ciencianomar.mctic.gov.br/
Para a teoria da Gestão Costeira Integrada:
▪ A gestão costeira integrada tem sido objeto de análise por pesquisadores das mais diferentes áreas do conhecimento nestes últimos anos, havendo, portanto, centenas de publicações em revistas especializadas nas últimas décadas. Revistas como *Journal of Coastal Research, Jounal of Coastal Conservation, Ocean and Coastal Management, Journal of Integrated Coastal Zone Management*/Revista de Gestão Costeira Integrada, Revista Costas, entre outros, são e serão fundamentais nas próximas décadas para a disseminar ações de gestão costeira integrada em escala local, regional, nacional e internacional.

Fonte: o autor

O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC

No Brasil, ações visando implementar uma política pública para a gestão da zona costeira tiveram suas bases seminais nos anos de 1970 com o Decreto 74.557/74 o qual criou a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – CIRM. Esta potencializou a criação da Subcomissão de Gerenciamento Costeiro no ano de 1983 no âmbito da Subcomissão de Gerenciamento Costeiro, alocada no Ministério da Marinha, criada em 1982. Entre os anos de 1982 a 1989 são implementados no Brasil dois Planos Setoriais para os Recursos do Mar (o primeiro entre os anos de 1982 a 1985 e o segundo entre 1986 a 1989). A Marinha do Brasil teve um papel fundamental neste período, e foi por meio das suas ações que no dia 16 de maio de 1988 o Brasil promulga seu Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC (Lei 7.661/88) como parte integrante da Política Nacional para os Recursos do Mar - PNRM (Diretrizes Gerais da baixadas pelo Presidente da República em 12 de maio de 1980) e Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA (Lei Nº 6.938/1981).

Este plano foi instituído cinco meses antes da promulgação da Constituição Federal de 1998 a qual no seu Capítulo VI Do Meio Ambiente assegura que:

> *"A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais."* (Brasil, Constituição Federal, 1998, art. 225, parágrafo 4º)

O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro constitui-se de uma política pública. Segundo Polette et al. (2018), em que pese chamar-se política ou plano, trata-se sem dúvida de uma política pública de fato. Quando esta é avaliada com demais políticas públicas (urbanas, ambientais e setoriais) fica evidente que todas possuem uma estrutura similar. Alguns desafios, se colocam de forma mais evidente para sua implementação da atualidade: segundo Polette e Vieira (2006) a falta de vontade política para sua implementação e de financiamento (orçamento) são fatores relevantes. No entanto, questões de institucionalidade (amparo institucional com responsabilidades claras nos três entes federativos), estrutura administrativa para o seu funcionamento; e cidadania (transparência, informação, controle social) também devem ser consideradas.

O PNGC foi estabelecido com o objetivo de proporcionar as condições para envolver o governo e a sociedade na condução dos processos de ocupação da zona costeira, buscando o uso sustentável dos recursos naturais. A Lei 7661/88 estabeleceu que todas as normas e regras deveriam ser detalhadas em um documento específico a ser produzido pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. Assim, a Resolução CIRM 01/90 aprovou a primeira versão do PNGC e a Resolução CIRM 05/97 aprovou a segunda versão (denominada PNGC II), atualmente em vigor, ambas submetidas à audiências do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA. Esta primeira versão do PNGC definiu seu modelo institucional e os instrumentos de gestão.

O PNGC II visou buscar um equilíbrio entre a abordagem dos aspectos físico-naturais e os socioeconômicos, minimizando, assim, a tendência anterior de enfatizar somente aspectos da dinâmica da natureza, ignorando as necessidades da sociedade. O novo enfoque adotado leva a uma redução nos conflitos à medida que acordos sociais são adotados em relação a um uso sustentável da terra e dos recursos naturais.

Já o Decreto 5.300/04 regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima. Este Decreto define também as normas gerais visando a gestão ambiental da zona costeira do País, estabelecendo as bases para a formulação de políticas, planos e programas federais, estaduais e municipais.

Em 2018, surge o "Procosta, Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa", um programa permanente de planejamento e gestão da zona costeira com caráter territorial. Segundo MMA (2020), este foi instituído pela Portaria Nº 76/2018 e busca solucionar a falta de dados confiáveis em escala nacional e, a partir desses dados, auxiliar na compreensão da atual situação na zona costeira (ZC), nas previsões de possíveis alterações futuras e nas alternativas de mitigação e adaptação. Na realidade, o Programa está centrado na análise da linha de costa e possui quatro projetos lógicos e interdependentes: "Alt-Bat"; "Projeção da Linha de Costa e Identificação de Perigos"; "Riscos Costeiros e Estratégias de Adaptação"; e "Monitoramento e Gestão para Conservação da Linha de Costa".

A seguir, para uma visão completa, são apresentadas as estruturas institucional e conceitual, a implementação e os instrumentos do PNGC.

Estrutura institucional do PNGC

Até 1992, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) era responsável pela coordenação nacional do PNGC, e desde então, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) coordena o mesmo. Atualmente, de acordo com o espírito da Constituição Nacional Brasileira e da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6938/81), busca-se uma ação integrada entre os níveis federal, estadual e local, principalmente em questões legislativas e na implementação de ações importantes relacionadas com a proteção do meio ambiente e com o planejamento territorial regional da seguinte forma:

Nível federal: responsável por definir as principais diretrizes e procedimentos cooperativos inter-regionais;

Nível estadual: planejamento e desenvolvimento do estado, estabelecendo parcerias entre estados vizinhos para atenuar e resolver problemas comuns; articular acordos entre municípios; e

Nível municipal: questões locais utilizando um enfoque socioeconômico e ajustando padrões institucionais à nova estrutura conceitual. Governos locais são responsáveis pelo uso da terra, pelas regras para o uso proposto e pelo desenvolvimento adequado de comunidades e cidades. É esperado que as questões comuns sejam articuladas com outros municípios, com o apoio do governo estadual.

A estrutura institucional busca uma ação e responsabilidade conjunta entre as agências nacionais, estaduais e locais para um uso comum do meio ambiente. As ações relativas à zona costeira são desenvolvidas em dois níveis diferentes: estrutura conceitual e implementação.

Estrutura conceitual do PNGC

A coordenação das ações federais é conduzida pelo Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO), com o apoio legal da Câmara Técnica Permanente para o Gerenciamento Costeiro (no Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA), tendo a CIRM como facilitador.

O GI-GERCO é composto por representantes de diversos setores federais, da administração pública estadual e local, relacionadas com o meio ambiente, e de ONGs que compõem as representações regionais da sociedade no CONAMA. Sua função é a articulação das políticas públicas federais sobre a zona costeira.

A “Câmara Técnica Permanente de Gerenciamento Costeiro” é um fórum técnico do CONAMA destinado a apoiar as decisões relacionadas à zona costeira. Tem caráter predominantemente normativo, ou seja, de assessorar o CONAMA na definição de normas gerais que operacionalizem as ações priorizadas no Gerenciamento Costeiro.

Implementação do PNGC

O Programa Nacional de Gerenciamento da Zona Costeira (GERCO) representa a implementação do PNGC I e PNGC II por meio de diversas ações. Nos últimos anos, o GERCO foi detalhadamente revisado para atingir um desenvolvimento sustentável compatível com o equilíbrio ambiental, justiça social e exequibilidade econômica.

O processo de revisão concentrou-se na necessidade de buscar estratégias diretivas relacionadas com o rápido processo de ocupação humana da zona costeira, proporcionando condições de sustentabilidade e reduzindo os impactos originados do uso inadequado dos recursos naturais

costeiros; e alternativas que possibilitem a superação de conflitos advindos do enfoque conservacionista extremo e a tendência a impedir a ocupação humana a qualquer custo.

O Ministério do Meio Ambiente - MMA, em âmbito federal, dirige o GERCO e coordena as ações estaduais, assim como as atividades federais inter setoriais na zona costeira. O gerenciamento costeiro, portanto, está integrado ao gerenciamento dos recursos naturais do mar. É responsabilidade do MMA articular-se com o setor de regulação pesqueira para estabelecer uma política que considere a sustentabilidade dos recursos pesqueiros costeiros, bem como a manutenção de comunidades pesqueiras em áreas costeiras.

Espera-se que os estados executem as diretrizes do GERCO juntamente com os municípios, e que o IBAMA execute ações de âmbito nacional na zona costeira e apoie as operações regionais e locais. As atividades do IBAMA incluem o monitoramento e o controle de ações relacionadas com o meio ambiente, a administração de unidades de conservação e a fiscalização.

Instrumentos de execução do PNGC

Os instrumentos que o PNGC II utiliza para atingir seus objetivos são em número de dez, sendo quatro (a, b, c, d) de caráter normativo, e seis (e, f, g, h, i, j) de caráter técnico, a saber:

Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC;

Plano de Ação Federal da Zona Costeira – PAF;

Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro – PEGC;

Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro – PMGC;

Planos de Gestão da Zona Costeira – PGZC;

Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro – ZEEC;

Macrodiagnóstico da Zona Costeira;

Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro – SIGERCO;

Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira – SMA-ZC;

Relatório da Qualidade Ambiental da Zona Costeira – RQA-ZC;

Os instrumentos das políticas públicas são responsáveis pela sua operacionalização, no caso do PNGC, seu detalhamento ocorreu pela Resolução Nº 01/90 aprovada pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). Isso possibilitou a inserção de instrumentos, que além de caráter técnico e normativo, também se caracterizam por trazerem padrões de qualidade ambiental (RQA-ZC e SMA-ZC, ZEEC), de ordenamento territorial (ZEEC), de informação e comunicação (SIGERCO e Macrodiagnóstico), e de regulação, comando e controle (SMA-ZC). Estes no seu conjunto oferecem oportunidades para implementar diagnósticos participativos e a inserção de planejamento de natureza estrutural e não-estrutural para a adoção, implementação e avaliação de um sistema de gestão ambiental tendo como base elementos de natureza legal, institucional, legal e administrativa em cenários de curto, médio e longo prazo – isso logicamente dependente da existência de apoio e vontade política para sua consecução.

Desde a implementação da lei, resolução, decreto e portaria fica evidente que a operacionalização do PNGC foi tímida no âmbito da União, nos 17 estados costeiros, e principalmente nos municípios costeiros brasileiros. Apesar da legislação estabelecer princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes norteadoras, é evidente a falta de ações estratégicas e táticas

para sua consecução, bem como a falta de uma séria e crítica avaliação territorial considerando as realidades socioeconomicas e culturais ao longo da costa brasileira. Soma-se também a falta de vontade política, e principalmente a falta de entendimento e conhecimento da natureza téorica e, inclusive em considerar o ciclo político como elemento estruturante no âmbito do PNGC.

A inserção de políticas públicas ambientais, setoriais e urbanas, as quais possuem grande importância na gestão territorial, exigem sequências contínuas de ações ao longo de várias administrações governamentais. Ao longo das últimas décadas dezenas de planos de natureza territorial, de desenvolvimento estratégico e econômico foram planejados de forma sistemática, mas sem continuidade nas suas ações. No que se refere a gestão da zona costeira brasileira, este processo foi, e é evidente. A mudança constante de estratégias sem claros objetivos de longo prazo, a falta de metas temporais concretas e dependentes de tempos políticos-partidários, a desconsideração do PNGC como uma política de Estado, e não de governos (mesmo porque os governos não a priorizaram, ou a priorizam nas suas Agendas, seja no PPA, na LDO, ou nas LOAs) são fatores desfavoráveis a este triste cenário (Figura 13.6 e quadro 13.4).

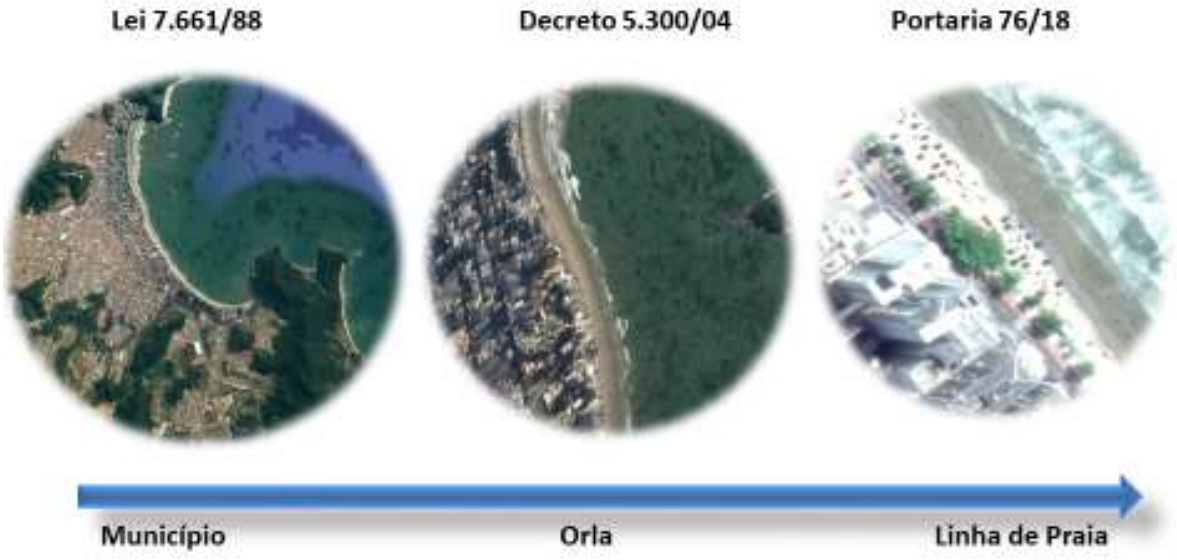


Figura 13.6. As alterações constantes nos objetivos e escalas de análise territorial das políticas de gestão costeira do Brasil, têm sido responsáveis pela falta de implementação dos instrumentos de gestão.
Fonte: o autor

Quadro 13.4 – A importância do PPA, LDO e LOA para a Gestão Costiera Integrada

PPA, LDO E LOA – POR QUE SÃO IMPORTANTES NO CONTEXTO DA GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA?
Plano Plurianual – PPA (Inciso I e § 1º do art. 165 da CF/88): É um documento de natureza estratégica. É o principal instrumento de planejamento de médio prazo previsto na Constituição Federal que estabelece, de forma regionalizada, as diretrizes, objetivos e metas da administração pública federal. Funciona como instrumento central de organização da ação de Governo, responsável pela mediação entre o planejamento de longo prazo e a elaboração dos orçamentos anuais, e abrange todas as despesas de capital (investimentos, inversões financeiras e transferências de capital) e outras delas decorrentes e as despesas dos programas de duração continuada.
Lei de Diretrizes Orçamentárias – LDO (Inciso II e § 2º do art. 165 da CF/88): Busca apontar as prioridades do governo para o próximo ano. Esta orienta a elaboração da Lei Orçamentária Anual - LAO, baseando-se no que foi estabelecido pelo Plano Plurianual - PPA. A LDO é o elo entre a PPA e a LAO, e serve como um ajuste anual das metas colocadas pelo PPA. A LDO é reponsável por definir a política de investimento das agências oficiais de fomento no país.
Lei Orçamentária Anual – LOA (Inciso III e § 5º do art. 165 da CF/88): É o orçamento anual. Esta prevê os orçamentos fiscal, da seguridade social e de investimentos das estatais. Todos os gastos do governo para o próximo ano são previstos em detalhe na LOA. Por meio da LOA é possível entender a estimativa da receita e a fixação das despesas do governo. Esta é dividida por temas, como saúde, educação, meio ambiente, e transporte, por exemplo. Prevê também quanto o governo deve arrecadar para que os gastos programados possam de fato ser executados. Se bem idealizada, a LOA estará em harmonia com os grandes objetivos e metas estabelecidos pelo PPA.

Fonte: POLITIZE (2020)

O ciclo político no contexto da governança e da gestão costeira integrada

Segundo Quintas (2002), apesar de sermos todos seres humanos, quando se trata de transformar, decidir ou influenciar sobre a transformação do ambiente, há na sociedade uns que podem mais que outros. Neste sentido, uma das características mais marcantes da realidade social é o fenômeno do poder (Capra, 2002). O poder só existe em ato. É sempre relacional, um modo de ação de uns sobre os outros. O poder envolve as relações entre dois ou mais atores sociais, nas quais o comportamento de um é afetado pelo comportamento do outro; o poder expressa a capacidade que um indivíduo tem de levar o outro a fazer algo que de outra maneira não faria, por imposição (Foucault, 1986).

Hillman (2001) esclarece que as noções mais comuns de poder são: liderança, influência, resistência, autoridade, prestígio, tirania, controle e ambição. Neste sentido, por meio do poder constroem-se a hierarquia e a subordinação, e mesmo o despotismo. Assim, o exercício do poder, a submissão de um ser humano à vontade de outro ser humano, é inevitável na sociedade moderna; nada, em absoluto, se realiza sem isso. *"(...)o poder pode ser maligno do ponto de vista social, mas, do mesmo ponto de vista, também é essencial"* (Galbraith, 1984, p.13). Ainda segundo o autor, existem três espécies de poder:

Poder coercitivo ou coativo: garante a submissão pela imposição das sanções efetivas ou só enquanto ameaças;

Poder compensatório: pelo oferecimento de incentivos e recompensas; e

Poder condicionado: pelas mudanças das crenças mediante a persuasão ou a educação.

A governança e a gestão costeira integrada são processos de forte natureza política, onde a ingenuidade não possui espaço de manobra. Para a sua consecução é necessário entender as relações entre os diferentes poderes por meio de estratégias e táticas bem executadas.

O vocábulo estratégia teve sua origem na Grécia Antiga, significando inicialmente, "arte do general" (Steiner e Minir, 1981), adquirindo posteriormente uma conotação voltada para a guerra, denotando "General" (estratego) – "a arte e a ciência de conduzir um exército por um caminho" (Meireles, 1995). A estratégia pode ser compreendida como a elaboração do planejamento, sendo fundamental seu entendimento nos processos de governança e da gestão costeira integrada. A estratégia pode ser definida como um conjunto de ações, que ao longo do tempo futuro, e pactuadas pelos princípios e diretrizes das políticas públicas pertinentes (ambientais, urbanas e setoriais), possuem a capacidade de alcançar os seus objetivos.

A definição de uma estratégia tem a capacidade de funcionar como um guia. Por meio de uma estratégia bem definida no processo de gestão costeira integrada, será possível entender onde estamos, qual é a nossa posição, e assim traçar a melhor trajetória e posição no âmbito do ciclo político. A administração como ciência, tendo como base o ciclo político, tem sido útil para este entendimento. Por meio de uma estratégia poderemos saber também onde queremos chegar, bem como o caminho mais eficaz e eficiente para alcançar um determinado objetivo. Quando em um processo de gestão costeira integrada, e inclusive de governança, estamos em uma posição a qual não sabemos onde estamos - é porque não temos uma estratégia plenamente definida, e quando isto ocorre, existe o perigo de entrarmos em um imenso labirinto.

O ciclo político

A administração tem origem milenar. Povos na antiga Suméria, há mais de 5.000 anos, já buscavam soluções para os seus problemas pelo uso das práticas de administração. O aparecimento da administração como disciplina é considerado como produto da Revolução Industrial e está associado à crescente complexidade das práticas administrativas demandadas pelas indústrias manufatureiras europeias do século 19 (Lacombe e Heilborn, 2003).

Foi a partir do despertar do século 20, que o poder de administrar interesses de Estado ou de mercado foi influenciado por bases científicas e passou a ser exercido, na sua essência, com a utilização da ordem racionalista (Weber, 1991). A produção intelectual de Frederick W. Taylor (1856 – 1915) no início do século 20 pode ser considerada como emblemática, controvertida, criticada, mas também das mais influentes para a administração (Morgan, 1996). Taylor descarta o empirismo e utiliza métodos da ciência positiva, racional e metódica e aplica princípios de planejamento, controle e execução para sanar problemas administrativos. Sua teoria não só tem alcance na administração privada, mas também na administração pública. Este propõe então cinco funções essenciais da gerência administrativa: 1 - planejar; 2 - comandar; 3 - organizar; 4 - controlar e 5 – coordenar, as quais ofereceram bases para o desenvolvimento do ciclo político.

Harold Lasswell, Herbert Simon, Charles Lindblom e David Easton, são considerados os "fundadores" do estudo das políticas públicas, como área científica autônoma, pelos trabalhos seminais desenvolvidos por volta dos anos de 1950 (Fisher, 2003; DeLeon, 2006; Parsons, 1995; Hill, 2009; Sabatier, 2007, Araújo e Rodrigues, 2017).

Harold Lasswell, no entanto, foi o introdutor da expressão *policy analysis* (análise de políticas públicas), e em 1956, formula um conjunto de etapas ou fases para o desenvolvimento do processo político. Segundo Roth (2006) a política pública é elaborada em um processo cíclico e reiterativo que pode ser dividido em cinco momentos: 1) da construção de um problema público;

2) da formulação da política; 3) da tomada de decisão; 4) da implementação da política; 5) da avaliação da política. Todavia, os momentos do processo de elaboração da política não ocorrem de maneira tão ordenada e sequencial quanto possa parecer (Figura 13.7).



Figura 13.7. Ciclo Político de Lasswell.
Fonte: adaptado Polette (2020).

No modelo sequencial, as políticas públicas são tomadas como resultado de um processo que se desenvolve por "etapas, num ciclo político que se repete". Importante não é explicar como funciona o sistema político, mas compreender os modos da ação pública, demonstrar as continuidades e as rupturas, bem como as regras gerais de funcionamento que são específicas das políticas públicas (Araújo e Rodrigues, 2017). O ciclo da política é, propriamente, um dispositivo analítico utilizado para o estudo de uma dada política. Construído para fins de modelação, ordenamento, explicação e prescrição do processo de elaboração de política, ele pertence a uma ordem mais lógica do que cronológica. No ciclo da política, a política pública deve ser entendida como um processo contínuo e dinâmico, que, para efeito de análise, é composto por momentos (Da Silva e Dagnino, 2011).

O ciclo da política parte do pressuposto de que o "agir público" na resolução de problemas públicos pode ser dividido em momentos parciais. Esses momentos correspondem a uma sequência de elementos que podem ser examinados no que diz *"(...) respeito às constelações de poder, às redes políticas e sociais e às práticas político-administrativas que se encontram tipicamente em cada fase"* (Frey, 2000, p.247).

Inúmeros são os artigos no âmbito da gestão costeira integrada os quais se utilizam do ciclo político (GESAMP, 1996; Olsen, 1993; Olsen, e Tobey, 1997, Cicin Sain e Knetch, 1998; Olsen et al. , 1999; Bridgman e Davis, 2000; da Silva, 2002; Polette e Vieira, 2006; IOC/UNESCO, 2006; Glavovic, 2008; Ehler e Douvere, 2009; Blue Solutions, 2017). O ciclo político é uma heurística - um método, ou processo, criado com o objetivo de encontrar soluções para um problema. É a

primeira incursão na complexidade, organizando observações em padrões familiares e, assim, fornecendo um guia para o desenvolvimento de ações. Este foi projetado para responder à pergunta "*o que devo faço agora?*" (Bridgman e Davis, 2000). Seguindo o ciclo político irá auxiliar tomadores de decisão, sociedade e iniciativa privada

Um desafio educativo do ciclo político está na descrição do processo político de uma maneira simples e acessível. Existe neste uma determinada precisão em estabelecer ações sequênciais necessárias às quais transformam uma aspiração para uma estratégia que se nutre por meio de ações concretas, e que, adotadas politicamente, se constituem em mudanças comportamentais. Um esforço político interminável de gestão e governança (Bridgman e Davis, 2000).

Segundo Olsen (2000), a GESAMP (1996) ofereceu uma versão do ciclo político como um marco que serve para agrupar atividades associadas com as cinco fases de uma geração de gestão costeira integrada. O ciclo político é elemento transformador na governança e na gestão costeira integrada. GESAMP (1996) detalha as cinco fases como fundamentais para o processo de gestão costeira integrada, a saber: 1) Identificação e seleção de temas costeiros nacionais, regionais ou locais (diagnóstico); 2) Preparação do plano ou programa (planejamento); 3) Adoção formal e provisão de fundos (adoção); 4) Implementação; e 5) Avaliação (Figura 13.8).



Figura 13.8. Ciclo da gestão costeira integrada: a dinámica estrutural da gestão costeira requer alimentação entre os difierentes passos e/ou fases. Muitas vezes tais passos não seguem um ordenamento tão rígido, e podem ter sua sequencia alterada, ou ainda que alguns passos e/ou fases sejam repetidas.

Fonte: adaptado de Polette (2020).

Segundo Lindblom (1959) as políticas não são construídas de uma só vez; são construídas e reconstruídas interminavelmente. A construção de políticas é um processo de aproximações sucessivas aos objetivos pretendidos, no qual os próprios objetivos vão sendo reconsiderados e alterados. Blue Planning (2017) demonstra a necessidade do uso do ciclo político no planejamento e gestão marinha e costeira baseados em ecossistemas. Tal processo deve ser contínuo e interativo o que inclui o aprendizado e gestão adaptativa durante um tempo. Ao

contrário, o planejamento é um processo dinâmico que inclui muitos ciclos de feedback dentro do processo (Figura 13.9).



Figura 13.9. A governança e a gestão costeira integrada são processos que evoluem ao longo de gerações.
Fonte: o autor

A decisão de organizar ações de gestão costeira em torno do ciclo de políticas implica que as etapas devem ser vinculadas dentro de um ciclo e que os próprios ciclos devem ser vinculados entre si. Lowry et al. (2003), reforçam a necessidade de implementação do ciclo avaliando 19 estudos de caso em países que implementaram programas de gestão costeira integrada entre os anos de 1994 a 1997. Ehler e Douvere (2009) no "Manual de Planejamento Espacial Marinho" para a UNESCO reforçam o uso do ciclo de gestão costeira e marinha, e adaptam o mesmo em 10 diferentes fases, esclarecendo que o uso do ciclo leva ao conhecimento lógico dos passos pelas fases de planejamento, desenvolvimento, implementação, avaliação e adaptação. No planejamento espacial marinho o uso do ciclo também é corroborado por Higham (2011) no Golfo de Hauraki na Nova Zelândia.

Etapas do ciclo de políticas

O ciclo propõe etapas em uma sequência que ajuda a esclarecer as complexas relações entre os muitos elementos da governança e da gestão costeira integrada. A experiência mostra que existem ações essenciais em cada etapa do ciclo e que, se alguma delas estiver fora do local, o projeto compromete o progresso bem-sucedido em direção a seus objetivos de longo prazo. Nesse sentido, é organizada uma proposta para uma série de atividades para cada fase do processo baseados em GESAMP (1996); Lowry, et al. (2003); Bridgman e Davis (2003); Ehler e Douviere (2006). As etapas listadas abaixo funcionam como um "roteiro" em um cenário altamente complexo e dinâmico, que exige constantes adaptações.

Diagnóstico

O diagnóstico ambiental é uma das fases mais importantes do processo de gestão costeira integrada, e também dos mais custosos, pois exige uma equipe interdisciplinar para sua

consecução. É uma fase em que se envolvem as autoridades, academia, líderes e comunidade local na identificação dos temas e/ou assuntos da gestão, buscando alternativas e formas de intervenção, na formulação de metas e objetivos.

O diagnóstico bem realizado será capaz de oferecer as bases necessárias para o processo de planejamento, logo são importantes as seguintes fases:

- Identificar e avaliar os principais temas e/ou assuntos ambientais, sociais, econômicos, institucionais e suas relações de causa e efeito – avaliar a qualidade da informação. Caracterizer bem os ambientes costeiros, entender a importância dos serviços ecossistêmicos em cada ambiente (Ex. Dunas, praias, restingas, manguezais, etc.). Levantar os impactos e as tendencias de uso destes ambientes. Avaliar potencialidades econômicas sustentáveis para os mesmos. Realizar levantamentos de natureza primária e secundária de dados, com avaliação de dados e de possíveis indicadores (frequência de coleta de dados, etc). Dados censitários e demográficos devem ser objeto de análise por meio de linhas de tempo (se possível, avaliar 4 a cinco gestões políticas anteriores, buscando entender ideias, programas e projetos implementados, ou não).

- Analisar e discutir os temas focais para a iniciativa de gestão – analisar quais são os problemas e conflitos mais relevantes. Importante focar em poucos, mas de forma reflexiva e avaliando as relações de causa e efeito. O uso do DAPS(W)IR(M) pode ser uma boa alternativa de integração e análise.

- Identificar a escala e extensão afetadas pelo problema e definição dos limites do sistema – avaliar com os participantes do processo de gestão a área territorial geográfica de gestão (territórios de pesca, limites de bacias hidrográficas, limites dos ecosssitemas costeiros e marinhos, inclusive por cotas batimétricas), bem como os limites municipais, estaduais, por exemplo (analisar as diferentes zonas-tipo do macrozoneamento e dos Planos Diretores municipais).

- Definir possibilidades para implementação política do Plano – levantamento das políticas públicas setoriais, ambientais e urbanas. Analisar a validade de integrar instrumentos das diferentes políticas públicas. Avaliar o cenário político partidário e temporal em relação ao período em que o diagnóstico está sendo elaborado.

- Identificar os principais atores e seus interesses – identificar atores governamentais e não-governamentais segundo os limites territoriais do estudo de caso. Avaliar seu grau de interesse sobre os problemas e conflitos, poder político nos processos decisórios, e grau de organização em relação ao processo de mobilização social. Quais são os grupos que se beneficiam com a situação atual? Caso o plano de gestão tenha êxito, quem serão os maiores beneficiados, e quais serão mais ameaçados? Quem deve estar envolvido? Quando as partes interessadas devem estar envolvidas? Como as partes interessadas devem estar envolvidas? E as populações mais pobres? Os recursos disponíveis, ao final da proposta, irão alterar positivamente estas populações? Estas são perguntas importantes para serem respondidas nesta fase do diagnóstico. A inevitável relação maniqueísta nesta fase deve ser evitada, especialmente no levantamento de atores da iniciativa privada. Considerar participação segundo questões de gênero, etnias, faixa etária, tradição e cultura (comunidades pesqueiras, quilombolas, marisqueiras, entre outras).

- Verificar a factibilidade e a liderança governamental e não governamental sobre os assuntos e/ou temas selecionados – avaliar perfil dos líderes e buscar um processo de mediação de forma isenta e responsável baseado nos principios e diretrizes das principais políticas públicas (ambientais, setoriais e urbanas). Importante entender quais são os atores que irão apoiar o programa, bem como aqueles que irão se opor ao mesmo.
- Selecionar os temas sobre os quais irá ser enfocado os esforços à iniciativa de gestão – levantar os principais temas de forma integrada e participativa. Não existem receitas para o diagnóstico participativo, este debe ser realizado de acordo com a realidade local e da sensibilidade da equipe condutora do diagnóstico.
- Identificar opções de financiamento para o Plano – levantar nesta fase possíveis fontes de financiamento para que o processo de gestão possa ser completado no seu ciclo. O processo de gestão geralmente se inicia por meio de um programa governamental (licitação, convênio, contrato, por exemplo), no entanto este deve ter uma sustenatibilidade financeira para sua execução. Logo, levantar possíveis agencias financiadoras para condução do processo de gestão (públicas ou privadas), levando em consideração uma ética relação entre os agentes públicos e privados nas tomadas de decisão.
- Definir as metas da iniciativa de gestão e governança – ter clareza das metas e dos tempos necessários para a condução destas em cada fase do processo de gestão costeira integrada é elemento chave de eficácia, eficiencia, disciplina e organização. Estes são elementos fundamentais para o sucesso nesta fase, e sua ausência acarreta em descrédito por muitos atores que participam do processo de gestão e governança – o que pode fragilizar o mesmo ao longo das outras fases.

Planejamento

O processo de planejamento é um eixo norteador para a tomada de decisões em nível de gestão (Lemos et al. 2019) e governança. Souza (2011) reforça que a tarefa de planejar, é o de realizar um esforço de imaginação do futuro. É a preparação para a gestão futura, buscando-se evitar ou minimizar problemas e ampliar margens de manobra. O planejamento tem sua natureza estrutural (busca mudar infraestruturas em uma determinada região baseada nas necessidades de saneamento, por exemplo) e não-estrutural (baseado na construção do planejamento participativo com a construção de Conselhos e Comitês, por exemplo). Tanto um como outro são igualmente importantes, sendo o resultado desta interação, ou seja, do resultado do processo de planejamento, o plano. Geralmente um plano tem como resultado um programa ações programáticas de longo prazo que contêm projetos e ações programáticas de curto prazo. São fases, ou passos importantes para esta fase:

- Documentar as condições da linha de base – avaliar o resultado do diagnóstico de forma participativa e analisar os desafíos futuros para a área de estudo. Avaliar a qualidade técnica das análises, bem como dos resultados das discussões realizadas pelo grupo condutor do programa é esencial. Ao final das discussões sempre debe haver uma ata com os compromisos e resultados levantados.

- Realizar as investigações identificadas como prioritárias – à partir do levantamento dos problemas e/ou temas prioritários na fase do diagnóstico, aprofundar ainda mais os temas nas suas relações: ganha x ganha; ganha x perde; perde x perde, tendo como base os atores que irão participar do processo de gestão.

- Preparar o plano de gestão e a estrutura institucional sob os quais será implementado – formalizar o processo de gestão entre os atores governamentais e não-governamentais. Entender o processo por meio de fluxogramas com as ações de curto, médio e longo prazo. O fluxograma deve ser construído pela equipe condutora do processo, e este deve servir de guia baseado no ciclo de gestão. Importante sempre saber: onde estamos? para onde queremos chegar? como iremos chegar?

- Iniciar o desenvolvimento da capacidade técnica local – balizar o conhecimento sobre a área de estudo, sobre as políticas públicas incidentes na área de gestão; reconhecer as diferenças e similaridades entre diferentes atores; desenvolver saídas de campo; visitar e reconhecer as comunidades tradicionais; avaliar a importância histórica, cultural, arquitetônica. Aproveitar este conhecimento e valorizar o desenvolver mesas-redonda, palestras, rodas de conversa, workshops – estes são elementos importantes nesta fase.

- Planificar a sustentação financeira – avaliar as ações a serem planejadas de acordo com os recursos financeiros disponíveis é fundamental para não gerar expectativas que não possam ser futuramente cumpridas. Geralmente nos processos de planejamento participativo, cada ação corresponde muitas vezes a um programa ou um projeto, e sua consecução exige recursos disponíveis a curto, médio e longo prazo.

- Definir condições futuras por meio de cenários preditivos – planejar é imaginar o futuro. Avaliar cenários para a área de estudo é fundamental no contexto do planejamento participativo. Existem inúmeras técnicas para esta finalidade (ex: cliodinâmica, cone do futuro, prospectiva territorial, por exemplo). Avaliar cenários tendenciais e desejados são uma excelente oportunidade de integrar atores com diferentes interesses sobre um recurso. Possibilita entender suas expectativas futuras, bem como mediar conflitos e estabelecer pactuação de usos futuros de uma determinada área a ser gerida.

- Estabelecer indicadores para avaliar o processo de implementação e avaliação do processo de gestão costeira – o planejamento é momento de estabelecer um sistema de indicadores de natureza social, ambiental, econômico, e inclusive de governança capaz de estabelecer um programa de monitoramento, e inclusive de fiscalização, capaz de acompanhar as fases de implementação e/ou gerenciamento, bem como de avaliação de resultados.

- Desenvolver ações de implementação em escala piloto – a construção do processo de gestão pode requerer o desenvolvimento de um projeto-piloto, um novo método e/ou técnica específica a fim de tornar as ações do plano efetivos na fase de implementação (ex: captação de agua de chuva; técnicas de maricultura; etc). Estes devem sempre alcançar resultados tangíveis. Este pode ser o momento

de grande inovação e criatividade da equipe, buscando também respostas junto à comunidade alvo.

- Realizar um programa de informação, comunicação e educação pública – o processo de planejamento deve ser sempre interativo. A comunicação é instrumento vital para o sucesso do processo da governança, bem como da gestão costeira integrada. Estes processos devem transitar entre os domínios do conhecimento da ciência, das tomadas de decisões políticas pautadas no bem-estar da sociedade e na manutenção dos serviços ecossistêmicos, bem como nos diferentes públicos alvo necessários para que mudanças comportamentais sejam realmente alcançadas. O uso de instrumentos de educação formal e não-formal devem alcançar diferentes públicos de acordo com o tamanho necessário da mensagem – a sociedade costeira e tomadores de decisão devem receber mensagens simples, concisas e criativas capazes de buscar a reflexão e mudança do comportamento responsável pelo conflito ou problema levantado no diagnóstico.

- O Plano de gestão - um plano é um documento que serve para sistematizar, ordenar e priorizar ações em relação a uma série de problemas específicos, com a intenção de encontrar as soluções mais apropriadas, bem como assegurar a execução das mesmas. Segundo Buarque (2002), um plano deve incluir programas (ações programáticas em segmentos e setores prioritários de grande poder de transformação e irradiação) e projetos (mecanismo operacional de ação concreta em que se desagregam os programas, explicitando o foco de intervenção, os prazos, os meios e os objetivos diretos a serem alcançados). O plano deve ser um documento conciso e claro no qual tomadores de decisão e sociedade compreendam suas ações, prazos e responsabilidades de implementação.

Adoção

A fase da adoção é uma das mais relevantes pelo sucesso do processo de gestão costeira integrada, bem como da governança. Sem aprovação formal pelo tomador de decisão por meio de um marco legal, sem um plano estabelecido, e sem o pleno apoio da sociedade não é possível sua implementação. Todos estes elementos acarretam uma implementação bem sucedida e de longo prazo. Esta é uma fase de caráter político, legal, institucional e administrativa. Política, pois a adoção de um plano de gestão costeira integrada é dependente de um ato político para sua consecução. Legal, pois um Decreto ou Lei são elementos que irão auxiliar na estruturação do plano de gestão por meio das ações compactuadas na fase de planejamento. É institucional e administrativa, pois serão requeridas durante a implementação um amplo arranjo institucional capaz de não apenas guiar o processo, mas também de alterar, inclusive, a estrutura administrativa com a adoção de uma gerencia específica para conduzir o processo de gestão costeira integrada (ex.: uma gerência de praias ou uma gerência costeira com profissionais capazes de gerir as ações planejadas) por meio de uma governança realmente efetiva.

- Obter a aprovação governamental da proposta – a aprovação governamental da proposta deve levar em consideração a elaboração do texto da lei ou decreto do plano executado, bem como o arranjo institucional necessário para sua implementação por meio de claros principios, diretrizes, objetivos e instrumentos de gestão acordados no processo de planejamento.

- Implementar o marco institucional básico da Gestão Costeira Integrada e obter o respaldo governamental para os diversos arranjos institucionais – o marco institucional tem como base estabelecer um conjunto de organismos, agências e/ou instituições que na forma de lei, devem implementar e avaliar o processo de gestão por meio de metas previamente especificadas. Este marco será responsável pela temporalidade das ações, bem como pela boa governança e governabilidade do plano durante a sua implementação e avaliação. Indicadores bem formulados no processo de planejamento serão importantes elementos estratégicos de comunicação, acompanhamento e avaliação do plano.

- Prover os fundos requeridos para a implementação do programa – considerar que o plano debe ser construído por meio dos recursos já obtidos na sua fase inicial, logo é importante alertar que recursos financeiros são fundamentais para a implementaçõa do plano de gestão. Portanto, é estratégico levantar diferentes fontes de recursos para que o plano possa terminar o ciclo de gestão.

Implementação

A implementação consiste no processo de gerenciamento. É a fase de colocar em prática as ações estratégicas e táticas estabelecidas no plano de gestão sob ações da ampla participação social. Esta fase tem fortes características técnica e institucional na execução do plano por meio dos programas e projetos (estruturais e/ou não estruturais).

- Modificar as estratégias do programa conforme seja necessário – devido questões de temporalidade, desde a fase do final do planejamento e da adoção, varios elementos do plano podem ser objeto de reavaliação. Logo, neste momento poderá ser necessário modificar alumas estratégias de planejamento (muitas vezes considerando um Plano B ou C).

- Assegurar o cumprimento das políticas e estratégias do Plano (c*ompliance*) – o inicio do processo de implementação requer um ampla reavaliação política junto a administração responsável pelo plano de gestão costeira integrada. É o momento de implementar cumprir o plano de acordo com os principios, objetivos, diretrizes e instrumentos das políticas públicas pertinentes. É também o momento onde a governança está no seu auge, por meio de comunicação aberta, transparencia, ética e participação com a promoção e cumprimento dos planos de gestão.

- Aplicação das leis para fortalecer o marco institucional o marco legal (*enforcement*) – o fortalecimento do marco institucional tem o desafio de implementar uma estrutura física para promover o gerenciamento, servindo também de *locus* de referencia física para os atores que participam do processo de gerenciamento. É o momento de fortalecer a Lei ou Decreto constituído por meio de estratégias de comunicação, e da sábia integração dos instrumentos das políticas públicas (especialmente aqueles que visam o ordenamento territorial, estabelecimento de padrões de qualidade ambiental e de bem-estar, bem como aqueles que buscam a regulação de usos, assim com o de comando e controle). Importante nesta fase avaliar se existem conflitos legais na área avaliada, bem como se a cooperação institucional está realmente funcionando.

- Fortalecer o compromisso da administração e do pessoal com a estratégia e os resultados (reforçar a *compliance* e *enforcement*) do processo de gestão costeira integrada – avaliar de forma constante os resultados obtidos no sistema de

indicadores, bem como manter o levantamento constante de dados é uma tarefa importante para fortalecer o compromisso da administação e do pessoal em relação as estratégias de implementação em avaliação do processo de gestão como um todo. Avaliar se o número de profissionais está sendo suficiente para as demandas existentes é essencial, e caso seja necessário reforçar a equipe com profissionais – este é o momento.

- Fortalecer a capacidade gerencial, técnica e de gestão financeira do programa – este é o momento de fortalecer a estrutura da equipe responsável pela condução do plano de gestão. Promover rodas de conversa entre a equipe para avaliar os processos de implementação é decisivo para minimizar conflitos na equipe de trabalho. Valorização profissional; desenvolvimento de cursos de capacitação administrativa; realização de visitas técnicas integradas; promoção de seminários e palestras com pesquisadores de outras regiões; intercâmbios nacionais e internacionais; apresentação de resultados em congressos, workshops e palestras; e transparência na prestação de contas também são fatores integração da equipe. Atitudes pró-ativas para incrementar o compromisso com o Plano de ação, são elementos vitais para que a equipe permaneça unida ao longo de todo o processo.

- Assegurar a construção e manutenção da infraestrutura – no contexto do planejamento estrutural, ações que buscam asegurar a construção e manutenção de infraestrutura são necessárias (ex.: recuperação de linha de costa frente a problemas de erosão costeira, recuperação de áreas desmatadas, melhorias de infraestrutura em saneamento). Estas são importantes para o desenvolvimento e conservação (por meio de práticas de restauração, recuperação e proteção ambiental).

- Alimentar a participação aberta de quem respalda o programa – o processo de participação ativa é crucial para a boa governança. Incentivar junto aos atores a "propriedade" do processo de gestão, gerar confiança entre as partes interessadas e os tomadores de decisão, bem como incentivar a participação voluntária.

- Implementar os procedimentos de gestão e de conflitos – avaliar constantemente os possíveis riscos e conflitos durante o processo de gerenciamento é essencial. Avaliar as fraquezas e ameaças existentes, bem como por meio das potencialidades e oportunidades é estratégico.

- Alimentar o apoio político e a presença do programa na agenda de grandes temas nacionais – tomadores de decisão estão familiarizados com o plano? Estes consideram o mesmo como parte da sua agenda de governo? Sinalizam como uma política de Estado? ONGs e sociedade estão integradas ao plano? Consideram o mesmo como parte das suas ações? As universidades têm apoiado o plano e coloborado para avaliar os resultados obtidos?

- Monitorar o desempenho do plano, bem como as tendencias de uso dos ecosistemas e bem-estar da população alvo – o momento de aprimorar o desempenho do plano de gestão costeira integrada está no seu processo de monitoramento. Este deve ocorrer por meio do uso de indicadores não apenas os levantados nas fases anteriores. Aquí também é importante a equipe ter clareza dos seus indicadores de desempenho. É o momento “crítico” no qual se avalia as fraquezas internas, as potencialidades da equipe; mas, também, as ameças externas, e oportunidades geradas.

Avaliação

O processo de avaliação é vital para a gestão costeira integrada, bem como para a governança. É por meio da avaliação, com o uso de indicadores pertinentes, que os diferentes atores poderão avaliar as diferentes fases do ciclo de gestão ou/o ciclo político. Indicadores possibilitam nesta fase, medir, monitorar e avaliar as condições e tendências, prever mudanças e ajudar a entender se o plano foi eficaz e eficiente por meio das medidas de gerenciamento.

Um capítulo à parte, e denso, deverá ser dirigido oportunamente sobre o tema: indicadores para a governança e gestão costeira integrada, pois o uso destes pode ser considerado como uma ferramenta de análise tendencial no campo das ciências ambientais. Indicadores devem demonstrar o caminho a seguir, e por meio destes é possível adaptar o plano de gestão à sua própria experiência e à novas mudanças e condições ambientais, sociais, econômicas, bem como da efetividade das políticas públicas – as quais devem ser estáveis, porém, não estáticas.

Ao término do processo de gestão costeira integrada, ou do ciclo político finda-se também uma geração do processo de gestão. Este é o momento de avaliar os ganhos existentes, bem como reavaliar o plano para uma nova geração avaliando se o diagnóstico cumpriu o seu papel, ou se são necessários novos elementos para análise. É o momento de avaliar se as estratégias e táticas do plano foram eficazes, bem como se a adoção política (institucional e administrativa) foram efetivas, e se o plano se tornou um marco no tempo e no território analisado. A implementação, ou o gerenciamento, legou mudanças significativas ao findar desta geração?

A avaliação deve construir a base de conhecimento dos tipos e medidas que funcionam, que não funcionam e por quê. Este é o momento esperado para que ocorra mudanças comportamentais na sociedade, bem-estar, solidariedade, e qualidade ambiental e urbana. O desafio está posto.

O perfil do Gestor Costeiro

Tagliani (2001) considera que apesar de ser apenas um dos aspectos importantes no processo, é comum ouvir o comentário de que “fazer” gestão costeira integrada é gerir conflitos. Entretanto, a afirmação é verdadeira, pois os diversos atores, processos e interesses em jogo proporcionam um grande potencial para o confronto. Assim, entre as características do perfil do “gerente” ambiental devem estar a flexibilidade, a moderação, a afabilidade e a destreza para negociação.

Valega (1999), afirma que um gestor costeiro deve: monitorar e classificar conflitos; entender como estes conflitos se organizam por meio da dinâmica territorial; avaliar a percepção ambiental dos diferentes atores acerca dos conflitos, otimizar abordagens proativas por meio da colaboração; disseminar informações de forma correta; tornar as comunidades e/ou sociedade conscientes acerca da necessidade de resolver um conflito tendo como base os princípios das políticas públicas (e da Precaução); disseminar a análise dos problemas e conflitos, de forma correta, tendo como base também o papel das comunidades tradicionais, bem como as marginalizadas; buscar estabelecer acordos e pactos para mitigar os conflitos existentes; ter métodos claros para a resolução dos conflitos.

Elliot (2018) avalia que são necessárias habilidades para o desenvolvimento do processo de gestão costeira integrada, entre estas: 1) conhecimento de atitudes; 2) habilidades programáticas;

e 3) habilidades administrativas. Neste sentido, fica evidente que, além de gerir conflitos, o gestor costeiro tem o papel de entender as diferentes fases do ciclo político, e ter fundamentos técnicos para a gestão de programas e projetos. Deve saber administrar o território costeiro de forma pragmática, com pensamento estratégico e tático, diferenciando os elementos que compõe a administração pública e privada (Tabela 13.3).

Tabela 13.3. Tipos de habilidades do Gestor Costeiro

Papel Funcional nas fases do ciclo de Gestão	**Tipos de habilidades**		
	Conhecimento e atitudes	**Habilidades programáticas**	**Habilidades administrativas**
Programa de Gestão	Pensamento Estratégico e tático sobre a relação espacial e temporal dos fenômenos sociais, econômicos e ambientais que ocorrem na zona costeira	- Planejamento Estratégico - Administração pública e privada - Desenvolvimento de planos, programas e projetos.	- Capacidade de divisão de tarefas - Responsabilidade - Disciplina - Unidade de comando e direção - Organização - Estabilidade - Iniciativa - Espírito de corpo - Autoridade
Diagnóstico	Conhecimento das relações de causa e efeito na aplicação da legislação. Pensamento analítico sobre a relação espaço e tempo. Capacidade de integrar diferentes atores sociais de forma hábil e ética.	- Conhecimento de legislação ambiental, setorial e urbana - Conhecimentos básicos de Sistema de Informações Geográficas - Capacidade de reconhecer a importância da interdisciplinaridade e interdisciplinaridade.	- Organização - Capacidade de divisão de tarefas - Responsabilidade - Disciplina
Planejamento	Capacidade de avaliar cenários futuros. Forte capacidade de organizacional. Capacidade de negociar com fontes de financiamento. Uso da imaginação e inovação para resolução de problemas.	- Análise de Problemas e conflitos - Desenho de estratégias - Desenvolvimento de cenários futuros. - Capacidade de reconhecer a importância da interdisciplinaridade e interdisciplinaridade. - Conhecimento de administração pública e privada.	- Capacidade de divisão de tarefas - Disciplina - Unidade de comando e de direção - Subordinação do interesse individual ao geral - Rede escalar - Ordem - Equidade - Estabilidade

			- Iniciativa - Espírito de corpo
Adoção	Capacidade de contatos políticos no executivo e legislativo.	- Conhecimento de legislação ambiental, setorial e urbana; - Capacidade de negociação e resolução de conflitos.	Capacidade de articulação entre sociedade, iniciativa privada e tomadores de decisão.
Implementação	Habilidade de resolver conflitos de interesses. Capacidade técnica em projetos ambientais, sociais e econômicos.	- Capacidade de negociação e resolução de conflitos. - Capacidade técnica para avaliar os resultados do planejamento estrutural e não-estrutural.	
Monitoramento e Avaliação	Capacidade de avaliação das relações de causa e efeito.	Capacidade de propor e avaliar indicadores de gestão e de governança, bem como aqueles que avaliam o desempenho da equipe de trabalho.	
Comunicação	Comunicação tática e estratégica.	Criatividade e capacidade de repassar informações para diferentes públicos, especialmente para a sociedade e tomadores de decisão. Saber estabelecer relações amigáveis com a imprensa, e ter visão estratégica de qual órgão de imprensa é o mais estratégico para cada fase do ciclo político.	Postura, ética. Capacidade de desenvolver rotinas de informação e comunicação.

Fonte: adaptado de Elliott, 2018

Referências bibliográficas

ABRAMOWAY, R. **O capital social dos territórios: repensando o desenvolvimento rural. Economia Aplicada**, São Paulo, n. 4, v. 2, p. 379-397, abril/jun, 2000.

AGENDA 21. **Ministério do Meio Ambiente**. Capítulo 17. In: https://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/passoapasso.pdf Acesso em 12.06.2020.

ARAÚJO, L.; RODRIGUES, M. L. **Modelos de análise das políticas públicas. Sociologia, problemas e práticas**, n. º 83, p. 11-35, 2017

BLUE SOLUTIONS. **Blue Planning in Practice**: **Manual para Participantes**. 124p. 2017

BORDO, A. A. DA SILVA, C. H. P.; NUNEGEO, M. N.; BARBOSA, T. **As Diferentes Abordagens do Conceito de Território.** Disponível em: https://gpect.files.wordpress.com/2013/11/as-diferentes-abordagens-do-conceito-de-territc3b3rio.pdf. Acesso em 12 mai. 2020.

BRANDÃO, Carlos. Territórios com classes sociais, conflitos, decisão e poder. In: ORTEGA, Antônio; FILHO, Niemeyer (Orgs.). **Desenvolvimento territorial: segurança alimentar e economia solidária**. Campinas: Alínea, 2007.

BRASIL. **Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências.** Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4504-30-novembro-1964-377628-veto-146078-pl.html. Acesso em 22 mai. 2020.

BRASIL. Lei **Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm Acesso em 22 mai. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº. 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências.** Disponível em: http://www.mma.gov.br/sqa/projeto/gerco/planocac.html. Acesso em: 23 mai. 2020.

BRASIL. **Constituição de 1988.** Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 22 mai. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente**. Decreto 5.300/2004. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências.** Disponível em: https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/97168/decreto-5300-04. Acesso em: 23 mai. 2020.

BRASIL. **Estatuto das Cidades. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm Acesso em: 22 mai. 2020.

BRASIL. **Estatuto das Metrópoles.** Lei Nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13089.htm Acesso em: 22 mai. 2020.

BRASIL. **Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa** - instituído pela portaria Portaria Nº 76, de 26 de março de 2018.

BRENNER, N. Espaços da urbanização. O urbano a partir da teoria crítica. Observatório das Metrópoles. **LetraCapital.** 2018. 356p.

BRIDGMAN, P.; DAVIS, G. What Use is a Policy Cycle? Plenty, if the Aim is Clear**. Australian Journal of Public Administration** 62(3), p. 98–102. 2003

BRIDGMAN, P e DAVIS, G. 2000 **Australian Policy Handbook**, 2nd edn (first published in 1998) Allen e Unwin, Sydney. 1998.

CAMARGO, Aspásia. Governança para o século 21. In: TRIGUEIRO, A. **Meio Ambiente no século 21**: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

CAMPBELL, J.; WHITTINGHAM, I.; TOWNSLEY, P. **Responding to Coastal Poverty: Should we be Doing Things Differently or Doing Different Things?** CAB International. Environment and Livelihoods in Tropical 274 – 292 Coastal Zones (eds C.T. Hoanh, T.P. Tuong, J.W. Gowing and B. Hardy). 2006

CICIN-SAIN, B, KNECHT, R. **Integrated Coastal and Ocean Management. Concepts ansd Practices.** Washington, Island Press. 1998

CLARK, J. R. **Coastal Zone Management handbook**. Florida, CRC Press, Inc. 1995.

COASTAL RESOURCES CENTRE 2003 '**Policy Development Framework',** Narragansett, Rhode Island.

COLLETIS, G., GILLY, J. P., LEROUX, I., PECQUEUR, B., PERRAT, J., RYCHEN, F., ZIMMERMANN, J. B. Construction territoriale et Dynamiques productives. **Revue Sciences de la Societé**, v. 48, 1999.

CORBIN, A. **O território do Vazio. A praia e o Imaginario Ocidental.** Companhia das Letras. 1986. 385p.

COSTANZA, R., R. D'ARGE, R. DE GROOT, S. FARBER, M. GRASSO, B. HANNON, K. LIMBURG, S. NACCM, R. V. O'NEILL, J. PARUELO, R. RASKIN, P. SUTTON, AND M. VAN DEN BELT. Principles for sustainable governance of the oceans. **Science** v. 281, p.198–199. 1997.

DALLABRIDA, V. R. Governança territorial: a densidade institucional e o capital social no processo de gestão do desenvolvimento territorial. In: **Seminário Internacional Sobre Desenvolvimento Local**, v.3. 2006, Santa Cruz do Sul: Unisc. Disponível em: <http://www.capitalsocialsul.com.br>. Acesso em: maio 2020.

DA SILVA, C. P. **Gestão do Litoral – Integração de estudos de percepção da paisagem e imagens digitais da definição da capacidade de carga de praias. O troço litoral S. Torpes – Ilha do Pessegueiro.** Dissertação de doutorado. 2002. 361p.

DA SILVA, R. B.; DAGNINO, R. O enfoque de análise de políticas e a política pública do pólo a Parque de Alta Tecnologia de Campinas. **Rev. Sociol. Polít.**, Curitiba, v. 19, n. 40, p. 171-194. 2011

EHLER, CHARLES e DOUVERE, F. **Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management.** Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6. Paris: UNESCO. 2009

ELLIOT, M.; BURDON, D.; ATKINS, J.P.; BORJA, A. CORNIER, R. DE JONGE, V. N.; TURNER, R. K. "And DPSIR begat DAPSI(W)R(M)!" – A unifying framewoerk for marine environmental management. **Marine Pollution Bulletin** v.118, p.27-40. 2017

FLYVBJERG B. **Making social science matter: why social inquiry fails and how itcan succeed again.** Cambridge: Cambridge University Press. 2003.

FUINI. L. L. **Compreendendo a governança territorial e suas possibilidades: Arranjos Produtivos Locais (APL) e circuitos turísticos.** Interações (Campo Grande) vol.13 no.1 Campo Grande Jan/June 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttextepid=S1518-70122012000100009 Acesso em 12.05.2020.

FURTADO, Celso. **O Mito do Desenvolvimento Econômico**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). **The Contributions of Science to Integrated Coastal Management**, GESAMP Reports and Studies. 1996, v.61, 66 pp.

GLAESER, B. **Integrated Coastal Management (ICM) between hazards and development. Integrated Coastal Zone Management.** Research Publishing xiii-xxi. 2008.

GLAVOVIC, C. B.; BOONZAIER, S. Confronting coastal poverty: Building sustainable coastal livelihoods in South Africa. **Ocean e Coastal Management**. v. 50, p.1–23. 2007

GLAVOVIC, C. B. Sustainable coastal development in South Africa: Bridging the chasm between rhetoric and reality. **Integrated Coastal Zone Management**. Research Publishing. p.129-154, 2008

GOBIERNO REGIONAL DE O´HIGGINS. **Manual de Apoyo a la Sensibilización y Capacitación de los Actores Privados para su Participación Ciudadana en la Zonificación del Borde Costero de la**

Región de O'Higgins. Comisión Regional de Uso del Borde Costero. Rancagua, Chile. 2009, 48 pp.

HOLANDA FERREIRA, A. B. **Novo Diconário Aurélio.** Editora Nova Fronteira. 1986

ISLAN, M. R. Towards institutionalization of global ICZM efforts. Integrated Coastal Zone Management. **Research Publishing**. p.23-34. 2008

JACOBI, P. Governança institucional de problemas ambientais. **Política e Sociedade**. v.4 n. 7. 2005.

JACKSON MC. Critical systems thinking and practice**.** European **Journal of Operational Research** v.128, p. 233–44. 2001

JENTOFT S. Beyond fisheries management: the Phronetic dimension. **Marine Policy** 2006. v.30, p. 671–80.

JENTOFT, S.; CHUENPAGDEE, R. Fisheries and coastal governance as a wicked problem. **Marine Policy** v. 33, p.553–560. 2009

KOOIMAN, J.; JENTOFT, S. Meta-governance: Values, Norms and Principles, and the Making of Hard Choices. **Public Administration.** 2009. ttps://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-9299.2009.01780.x

LANNA, A. E. L. A inserção da gestão das águas na gestão ambiental. In: MUÑOZ, H. R. (Org.). **Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997.** Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos, p. 75-108, 2000

LASSWELL, HAROLD D. **The Analysis of Political Behavior.** An Empirical Approach, Londres, Routledge and Kegan Paul. 1948.

LASSWELL, HAROLD D. **The Decision Process. Seven Categories of Functional Analysis**, College Park, MD, University of Maryland Press. 1956

LEMOS, R.S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; WSTANE, C. Planejamento e gestão territorial: reflexões a partir da modernidade, da ciência e da participação social. **Caderno de Geografia**, v.29, n.58, 2019.

LOWRY, K.; OLSEN, S.; TOBEY, J. **Evaluaciones de donantes de iniciativas de MCI ¿qué puede aprenderse de ellas?** 21p. 1998.

MENDES, Constantino C. Brasil policêntrico e planejamento territorial de longo prazo. **Parcerias Estratégicas**, n. 26, 2008.PROST, M. T. Reflexões sobre ciência e ética. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat., Belém, v. 6, n. 2, p. 215-218, maio-ago. 2011.

OLIVEIRA, S; M. Os sufixos nominalizadores –ção e –mento. **Estudos Lingüísticos** XXXVI (1), janeiro-abril. p. 87 / 96. 2007.

OLSEN, S.; Christie, P. What Are We Learning from Tropical Coastal Management Experiences? **Coastal Management**, 28:5–18, 2000.

OLSEN S., TOBEY J., AND KERR M. A common framework for learning from ICM experience. **Ocean and Coastal Management** 37: 155-174. 1997

OLSEN, S. **Evaluación del Progreso Hacia las Metas de Manejo Costero**. CRC. University of Rhode Island.

OLDEN, S., K. LOWRY, AND J. TOBEY. A manual for assessing progress in coastal management. **Coastal Resources Center Report** #2211, University of Rhode Island, Narragansett, RI, USA. 1999.

POLETTE, M.; VIEIRA, P. F. **Avaliação do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.** Documento resultante do Programa de Pós-Doutorado em Ciência Política – UFSC. 2006. 356p.

POLICY SCIENCES--HANDBOOKS, MANUALS. **Public administration--Handbooks**. Fischer, Frank, 1942- II. Miller, Gerald. III. Sidney, Mara S., IV. Title. V. Series. 1964.

RAFFESTIN, Claude. **Por uma geografia do poder.** São Paulo: Ática, 1993.

SILVA, Sandro Pereira. Políticas públicas, agricultura familiar e desenvolvimento territorial. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v. 16, n. 58, 2011.

SILVA, Sandro. Pereira. A abordagem territorial no planejamento de políticas públicas e os desafios para uma nova relação entre estado e sociedade no Brasil. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, São Paulo, v. 17, n. 60, Jan/Jun. 2012

SORENSEN, J**.,** National and international efforts at integrated coastal management: definitions, achievements, and lessons. **Coastal Management** v.25 (3-4), p.3-41, 1997.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade: Uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbana.** 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 558p.

THOMPSON G, FRANCES J, LEVACIC R, MITCHELL J, editors. **Markets, hierarchies and networks: the coordination of social life.** London: Sage; 1991.

UNESCO. **A ciência que precisamos para o oceano que queremos: a Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030).** Paris, 2019.

UN. REGULAR PROCESS. **SECOND WORLD OCEAN ASSESSMENT: REVIEW BY STATES.** CHAPTER 31. IN PRESS**.** 2020.

VIEIRA, P. F. 2005 Do ecodesenvolvimento ao desenvolvimento territorial sustentável. Politica e Sociedade. Nº 14, p. 27-75. 2009

VITTE, C. C. S. O planejamento territorial e a dimensão espacial do desenvolvimento: algumas das experiências recentes no Brasil. **Revista Política e Planejamento Regional**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 1-18. 2015

Marcus Polette é oceanógrafo e geógrafo. Doutor em Ciências pela UFSCar. Pós-Doutorado em Ciências Políticas pela Universidade de Santa Catarina. Professor e pesquisador do Laboratório de Conservação e Gestão Costeira Integrada pela Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI. Professor visitante no curso de Manejo Costero Integrado da UDELAr – Uruguai, na Universidade de Bologna – Itália (*Water and Coastal Management*) e na ProfÁgua pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. E-mail: mpolette@univali.br CV: http://lattes.cnpq.br/0412902005436369

Capítulo 14

Conhecimento e acesso à informação sobre o papel do sistema praia-duna na proteção da costa

Juliana Silva Aleixo; Jacqueline Albino

Introdução

Em sua incumbência educativa e enquanto ciência, a Geografia tem por missão descrever o espaço e transmitir os conhecimentos geográficos necessários que possam contribuir para uma melhor e adequada relação homem-ambiente. A difusão do conhecimento geográfico à sociedade pode ser tomada como uma via de inclusão social em políticas públicas, uma vez que é capaz de esclarecer acerca dos fenômenos do ambiente físico, local de interação humana (De Medeiros et al., 2015). Neste capítulo, dentro do contexto da atuação da Geografia Marinha, será apresentado que o conhecimento dos usuários da praia sobre o papel da praia, muitas vezes associadas às dunas frontais, na proteção ao litoral sob condições das alterações oceanográficas, meteorológicas e climáticas, é carente de informações. As informações disponíveis em meios de comunicação, que permitiriam o conhecimento sobre a mobilidade da praia por parte dos cidadãos, são escassas. A elaboração de material geográfico informativo à sociedade, onde ferramentas de comunicação e *design* possam ser adotados no sentido de despertar a curiosidade e facilitar a compreensão dos cidadãos de diversas faixas etárias e nível de instrução, pode vir a ser uma das diversas atuações de geográfos marinhos.

▪ COMO CITAR:
ALEIXO, J. S.; ALBINO, J. Conhecimento e acesso à informação sobre o papel do sistema duna-praia na proteção da costa. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha**: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 341-357. ISBN 978-65-992571-0-0

O litoral é um dos ambientes naturais mais dinâmicos do planeta e nele habita 80% da população mundial (Borges et al., 2009). A beira-mar localizam-se a maior parte das metrópoles contemporâneas (Moraes, 2007). De acordo com o último Censo, a costa brasileira possui mais de 8.500 km de extensão e uma população de aproximadamente, 32 milhões de habitantes distribuídos em quase 400 municípios litorâneos (Nakano, 2006). A ocupação indevida, desordenada e sem planejamento da orla marítima traz sérios impactos ambientais e sociais muitas vezes não discernidos ou entendidos por parte daqueles que a ocupam. Muehe (2006) afirma que a urbanização em si não provoca a erosão. O problema é quando ela é feita dentro da faixa de resposta dinâmica da praia, em que a tendência é a retomada pelo mar da área construída.

A ocupação desse ambiente deve então considerar que a praia varia no espaço e no tempo. O alcance máximo do espraiamento das ondas, transversalmente ao perfil de praia, é intensificado por ocasião de tempestades e será mais alto com o aumento do nível do mar. A altura da praia ou a altura das dunas frontais atuarão sobre o amortecimento da energia das ondas e na proteção das edificações litorâneas (Sallenger Jr, 2000; Davidson-Arnott, 2005; Hesp e Walker, 2013). Desta forma, a praia desempenha o importante papel de proteção da costa contra a ação das ondas ao ajustar sua morfologia ao balanço sedimentar e energético do sistema litorâneo e tende a se ajustar às forçantes impostas a ela, o que gera grande variabilidade (Albino e Araújo, 2014).

Em termos do equilíbrio de sedimentos no sistema praia-duna, a praia representa a fonte de sedimento e as dunas frontais o destino (Davidson-Arnott, 2005; 2010). Em contrapartida, as dunas frontais constituem o estoque de sedimento das praias e atuam como uma forma de defesa natural protegendo a costa das ondas de tempestades e/ou durante episódios climáticos extremos e no caso de subida do nível do mar (Sallenger Jr, 2000; Albino et al, 2006; Keijsers et al., 2014; Keijsers et al.,2015, Hesp e Darke, 2016; Martelo e Nicolodi, 2018). Segundo Hesp e Thom (1990) e Hesp e Walker (2013) a erosão da linha de costa e a consequente retrogradação da costa, quando observadas, estão diretamente ligadas à migração de campos de dunas.

No Brasil, dentro do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, o “Projeto Orla” propõe limites a retroterra de afastamento da urbanização com a finalidade de determinar um possível limite de segurança à ocupação, além da linha da zona de dinâmica típica desse ambiente. Na proposta para que haja 50 m a 200 m de não urbanização a partir do término da praia, sentido continente, ou a partir do reverso das dunas frontais (Muehe, 2001), fica excluída de ocupação toda a faixa arenosa sentido mar de alta dinâmica costeira.

O papel da praia e das dunas na proteção contra processos erosivos é, muitas vezes, desconhecido ou pouco entendido pela população em geral, ou mesmo pelos frequentes usuários deste sistema. Assim como é pouco considerada, pelos cidadãos, a tendência de subida do nível do mar para as próximas décadas, que embora não seja percebida, é uma ameaça imediata cuja resposta natural da praia é retroceder continente adentro.

A disponibilidade de informação sobre os processos físicos do litoral, em um formato que o cidadão comum possa compreender, é escassa. Para que seja efetivamente parte no processo de tomada de decisões públicas de modo a incluir seus interesses, é necessário que a sociedade civil aproprie-se de conhecimentos técnico e políticos capazes de ampliar e qualificar sua capacidade como agente ativo e participativo da comunidade, e, assim, contribuir no processo de gerenciamento. Ao se analisar o conjunto de publicações do “Projeto Orla”, nota-se que textos explicativos dos processos costeiros, que definem e justificam a necessidade de que haja limites de afastamento para a ocupação da orla, utilizam uma linguagem técnico científica, o que os tornam incompreensíveis, em alguns aspectos, para o cidadão comum.

Na adaptação de textos técnicos em linguagem acessível, condizente com o vocabulário do cidadão comum e que se permita uma comunicação eficiente, ilustrações podem ser adotadas.

Segundo De Vasconcelos (2015), a ilustração tem a função de dizer diferentemente o que já está dito por meio das palavras, também acrescentando novos aspectos. Portanto, ao relacionar-se coerentemente com o texto verbal, o texto por imagens contribui significativamente para uma competente leitura da história e consequente apropriação de informação sobre a dinâmica do meio que ocupa.

Perfil transversal e dinâmica do sistema praia-duna

Na Figura 14.1 tem-se o perfil transversal de praia, associado a um campo de dunas frontais. No sentido da direita para a esquerda, verifica-se a divisão da praia em antepraia inferior, antepraia superior e praia. A antepraia inferior é considerada a zona de transição entre a praia e a plataforma continental interna, onde há a atuação das ondas no transporte de sedimento entre a praia emersa e submersa sob condições mais extremas de ondas (Niedoroda et al. 1985; Muehe, 2019). A antepraia superior, inicia-se desde a profundidade de fechamento de perfil, que representa a profundidade até onde há a eficiente troca de sedimento entre a praia emersa e submersa realizada pelas ondas significativas (Hs)[1] incidentes à praia. Esta porção estende-se até o início da praia propriamente dita, representada pela crista da berma, onde o espraiamento das ondas termina. A praia corresponde a porção da praia geralmente plana e seca, onde tem-se as bermas que são feições horizontais a sub-horizontais que formam o corpo propriamente dito da praia (ORLA, 2004).

Quanto aos processos hidrodinâmicos, a zona de arrebentação na antepraia superior é resultado da sua baixa profundidade e presença de feições como bancos que, uma vez atingidos, alteram o padrão de propagação das ondas, fazendo com que a onda aumente em altura e a velocidade de sua a crista em relação à velocidade da base, diminuída pela fricção com o fundo. Desta forma a onda arrebenta. Após o colapso, as ondas percorrem a zona de surfe, alcançando a face da praia e realizando o espraiamento máximo das ondas, onde geralmente depositam sedimentos e formam a crista da berma (Figura 14.1).

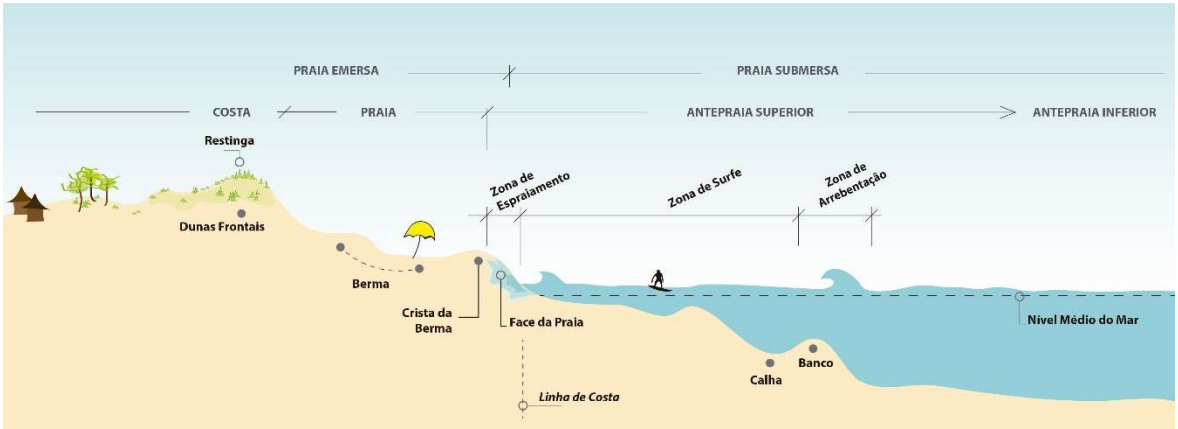


Figura 14.1. Perfil transversal da praia.

Fonte: adaptações de Niedoroda et al. (1985); Short, (1999); Muehe, (2019).

[1] Onda significativa (Hs) representa a média da terça parte das ondas mais altas em um período de tempo considerado.

Além da praia, inicia-se a costa, onde dunas frontais, que são deposições sedimentares construídas pelos ventos, frequentemente se formam, (Figura 14.1). Entre as variáveis que influem na formação das dunas frontais tem-se o suprimento de areia, orientação e geometria da costa, ângulo de incidência e pista do vento, direção das ondas. A areia da praia deve ser fina e seca para ser facilmente carregada e os ventos devem ter constância na direção e pista de baixa declividade para poder ganhar velocidade suficiente para transportar o grão (Hesp, 2000; Bauer et al., 2009). As dunas frontais se desenvolvem com mais frequência em praias dissipativas de baixo gradiente onde há ampla disponibilidade de sedimento fino e baixo gradiente para o desenvolvimento de pista para a ação dos ventos (Moulton et al., 2013).

Sobre as dunas frontais, é possível haver a fixação de um conjunto diversificado de comunidades vegetais, que é denominado restinga. Tal vegetação também é capaz de promover a deposição e a fixação da areia trazida pelo vento para a formação de dunas costeiras, mantendo assim sua forma (Costa, 1984). Segundo Bitton e Hesp (2013), a distribuição espacial da vegetação afeta o desenvolvimento e revela a estabilidade morfológica das dunas frontais, sendo a vegetação limitada a um número restrito de espécies, onde as gramíneas são adaptáveis a essas tensões ambientais. Ainda segundo Falkenberg (1999), a vegetação da restinga exerce papel fundamental na manutenção da drenagem natural e na preservação da sua fauna residente e migratória.

O esquema de perfil apresentado na Figura 14.1 está referenciado ao nível médio do mar, que é aqui definido como a posição da linha de costa. Contudo, a posição da linha de costa pode mudar através do tempo, dependendo do transporte de sedimento ao longo da costa e das mudanças do nível d'água (Boak e Turner, 2005) como resultado de alterações meteorológicas e climáticas. Ondas de tempestades, ventos e diferenças na pressão atmosférica são alguns parâmetros meteorológicos e oceanográficos que podem causar a sobrelevação do nível d'água junto à costa, denominado maré meteorológica (Figura 14.2). Com o aumento relativo do nível do mar o espraiamento máximo se torna mais alto, alcança a base das dunas e pode ser responsável pela erosão das dunas e das praias (Sallenger Jr, 2000). Se o momento de tempestade se somar a maré alta, o nível do mar aumenta ainda mais e o potencial de transposição das ondas sobre as dunas é maior (Donnelly, et al. 2006), (Figura 14.2).

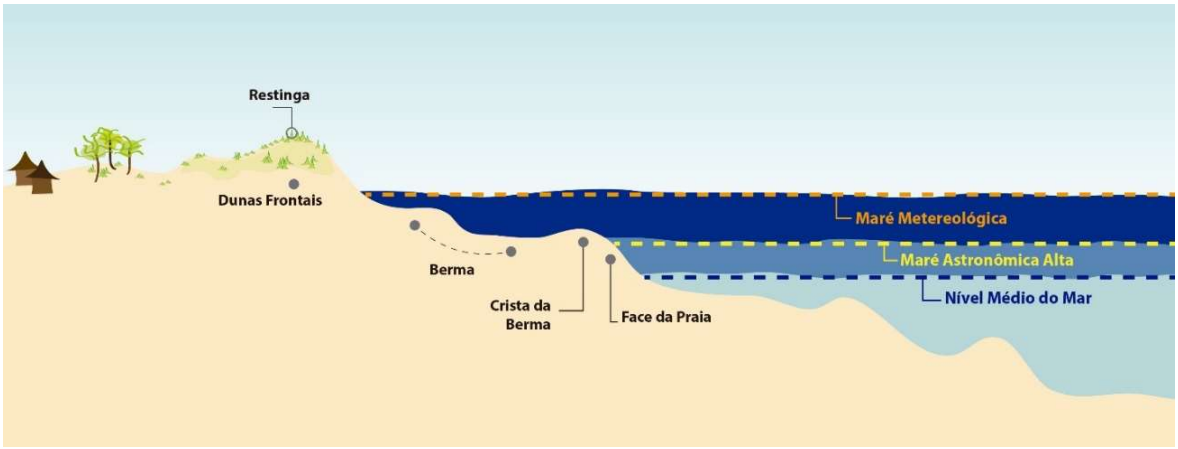


Figura 14.2. Sobrelevação do nível do mar por ocasião de maré alta e maré meteorológica. O espraiamento da onda alcança as dunas frontais.

Fonte: as autoras

Desta forma, os limites de proteção costeira são pensados em cenários de alterações meteorológicas e climáticas baseados em dados como a previsão de uma elevação do nível do mar. Quanto maior for o aumento do nível do mar, maior será o alcance das ondas e o recuo da

linha de costa, sendo a praia e as dunas os sistemas que podem conter este avanço (Sallenger Jr, 2000, Martelo e Nicolodi, 2018). Contudo, a mobilidade da praia e das dunas frontais, essas últimas principalmente, tem sido vistas como um incômodo aos interesses humanos (Darke et al., 2012), o que pode dificultar a percepção da necessidade de sua conservação.

O conhecimento dos cidadãos sobre a praia

Na busca para determinar qual é o conhecimento, ou a compreensão, da comunidade sobre o ambiente costeiro, adotou-se a metodologia de pesquisa de campo que abordasse usuários de praia por meio de entrevistas. De acordo com Gerhrke et al. (2011), para que se dê o estudo das inter-relações homem-meio ambiente, torna-se fundamental o conhecimento da percepção ambiental dos usuários de um sistema, uma vez que ela determinará o comportamento e a conduta dos indivíduos no ambiente em que vive.

Foram realizadas 356 entrevistas em três praias situadas na área metropolitana da Grande Vitoria, ES, com diferentes graus de urbanização e vocação turística. Situada a leste da cidade de Vitória, a Praia da Curva da Jurema é uma praia artificial que sofre com graves problemas de erosão (Dadalto e Albino, 2009). É uma praia refletiva de baixa energia (Albino et al., 2018). Atrai muitos turistas por conta de sua orla preparada para receber visitantes com restaurantes e quiosques que oferecem serviços na berma da praia. Na água é comum haver atividades com barcos a vela e *jet-ski*. Prédios e edificações encontram-se consideravelmente afastados da faixa de areia, já que há uma urbanização com jardins e estacionamento. A Praia da Costa localiza-se a 3 quilômetros do centro de Vila Velha e classificada como intermediaria (Albino et al, 2018), possui orla fortemente urbanizada com calçadão, ciclovia, estacionamento e prédios muito próximos à faixa de areia. É frequentada por turistas e residentes, famílias em recreação e praticantes de esportes amadores. Mais ao sul, também localizada no centro de Vila Velha, a Praia da Barra do Jucu apresenta um cordão litorâneo em uma de suas margens e um afloramento rochoso na outra. É conhecida por ser uma antiga vila de pescadores bastante frequentada por praticantes de esportes aquáticos, sendo o surfe o mais comum entre eles.

O foco da enquete centrou-se em cinco questões principais: 1) conferir se existe uma percepção do usuário de praia quanto ao papel de proteção costeira que esta exerce; 2) coletar a opinião que os usuários têm sobre a subida do nível do mar e a função que a praia exerce neste cenário; 3) saber a que atribuem a presença de erosão costeira - se a causas naturais ou antropogênicas; 4) verificar se percebem que a praia possui mobilidade morfológica, e 5) se reconhecem duna e restinga e se entendem estes ecossistemas como elementos a serem preservados para a proteção da costa. Na Figura 14.3, tem-se um exemplo de como o entrevistado demostraria sua percepção sobre a urbanização e a conservação das dunas.

Os resultados mostraram que as mudanças na forma da praia foram percebidas por 76% dos respondentes. Redução da faixa de areia e erosão da praia foram reconhecidas. Embora acreditem que o nível do mar vai subir, 68% dos entrevistados não acha que a praia pode proteger a orla nesse caso. Para a maioria, pensar em praia está ligado ao bem-estar e ao descanso. Ninguém pensou em praia como um ambiente capaz de proteger a costa (Figura 14.4).

A maioria das pessoas abordadas afirmou saber o que são duna frontal e restinga e que as reconheceria *in loco*. De fato, mais da metade reconheceu restinga com facilidade, porém, apenas 12% foi capaz de indicar dunas frontais, muitas vezes associadas (Figura 14.5). Alguns, ao afirmarem não reconhecerem dunas presentes, relataram que dunas “são coisas do deserto” ou que só se encontram em Itaúnas – referindo-se as praias do Município de Conceição da Barra no

norte espírito-santense, famosa nacionalmente pela presença de um extenso e alto campo de dunas de até 20 m de altura (Figura 14.6).

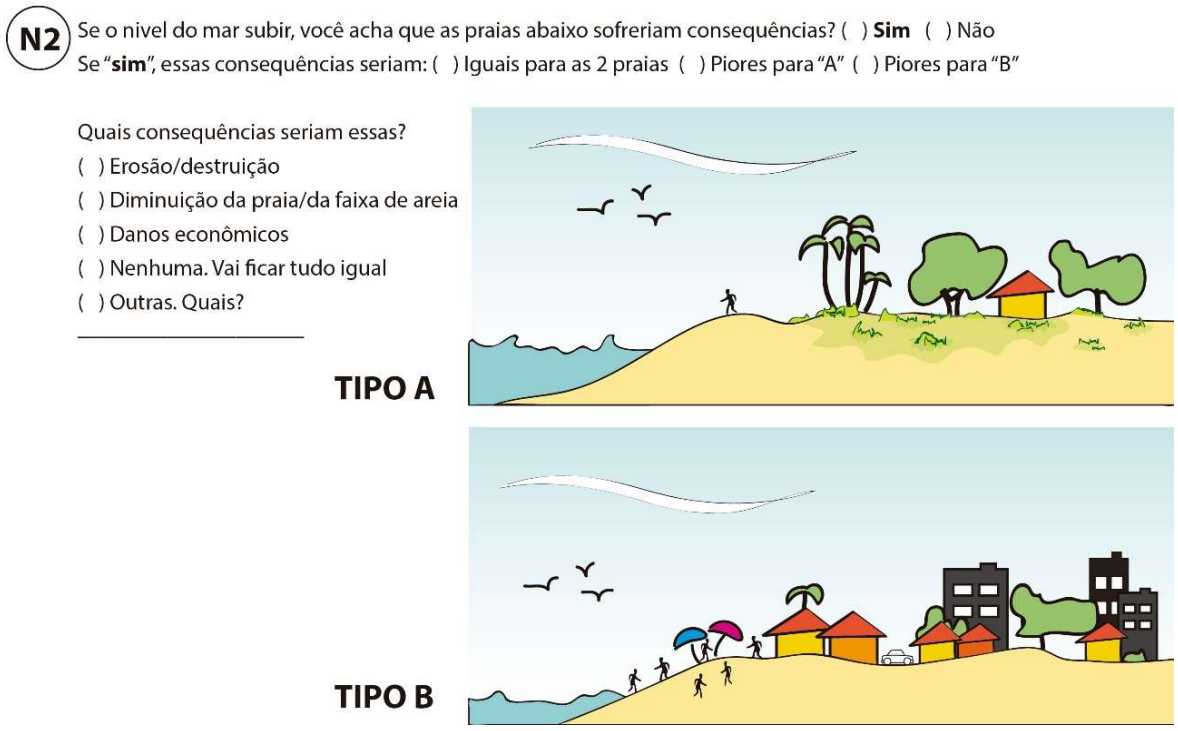


Figura 14.3. Questão sobre qual cenário, com ou sem dunas e vegetação, seriam mais impactadas no caso de uma subida do nível do mar.

Fonte: elaborada por Juliana Aleixo

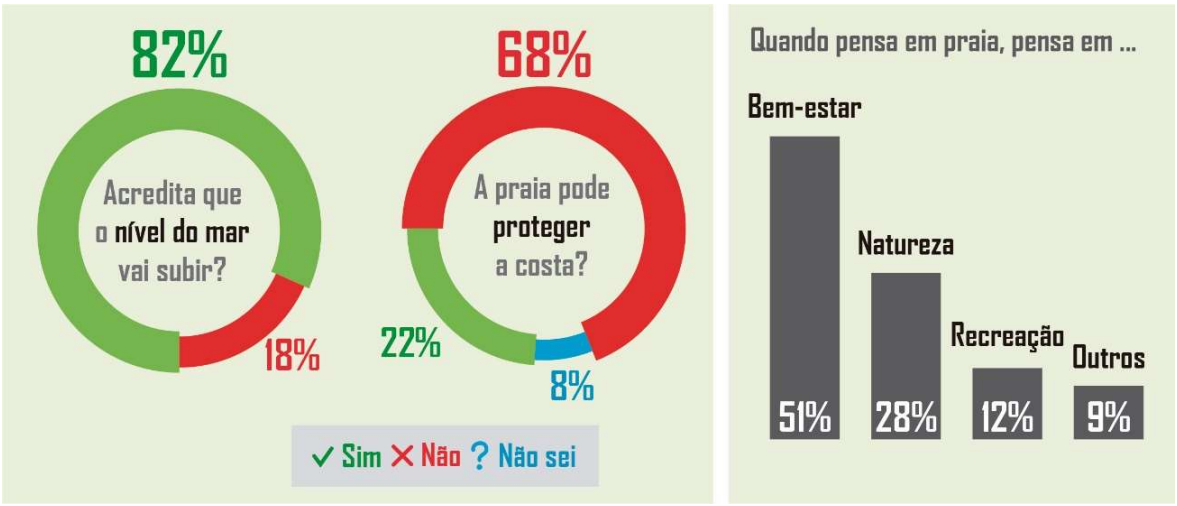


Figura 14.4. A praia é percebida como local de bem-estar e descanso e não lhe é creditada a função de protetora da costa em caso de subida do nível do mar.

Fonte: as autoras.

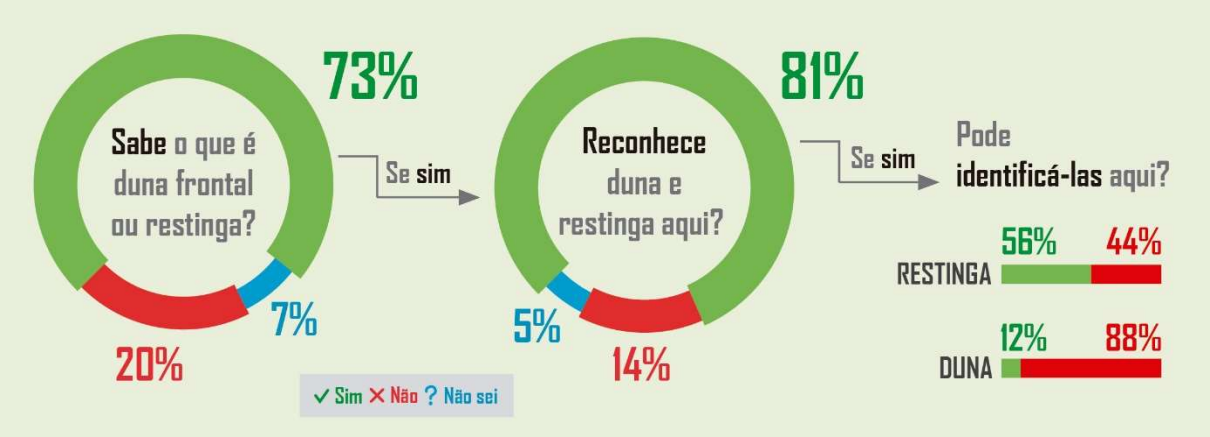


Figura 14.5. O reconhecimento de duna frontal e restinga na praia por parte dos entrevistados.
Fonte: as autoras.



Figura 14.6. Campo de dunas de Itaúnas, Conceição da Barra, ES.
Fonte: Foto de Jacqueline Albino.

Quanto ao processo erosivo, para mais de 70% dos entrevistados a erosão de praia é um processo natural que pode ser contido pela prefeitura e está associada a subida do nível do mar e a ocupação urbana. Com diferentes níveis de urbanização da orla das praias estudadas, nas praias mais urbanizadas e residenciais os entrevistados, em sua maioria, não aprovam a atual disposição da urbanização em relação a faixa de areia e opinaram que poderiam estar mais afastados. No caso da Praia da Costa, os prédios inclusive causam sombra na areia da praia no período da tarde. Já na Praia da Curva da Jurema, praia artificial com aterro com calçadões, estacionamentos e jardins, há uma distância considerável da praia até os prédios e edifícios e, apercebido disso, mais da metade do público entrevistado afirmou que “sim”, os prédios e a urbanização encontram-se bem dispostos onde estão e não atrapalham as atividades na praia (Figura 14.7).

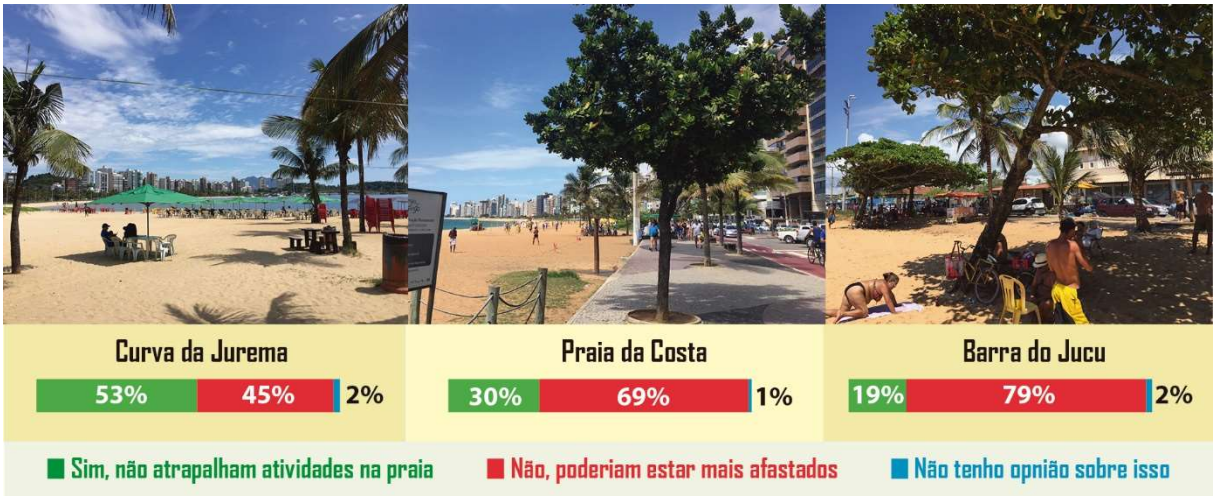


Figura 14.7. Estatísticas das opiniões dos entrevistados quando perguntados: "Você acha que os prédios e a urbanização da orla estão bem dispostos onde estão?".
Fonte: as autoras

Embora pareça haver uma consciência e uma percepção de que a ocupação urbana deve estar a uma certa distância em relação a faixa da praia, quando perguntados sobre o que gostam de ter à disposição na praia, 69% dos entrevistados considerou muito importante ou essencial que se tenha serviços, tal como chuveiro e calçadão. Este resultado pode indicar uma contradição entre o saber o que é o mais apropriado e o que é considerado essencial ter à disposição nesse mesmo ambiente (Figura 14.8). Se por um lado, a população parece apta a apoiar as edificações mais distantes da praia, o que provavelmente protegeria as dunas frontais, por outro lado, espera o conforto dos serviços mais próximos a praia. Esta situação pode ser contornada por um bom planejamento do uso das dunas, como proposto por Ribeiro (2010) com circulação sobre as dunas somente para pedestres e sobre instalações de estruturais móveis e perpendiculares a direção dos ventos dominantes.



Figura 14.8. Opinião dos entrevistados quanto a serviços na praia.
Fonte: as autoras

Os resultados das entrevistas demonstraram que os usuários de praia possuem algum nível de entendimento correto sobre o ambiente costeiro. Reconhecem sua dinâmica ao afirmarem que nem toda praia é igual e que muda de forma no decorrer de um ano; percebem que frentes frias e tempo ruim estão ficando cada vez mais frequentes nos últimos anos e que influenciam no tamanho das ondas. Porém, a evidência da dificuldade em indicarem duna frontal no ambiente e o desconhecimento de que a praia pode proteger a orla em caso de uma possível subida do nível

do mar revelam importantes lacunas de conhecimento quanto ao ambiente costeiro que carecem de instrução.

O conhecimento disponível

De acordo com a "Pesquisa Brasileira de Mídia 2016" (BRASIL, 2016) sobre os hábitos de informação dos brasileiros, a televisão é o meio de comunicação predominante pelo qual se informam as pessoas. Porém, a pesquisa também mostra um dado relevante ao afirmar que dois terços (2/3) dos brasileiros acessa a *internet* num tempo médio diário (incluindo dias de semana e fim de semana) que ultrapassa 4 horas e 30 minutos. A rede mundial de computadores se estabelece como segunda opção dos brasileiros na hora de se informarem, ultrapassando o rádio. Foram avaliados em quantidade e qualidade os conteúdos acessíveis através da *internet* sobre o papel da praia na proteção da costa, os processos costeiros e a erosão de praia. Segundo Agrela (2017), o *Google* é o *site* mais acessado no Brasil e no mundo, e foi a plataforma utilizada na pesquisa, a partir das seguintes expressões: erosao+costeira; erosao+praia; praia+proteção+costa; processos+costeiros; duna+frontal+praia (Figura 14.9). Quando se busca pelas expressões "duna + praia", *sites* e *blogs* perfazem 75% dos resultados, contudo, a maioria é voltada para hotéis e praias turísticas, e, desta forma não entraram no tratamento estatístico realizado.

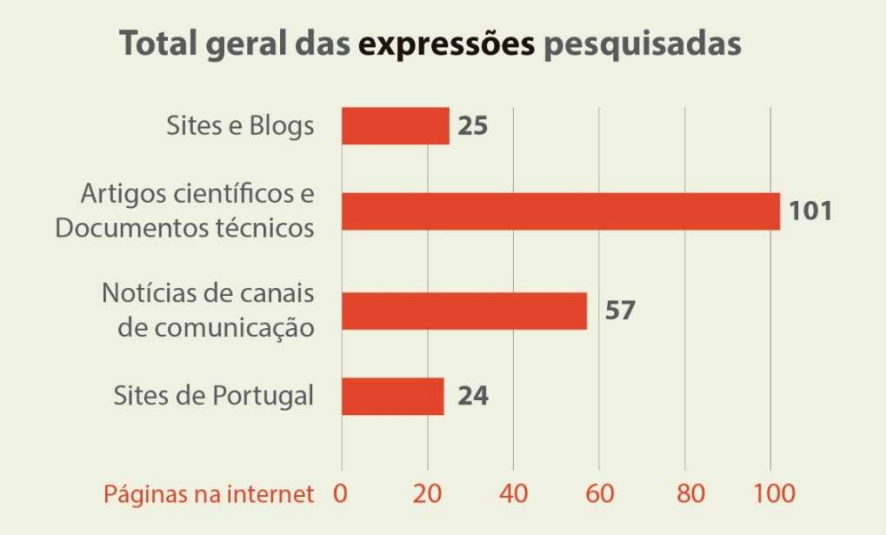


Figura 14.9. Total resultante da soma das ocorrências relevantes registradas nas pesquisas das expressões: erosao+costeira; erosao+praia; protecao+praia+costa; processos+costeiros e duna+frontal+praia. Analisando as 100 primeiras páginas resultantes de cada busca.

Fonte: as autoras

Na pesquisa nota-se a baixa ocorrência de *sites* e *blogs* em relação a artigos e notícias. Aproximadamente um terço (1/3) do resultado das pesquisas explica o fenômeno de erosão costeira, seus processos e a dinâmica praial. O restante nada explica ou o faz superficialmente. Quando se buscou a palavra "praia" dentro do sistema de pesquisa interna dos *blogs* e *sites*, houve, quase sempre, um redirecionamento para páginas associadas a turismo em praia. A demonstração dos fenômenos costeiros por meio de ilustrações ou infográficos se dá de forma visualmente pobre e precária, quando, raramente, aparecem. Geralmente, fotos que pouco

acrescentam na elucidação do assunto apresentam-se para dar suporte a textos descritivos. A combinação das palavras: “proteção+praia+costa” apresentou, em grande parte, anúncios de “rede de proteção” sendo alguns na Praia da Costa. Apareceram ainda artigos científicos, projetos ligados a proteção ambiental, notícias de jornal sobre atividade turística em praia e matérias relatando problemas de erosão, mas, nenhum dos resultados, a exceção dos artigos científicos, explica o papel da praia na proteção da costa.

Explicação sobre a dinâmica da área costeira quando feita, demonstra-se superficial, ou apenas reproduz frases isoladas e trechos recortados de falas de especialistas. Pouco se verificam informações contundentes que esclareçam sobre os processos costeiros, tampouco, que parte da erosão em que a população vive está associada à vulnerabilidade de uso. O nível de informação veiculada pela mídia não permite que se chegue a tal conclusão, o que demonstra ser insuficiente.

Como fonte de instrução inicial sobre o assunto e para a construção de um conhecimento básico, foram desconsiderados resultados de artigos científicos pela linguagem extremamente técnica que apresentam, tornando o entendimento (do leitor) sujeito a um conhecimento prévio e supostamente possuidor de elevado nível de interpretação, o que não se verifica no público que se pretende atingir, o cidadão comum sem bagagem anterior do assunto.

A falta de informação e conhecimento para distinguir se a ocorrência da erosão é uma tendência natural, se é um ciclo que tende a se normalizar com o tempo ou, se há fatores antrópicos que estão contribuindo para um processo erosivo dificulta a tomada de decisão quanto a medidas mitigadoras e de gerenciamento (Muehe, 2006).

***Blog* e cartilha**

A partir dos resultados de material disponível em *sites* sobre a praia, tornou-se evidente a necessidade de disponibilizar conhecimento cientifico, que é o único que de fato explica os processos costeiros, através de linguagem descritiva acessível, mas não empobrecida, associada à elaboração de ilustrações específicas que possibilitem ao público geral compreender o papel da praia e das dunas na proteção da costa e na erosão costeira. Desta forma, foram desenvolvidos um *blog* e uma cartilha com o objetivo de informar o público sobre o papel que a praia desempenha na proteção à costa, que por sua mobilidade e dinâmica pressupõem-se um limite de afastamento desse ambiente para que se estabeleça uma urbanização adequada minimizando problemas de vulnerabilidade de uso. Informa sobre a importância de preservação de dunas frontais e restinga; a compreensão sobre os processos que atuam na costa (ondas, marés, tempestades); o entendimento de que esse ambiente vive numa dinâmica de erosão e progradação constantes e a questão dos impactos da subida do nível do mar.

O desafio de transformar o conhecimento científico em linguagem acessível ao leitor leigo reside em utilizar códigos que garantam a entrega e a disseminação eficiente da informação por meio de técnicas de representação visual e texto inteligível a uma audiência não familiarizada com os jargões científicos. Segundo Bueno (2010), informações científicas e tecnológicas para o público obrigatoriamente requerem decodificação ou recodificação do discurso especializado, com a utilização de recursos (metáforas, ilustrações ou infográficos, etc).

Em relação a diagramação e a formatação do material, Oliveira et al. (2017) conceituam *Design* da Informação como o campo de estudo voltado para a “*otimização do processo de transmissão e aquisição da informação*” de modo que seja útil ao receptor. No campo da educação, o *Design* da Informação tem nos infográficos uma ferramenta que possibilita visualização e organização de dados complexos diversos que podem ser exibidos de forma clara e rápida. Pela combinação das linguagens verbal e iconográfica, os infográficos possibilitam que a informação seja consumida de

forma sintética e eficaz. Na fundamentação conceitual foram utilizados livros sobre o assunto, com a preocupação e o cuidado de sempre fornecer, conjuntamente, uma "tradução" em linguagem inteligível ao leigo. Os assuntos abordados nas entrevistas conduzidas na pesquisa de campo também alimentam os temas tratados na cartilha, podendo, assim, retornar à comunidade as respostas das várias indagações que lhes foram lançadas. O resumo do projeto gráfico da cartilha é apresentado na figura 14.10.

O *blog* tem, basicamente, o mesmo conteúdo (textos e ilustrações) da cartilha, porém a diagramação das informações estará adaptada a essa mídia, assim como a linguagem mais simples e popular nos títulos e um desenvolvimento do assunto que construa, durante a leitura, um vocabulário mais técnico e uma abordagem mais aprofundada do tema. Ao invés de "tipologia ou morfodinâmica praial" como título, adotou-se "formas e tipos de praia", por exemplo.

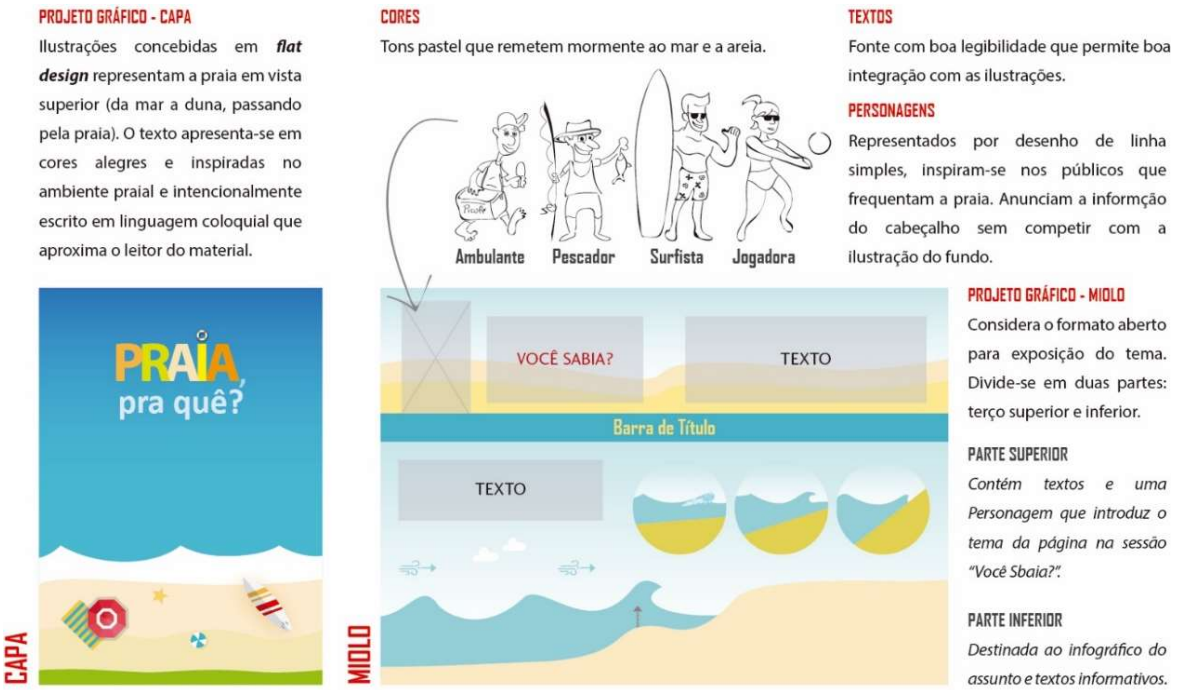


Figura 14.10 Resumo do projeto gráfico da Cartilha. O *Blog* seguiu todos os preceitos, bem como utilizou as mesmas ilustrações.

Fonte: elaborada por Juliana Aleixo

O nome "Praia, pra quê" adotado no material elaborado foi inspirado na pergunta cerne da investigação de campo dirigida a usuários de praia: "Quando pensa em praia, você pensa em quê, o que vem a sua cabeça?". Para mais de 50% a praia é um local de bem-estar e descanso. Esta descoberta evidenciou a necessidade de se divulgar que a praia tem a importante função de proteger a costa quanto a ação erosiva do mar. Intencionalmente, na busca por aproximar as pessoas deste material de educação ambiental, o título foi escrito em linguagem coloquial.

A partir de uma releitura de desenhos existentes em *site*s e *blogs* relacionados a assuntos costeiros, que geralmente não tinham cores e possuíam baixo apelo visual, as ilustrações foram criadas exclusivamente para esse material com a preocupação de oferecer-lhe uma identidade visual única. Acrescentando e editando elementos textuais e visuais, chegou-se a um resultado final, acredita-se, melhor que o original em que se baseou, (Figura 14.11). Os personagens típicos do ambiente de praia, que foram inclusive entrevistados, como o surfista, o vendedor de picolé, a

desportista, o pescador, aparecem para a série de informações dadas pela provocação de “você sabia...?”. São curiosidades que estarão no cabeçalho do miolo da cartilha.

A utilização de cartilhas como forma de promover a educação ambiental é eficaz, pois, é capaz de reproduzir aspectos, muitas vezes, complexos da realidade de forma lúdica, mesclando texto, imagens e ilustrações possibilitando a compreensão do leitor. Desta forma, ela ser usada na formação do conhecimento do ambiente costeiro por parte de estudantes de qualquer idade, desde que alfabetizados, o que permitiria a conscientização da dinâmica do ambiente costeiro deste o ensino fundamental.

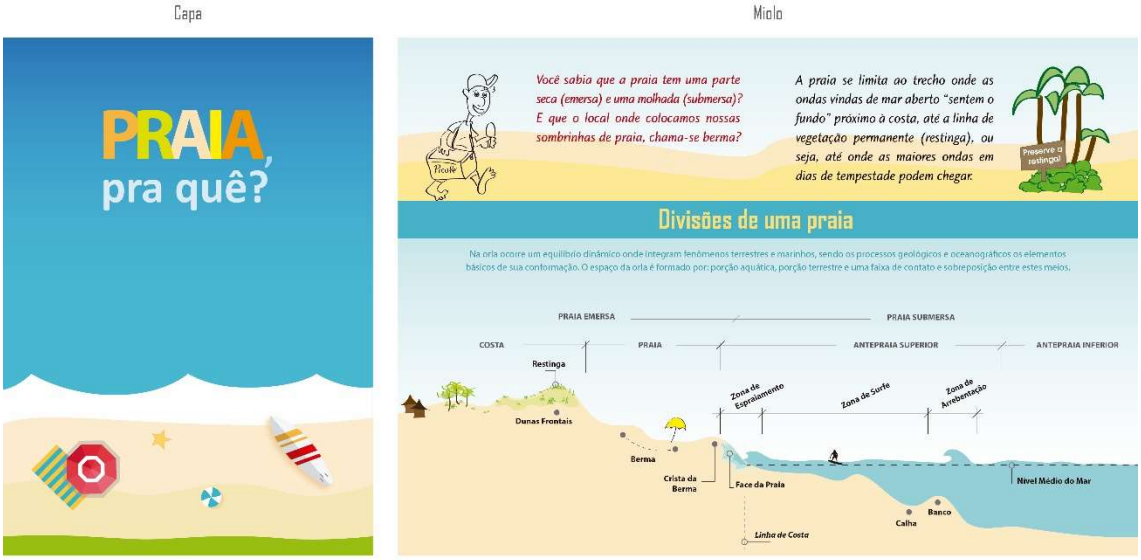


Figura 14.11. Projeto gráfico da cartilha.
Fonte: elaborada por Juliana Aleixo

O recurso de estruturação não linear de hipertexto é explorado para que a navegabilidade no blog seja agradável e convidativa para o usuário aprofundar-se cada vez mais no assunto. Através de *hiperlinks* são colocados à disposição dos internautas interessados em saber mais sobre os assuntos, conexões que os leve a acessar conteúdo relevante exteriores ao *blog* (Figura 14.11). *Links* poderão ser de material acadêmico (artigos, monografias, dissertações e teses) ou de outras páginas que possam fornecer conteúdo análogo, como as publicações do Projeto Orla locadas na página do Ministério do Meio Ambiente, por exemplo. O *blog* está disponível na *web* no endereço: https://julsaleixo.wixsite.com/praiapraque. A cartilha encontra-se disponível no *blog* para *download* em PDF e poderá ser utilizada para fins educacionais, instrucionais ou de pesquisa.



Figura 14.12. Hiperlinks de navegação do blog (https://julsaleixo.wixsite.com/praiapraque).
Fonte: elaborada por Juliana Aleixo

Considerações finais

Muitos estudos acadêmicos elencam como responsabilidade da erosão o uso indevido das dunas frontais, feições naturais de amortização dos efeitos erosivos e inundacionais decorrentes das forçantes oceanográficas. Contudo, o que foi evidenciado nesta pesquisa foi a carência de percepção da comunidade que frequenta a praia sobre o tema, o desconhecimento do reconhecimento de dunas frontais e consequentemente, do papel da praia e dunas no papel de proteção da costa contra uma provável alteração climática ou mesmo as frequentes subidas relativas do nível do mar.

A informação sobre o tema disponível para a comunidade pode alterar este panorama, e ainda pode incentivar à sociedade civil a contribuir em projetos de gestão e na tomada de decisões sobre o uso do ambiente em que esta sociedade reside, trabalha e/ou tem seu lazer. Contudo, o material disponível sobre o tema erosão costeira, dunas frontais e proteção costeira, em linguagem acessível de compreensão da comunidade não acadêmica são ainda pouco disponíveis e podem ser incentivados pela comunidade geográfica.

Considerando a era digital que vivemos, a mídia *web*, recursos e ferramentas de interatividade representam uma maneira acessível de disponibilização das informações, atraindo ainda mais o interesse do público em geral e ajudando-lhe a compreender temas complexos.

Cartilhas e o *blog* são produtos que se propõem a ocupar tais lacunas de informação básica sobre processos costeiros, principalmente daqueles disponibilizados na *internet*. Reúnem informações que instruem de forma simples e direta assuntos relativos à zona costeira.

Desta forma, o material de divulgação aqui realizado pretende disponibilizar à sociedade civil, uma fonte de instrução inicial sobre a dinâmica costeira. Seu conteúdo possibilita que o leigo no assunto possa adquirir conhecimentos básicos que permitam opinar sobre ações pretendidas para essa área, entender que o uso e a ocupação indevidos podem causar danos e perdas material aos

seus habitantes e que a praia pode proteger a costa numa possível subida do nível do mar. O conhecimento torna o cidadão um ator positivo na gestão do ambiente costeiro.

Recomenda-se, por fim, a fomentação na produção de infográficos cada vez mais completos e autossuficientes e que abordem assuntos ainda mais complexos para servirem como recurso na divulgação científica, dando oportunidade ao cidadão comum de acessar temas importantes e relevantes à sua vida que, muitas vezes, circulam apenas nas produções feitas nas academias.

Referências bibliográficas

AGRELA, L. Os 50 sites mais acessados do Brasil e do mundo. Confira quais são os sites mais acessados da web, de acordo com a Amazon access. **REVISTA EXAME.** Publicado em: 20 jun. 2017. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/tecnologia/os-50-sites-mais-acessados-do-brasil-e-do-mundo/>. Acesso em: 18 jul. 2018.

ALBINO, J. PASOLINI, A. MOURA, M. G. SARDENBERG, E. R., COELHO, B. A. 2006**. Erosão e estado morfodinâmico da praia central de Marataízes, sul do Espírito Santo. Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas. Goiânia, v.1, p.1-11, 2006.

ALBINO, J., COELHO, A. L. N., GIRARDI, G., NASCIMENTO, K. A. Panorama da Erosão Costeira no Brasil- Capítulo: Espírito Santo. In: DIETER MUEHE (Org.) **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2018.

ALBINO, J. ARAÚJO, T.C. Papel da praia na proteção da costa**:** respostas morfodinâmicas em diferentes escalas espaciais (Editorial). **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 2. 2014. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/abequa/article/view/39816/0>. Acesso em: 21 ago. 2016.

BAUER, B.O., DAVIDSON-ARNOTT, R.G.D., HESP, P.A., NAMIKAS, S.L., OLLERHEAD, J., WALKER, I.J. Aeolian sediment transport on a beach: Surface moisture, wind fetch, and mean transport. **Geomorphology**, v.105, n.1–2, p.106–116, 2009.

BITTON, M.C.A., HESP, P.A. Vegetation dynamics on eroding to accreting beach-foredune systems, Florida panhandle. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.38, p.1472–1480, 2013.

BOAK, E.H.; TURNER, I.L. Shoreline Definition and Detection: A Review. **Journal of Coastal Research**, v.21, n.4, p.688–703, 2005.

BORGES, P., LAMEIRAS, G., CALADO, H. A erosão costeira como factor condicionante da sustentabilidade**.** In: **15º Congresso da Associação Portuguesa de Desenvolvimento Regional**, Ponta Delgada, p. 66-75, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Helena_Calado/publication/236121991_A_eroso_costeira_como_fator_condicionante_da_sustentabilidade/links/55ed683408aeb6516268da18.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2016.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria Especial de Comunicação Social. **Pesquisa brasileira de mídia 2016**: hábitos de consumo de mídia pela população brasileira. – Brasília: Secom, 2016. Disponível em: <http://pesquisademidia.gov.br/files/E-Book_PBM_2016.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2018.

BUENO, W. da C. **Comunicação científica e divulgação científica**: aproximações e rupturas conceituais. **Informação e Informação**, v. 15, n. Esp., p. 01-1001, 2010. Disponível em:

<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/viewFile/6585/6761>. Acesso em: 25 jul. 2018.

COSTA, C. S. B., SEELIGER, U., CORDAZZO, C.V. Aspectos da ecologia populacional do Panicum racemosum (Spreng) nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Restingas: origem, estrutura e processos**. Niterói, CEUFF, p. 395-411, 1984. Disponível em: <https://www.academia.edu/attachments/31896738/download_file?st=MTU1ODUzNTE2OCwxNzcuMTA0LjIyNC4xLDE4OTc4MjE5es=swp-toolbar>. Acesso em: 18 ago. 2018.

DADALTO, T.P; ALBINO, J. Análise morfotextural e aplicação de modelos de transporte de sedimentos na zona submersa adjacente a uma praia artificial em processo erosivo. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.1, p.16-24, 2009

DARKE, I. A., EAMER, J. B. R., BEAUGRAND, H. E. R., WALKER, I. J. Monitoring considerations for a dynamic dune restoration project: Pacific Rim National Park Reserve, British Columbia, Canada. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.38, p.983-933, 2012.

DAVIDSON-ARNOTT, R.G.D. **Introduction to coastal processes and geomorphology**. Cambridge University Press, 2010.

DAVIDSON-ARNOTT, R.G.D. Conceptual model of the effects on sea level on sand coasts. **Journal of Coastal Research,** v.21, n.6, p.1166-1172, 2005.

DE MEDEIROS, J.B., DA SILVA FILHO, J.P., FERREIRA, B. POPULARIZAÇÃO DO CONHECIMENTO GEOGRÁFICO: DESAFIOS E AVANÇOS ATUAIS. In: **II Congresso Nacional de Educação**. 2015. (Congresso). Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV045_MD4_SA13_ID3794_09092015130214.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.

DE VASCONCELOS, F.C. **Articulações entre texto escrito e ilustrações na literatura infantil**: **repercussões sobre a efetivação da leitura**. Campina Grande: Realize Eventos e Editora, [201-]. Disponível em: <http://editorarealize.com.br/revistas/enlije/trabalhos/Modalidade_1datahora_30_04_2014_12_10_36_idinscrito_107_996d3777408441155a24c3be0b24701e.pdf>. Acesso em: 11 maio, 2019.

DONNELLY, C., KRAUS, N., LARSON, M. State of knowledge on measurement and modeling of coastal overwash. **Journal of Coastal Research**, v.22, n.4, p.965–991, 2006.

FALKENBERG, D.B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. INSULA **Revista de Botânica**, v. 28, p. 01, 1999. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/insula/article/download/21771/19743>. Acesso em: 18 ago. 2018.

GEHRKE, A.E.B., RUGE, D., FEDRIZZI, B. Percepção ambiental dos frequentadores da orla do lago Guaíba na cidade de Porto Alegre-RS. **Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, Vitória, v. 6, 2011. Disponível em: <http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2011/2011_artigo_122.pdf> Acesso em: 28 ago. 2016.

GOOGLE por dentro da pesquisa. **Todas as dicas e truques**. Disponível em: < https://www.google.com/intl/pt-br/insidesearch/tipstricks/all.html>. Acesso em: 16 jul. 2018.

HESP, P. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. **Geomorphology**, v.48, n.1-3, p.245-268, 2002.

HESP, P.A., THOM, B.G., 1990. Geomorphology and evolution of active transgressive dune fields. In: Nordstrom, K.F., Psuty, N.P., Carter, R.W.G. (Eds.), **Coastal Dunes: Form and Process**. John Wiley and Sons, Chichester, pp. 253– 288.

HESP, P.A.; WALKER, I.J**.** Aeolian environments**:** coastal dunes. In: Lancaster, N.; Sherman, D.J., and Baas, A.C.W. (eds.), **Aeolian Geomorphology**, 11. In: Shroder, J. (ed. in chief). Treatise on Geomorphology. San Diego, CA: Academic Press: p.109-133, 2013.

HOUSER, C., WERNETTE, P. and WEYMER, B. A. (2018). Scale-dependent behavior of the foredune: Implications for barrier island response to storms and sea-level rise. **Geomorphology**, v.303, p.362-374.

KEIJSERS, J.G.S., GIARDI A., POORTINGA, A., MULDER, J.P.M., RIKSEN, M.J.P.M., SANTINELLI, G. Adaptation strategies to maintain dunes as flexible coastal flood defense in the Netherlands. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.20, p.913–928, 2015.

KEIJSERS, J.G.S., POORTINGA, A., RIKSEN, M.J.P.M., MAROULIS, J. Spatio Temporal Variability in Accretion and Erosion of Coastal Foredunes in the Netherlands**:** Regional Climate and Local Topography. **Plos One**, v.9, n. 3, 2014.

MARTELO, A.F.; NICOLODI, J.L The Foredunes and Their Function of Protection due Coastal Floods: Validation of Two Erosive Models as a Tool for the Coastal Management Applied at the Beach of Mar Grosso, RS. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 44., p. 223-241 Edição especial: X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro, 2018.

MORAES, A.C.R. Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. **Annablume**, 2007.

MOULTON, M., OLIVEIRA, S.F., BAPTISTA, R.T., FERNANDEZ, B.G. Foredunes of Rio de Janeiro coast: Genesis, structure and morphology. **Journal of Coastal Research**, v.65, p.1319-1324, 2013.

MUEHE, D. Pós-praia não deve ser traduzido como backshore – uma revisão da terminologia brasileira do sistema praia. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.10, n.1, p.40-43, 2019

MUEHE, D. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 35-44, 2001.

MUEHE, D. **Erosão e progradação do litoral brasileiro** (Apresentação). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.7, 2006. Disponível em: <http://mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_publicacao/78_publicacao12122008084856.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2016.

NAKANO, K. **Projeto Orla: implementação em territórios com urbanização consolidada.** Coordenação de Kazuo Nakano. São Paulo: Instituto Polis, p. 5, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/publicacoes/gestao-territorial/category/81-gestao-costeira-g-projeto-orla?download=181:projeto-orla-implementacao-em-territorios-com-urbanizacao-consolidada>. Acesso em: 15 ago. 2016.

NIEDORODA A.W., SWIFT, D.J.P., HOPKINS T.S. **The Shoreface**. In: Davis R.A. (eds) Coastal Sedimentary Environments. Springer, New York, NY, 1985.

OLIVEIRA, I.S.C.S., DE SOUZA, A.P.C., COUTINHO, S.G., e MIRANDA, E.R. Explorando conceitos-pesquisa bibliográfica e elaboração de infográfico sobre definições do campo de *Design* da Informação. **Revista Brasileira de *Design* da Informação**, v. 14, n. 3, p. 285-308, 2017.

ORLA, Projeto. **Subsídios para um projeto de gestão.** Brasília: MMA e MPOG, 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/11_04122008110506.pdf>. Acesso em: 15 ago.2016.

RIBEIRO, J.L. **Riscos Costeiros – Estratégias de prevenção, mitigação e proteção, no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território**. Lisboa: ANPC, 2010.

SALLENGER JR, A. H. Storm Impact Scale for Barrier Islands. **Journal of Coastal Research**, v.16, n.3, p. 890-895, 2000.

SHORT, A. D. **Handbook of Beach and Nearshore Morphodynamics**. Sydney: John Wiley e Sons. 1999.

Juliana Aleixo é *design*er gráfica e mestre em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Professora nos cursos de *Design* de Produto, *Design* de Moda, Engenharias e Arquitetura na Universidade Vila Velha. E-mail: julsaleixo@yahoo.com.br. CV. http://lattes.cnpq.br/5140140181284102.

Jacqueline Albino é geógrafa, tem mestrado em Geografia, doutorado em Geologia e pós-doutorado em Engenharia Marítima. É professora titular do Departamento de Oceanografia da UFES, e na mesma universidade é professora permanente dos programas de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental e de Pós-Graduação em Geografia. E-mail: albino.jacqueline@gmail.com CV. http://lattes.cnpq.br/1609264897582182.

Capítulo 15

Regulação de espaços marítimos

Gisela A. Pires do Rio

Introdução

Foi observando o mar desde um ponto fixo na praia de Ipanema que comecei a esboçar este trabalho, atendendo ao convite do professor Dieter Muehe. A minha perspectiva enquadrava uma paisagem que ia da ponta do Arpoador, Farol da Ilha Rasa, até o Arquipélago das Cagarras, e um pouco mais à direita as Ilhas Tijucas. Compunham a paisagem: navios em deslocamento em direção ao porto, barcos de pesca, um veleiro, dois helicópteros, próximo à praia surfistas. Lembrei-me que, em 2010, o Arquipélago das Cagarras recebeu o título de Monumento Natural. Um monomotor voava baixo, paralelamente à linha de praia. Neste dia, nenhuma plataforma aguardava para atracar em um dos estaleiros situados às margens da Baía. Desviando o olhar em direção à praia, refiz intuitivamente o trajeto do emissário submarino que lança ao mar o esgoto de parte dos bairros da zona sul do Rio de Janeiro. Na areia, vendedores ambulantes no vai e vem, pessoas em momento de lazer, barracas, estacas para redes de vôlei...

Em alguns minutos, de despretensiosa contemplação, passei à sistemática leitura do meu campo de visão: identificação de objetos visíveis - navios porta-conteineres, barcos de pesca e veleiro-, jogo de volumes entre esses objetos, associação entre objetos, atividades econômicas e lazer, disposição dos objetos segundo faixas de deslocamento; foco nos Arquipélagos, forma de relevo mais relevante naquele espelho d'água, e ponto de referência para demarcar o território da pesca comercial em pequena escala, bem como para rotas de navios de grande porte que aguardavam autorização para atracar nos terminais de contêineres no porto do Rio de Janeiro. Pronto. Em pleno domingo de sol, mar calmo, temperatura da água agradabilíssima, no início de um clemente mês de dezembro, o trabalho invadiu minha praia; acometeu-me certa irritação...

▪ COMO CITAR:
PIRES DO RIO, G.A. Regulação de espaços marítimos: fronteiras, recursos e preservação. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 358-381. ISBN 978-65-992571-0-0

Este “momento invasão” marcou uma mudança no que diz respeito à pesquisa exploratória. Entrei no terreno da observação dirigida, prática empírica, para traçar o esboço de um objeto de estudo. A originalidade da paisagem observada suscitou um amplo leque de indagações sobre o visível e o suposto, o processo de extração e aproveitamento de recursos marinhos, as interações terra-mar, a vinculação entre atividades realizadas no mar e os pontos de apoio em ilhas e no litoral, as redes de cabos e dutos que viabilizam e conectam inúmeras atividades em terra e no mar, as medidas de proteção e as unidades de conservação, a implantação de sistemas de vigilância nos mais distintos domínios, a relação entre os espaços marítimo, aéreo, terrestre e o exercício de controle, domínio, e soberania, a natureza dos conflitos, as conexões entre pontos situados na margem desses espaços, as tensões e disputas nessas águas, como articular escalas e operar saltos escalares, etc.

Todas essas indagações remetem a processos e práticas de pesquisa com interseções em diferentes escalas e campos de conhecimento. Impõem igualmente linguagem adequada aos objetivos propostos para este trabalho que pretende refletir sobre mares e oceanos como questão geográfica. Esta proposta implica, por um lado, sublinhar a relevância desses espaços na ampliação do ecúmeno, e, por outro, considerar tais espaços como “fronteiras de regulação” (Pires do Rio, 2018; 2019), tendo em vista a abertura de novas áreas para exploração de recursos naturais, notadamente recursos minerais (e energéticos, neles incluídos), e pesqueiros, pelas demandas de preservação de áreas e de espécies da fauna e da flora, gestão de riscos em áreas litorâneas e marinhas, etc. Sem a intenção de esgotar aquelas indagações, este capítulo explora os desafios da regulação dos espaços marítimos em três aspectos: delimitação de superfícies, exploração de recursos naturais e proteção ambiental, em escala regional.

Um sistema de relações

Foge aos objetivos deste trabalho a realização de levantamento histórico exaustivo sobre a produção científica a respeito da temática mares e oceanos. Cabe, no entanto, a pergunta: Quais seriam os marcos para o desenvolvimento de um conhecimento geográfico sobre os espaços marítimos? É importante lembrar, mesmo de modo breve, que esses espaços integram há muito o conjunto de temas abordados pelos diferentes campos de conhecimento, e em particular pela Geografia. Uma referência constante que se tornou marco fundamental no levantamento de informações sobre os espaços marinhos, foi a expedição conduzida pelo naturalista Charles Thomson entre 1872 e 1876. Essa expedição, associação entre exploração e conhecimento científico geográfico (Driver, 1998), como tantas outras ao longo do período colonial, foi responsável por informações mais precisas sobre variação da profundidade média dos oceanos, diferenças de temperatura das águas superficiais e profundas, e pela implantação dos primeiros cabos telegráficos no Mediterrâneo[2], bem como estabeleceu os princípios de um novo campo de conhecimento que foi a Oceanografia.

O interesse por parte de geógrafos sobre os espaços marítimos esteve presente, ainda que de modo disperso e pouco sistematizado, também em meados do século 19, nos trabalhos de Élisée Reclus (1830-1905) sobre o papel geográfico de regiões oceânicas na diferenciação de espaços terrestres; de Vidal de La Blache (1845-1918) a respeito da relação entre correntes marítimas e cobertura vegetal, principalmente na Inglaterra e na Alemanha; de Camille Valux (1870-1945) acerca das características gerais de mares e oceanos; de Fernand Braudel (1902-1985) a respeito da superação das interpretações sobre o mar como obstáculo, por aquela de conjunto de rotas e cidades formando um espaço interligado, de circulação; ou a contribuição de Jean Gottmann

[2] Antecede essa expedição o acúmulo de conhecimento produzido por navegadores, sobretudo a partir do século XVI.

(1915-1994) para quem os espaços marítimos constituíam um meio geográfico por excelência, isto é, um sistema de relações que se inscreve no espaço diferenciado e organizado, acessível aos indivíduos de distintas sociedades. Assim, o problema de natureza política residiria, por um lado, na tensão entre as subdivisões impostas ao espaço marinho e às demandas de livre circulação, e, por outro, nas relações comerciais viabilizadas pela presença de portos e sua hinterlândia, sublinhando, portanto, as relações terra-mar.

No campo da Geopolítica, o dado recente que torna o espaço marítimo central, aponta para o surgimento de novas zonas e frentes de investimento que requerem traçados específicos, delimitações, normas, acordos, e institucionalidades particulares que não estão estritamente vinculados ao exercício de soberania de um único Estado. Há outras escalas de análise, tais como redes, regiões, zonas, arquipélagos, etc, nas quais as "rivalidades, relações de poder e influência" (Lacoste, 1988) se manifestam. O aumento do volume de navegação transoceânica a partir de meados da década de 1970 propiciou igualmente o avanço de certo tipo de pirataria e terrorismo no mar (Giblan, 2016). Este aumento no volume de fluxos e a ampliação da escala de circulação por via marítima também requalificou lugares onde havia portos, ilhas, estreitos e estuários, isto é, conferiu importância estratégica e geoeconômica a esses locais.

No tocante à produção acadêmico-científica na Geografia brasileira, Muehe (2016[3]), por exemplo, mapeou a evolução de temas abordados pela Geografia Marinha desde o século 20 e a consolidação deste campo no Brasil, pincipalmente no que diz respeito à incorporação de questões relativas às interações entre espaço costeiro e marinho. O acompanhamento da produção de autores contemporâneos mostrou a diversidade de questões e problemas que podem ser enriquecidos por aportes específicos do conhecimento geográfico nos estudos costeiros, na abordagem social do litoral (Lins e Barros e Muehe, 2009; Muehe et al., 2011; Bulhões, 2011), entre muitos outros.

Nos dias atuais, o estudo dos espaços marítimos abre perspectivas para reflexão sobre "*espaço, tempo, movimento e conexões, permitindo pensá-los com e sobre regiões*" (Peters, 2018, p.507). Ou seja, mares e oceanos voltaram ao centro de disputas acirradas e a pressionar por novas formas de regulação que não se limitam à esfera infranacional e à exclusividade da regulação econômica setorial. Espaços de interação, apoiados em redes marítimas regionais (Meyer, 2013) e de alcance global, por meio de fluxos econômicos que convergem para complexos portuários e logísticos multifuncionais (Woessner, 2014), atendem, por um lado, às demandas de fluidez impostas pela globalização e a consequente reestruturação de hinterlândias portuárias (Monié, 2015), e, por outro, desafiam os dispositivos internacionais e nacionais de regulação, de proteção e de segurança.

Os exemplos são numerosos. Dentre eles, sublinha-se, de modo bastante simplificado, o Báltico, espaço às margens do ecúmeno, que desempenha papel importante na conexão com o Ártico e o Atlântico Norte. A reduzida profundidade média, o número elevado de ilhas e de arquipélagos impõem um sistema de tráfego hierarquizado de navios, barcos e *ferries* que conecta cidades e portos entre Dinamarca, Noruega, Rússia, Estônia, Letônia e Lituânia. Acrescenta-se, além disso, a presença de complexos portuários que permitem ligações ferroviárias transcontinentais a partir do porto de Riga, Letônia, em direção à Ásia Central e à China (Meyer, 2013). No fundo do mar, a exploração de petróleo em águas rasas, uma rede de gasodutos, e de cabos elétricos internacionais, dão as dimensões pelas quais essas regiões se tornaram exemplo peculiar de fronteira de regulação e sistema de conexões cuja centralidade reside no espaço marítimo.

[3] O autor situa a consolidação no Brasil de uma Geografia Marinha com metodologia própria em meados do século 20.

Um trançado de linhas: o espaço marinho como território

Considerar mares e oceanos como território implica na existência de sistemas de relações espaciais, de controle, de propósitos neles projetados, de usos e finalidades a eles atribuídos. Controle e apropriação estão, portanto, na origem de disputas de espaços marítimos. No plano internacional equivaleria à uma ordem espacial de Estados projetada no mar, envolvendo delimitação, soberania, domínio e segurança. Do mar territorial, cujas bases jurídicas foram estabelecidas no século 19, considerando a proximidade da costa para navegação e defesa do território de determinado país, à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (1982), houve importante alteração no modo como os espaços marinhos foram compartimentados em categorias como águas interiores, mar territorial, zona contígua, zona econômica exclusiva, plataforma continental, alto-mar, e fundos marinhos. Houve alteração nas categorias inicialmente estabelecidas a partir do conceito de costa *lato sensu*, que compreende as águas interiores e o mar territorial, para categorias de águas sob jurisdição para definir as diferentes zonas, isto é zona contígua, zona de proteção ecológica, zona econômica exclusiva, etc (Galletti, 2011). Este tipo de zoneamento tem por base a projeção de soberania por parte de Estados costeiros sobre o mar, malha incontornável para todos os tipos de acordos internacionais, sejam eles sobre limites, gestão compartilhada de recursos ou de proteção dos ambientes marinhos e costeiros.

A intensificação da circulação transoceânica vem exigindo, cada vez mais, a organização de sistemas de segurança, defesa e vigilância em diferentes aspectos: energético, alimentar, sanitário, biodiversidade, ambiental, e nacional, funções de Estado. No âmbito deste trabalho, entende-se segurança como condição efetiva de estabilidade para realização da vida social em todas as suas dimensões; defesa como a capacidade de reunir e mobilizar meios para implementar ações e medidas contra ameaças potenciais e efetivas à vida social em determinado lugar; e vigilância como sistemas permanentes de monitoramento em face ao aumento de riscos e incertezas associados à exploração de recursos naturais, aos deslocamentos por via marítima, ao emprego crescente de tecnologias para explorar os limites do ecúmeno, às tempestades, e às situações de vulnerabilidade no litoral e nos arquipélagos. Todas essas funções tomam por base a malha de territórios constituídos por Estados de várias dimensões, na qual operam organizações transnacionais de diferentes tipos e finalidades, e a qual abriga densidades demográfica, econômica e institucional igualmente distintas, aspectos essenciais para os sistemas de segurança.

Sem extensão precisa, os espaços marítimos são definidos pelas superfícies nas quais são realizadas atividades e atribuídos usos específicos incluindo o alto-mar, as águas abrigadas e margeadas por istmos, as áreas de interface flúvio-marinha, o litoral (Woessner, 2014), e os arquipélagos. Esses espaços estão sujeitos às interferências de ações, interesses e estratégias dos mais diferentes grupos e organizações que operam em várias escalas. Mas, há, sem dúvida, peculiaridades que caracterizam tais espaços: complexidade de interfaces (regulação do clima; oceano-continente), imensidão, descontinuidade, mobilidade de recursos propiciada pelas correntes marítimas, natureza líquida, meio impróprio à fixação humana, etc. que interferem naquelas ações e estratégias.

Aproximando-se de Braudel, poderíamos considerar que essa imensidão é tensionada por dois processos intrinsecamente relacionados: maritimização e litoralização (Dantas, 2009, Peron e Rieucau, 1996), ambos diretamente relacionados com atividades econômicas e densidade demográfica. O transporte a longa distância como expressão do primeiro, e as elevadas concentrações populacionais no litoral como ilustração do segundo. Na tensão entre aqueles dois processos, esse espaço é disputado por número elevado de agentes em torno do controle dos territórios marítimos, do acesso e exploração de recursos, de rotas comerciais, e do mesmo modo abriga conflitos pelas demandas de proteção ambiental. É possível identificar ao menos quatro grandes zonas demarcadas por convenções internacionais: águas internacionais, superfícies de

controle mais ou menos restritas (mar territorial, zona econômica exclusiva), coluna d'água e fundo dos oceanos. Nessas superfícies se inscrevem os interesses que organizam o espaço marítimo. Por que atribuir tanta importância às demarcações?

Algumas dessas superfícies podem ser expressas pela delimitação de áreas especiais como a zona costeira, unidades de conservação, mar territorial, zona econômica exclusiva, região oceânica, fronteira marítima, ou serem eleitas à condição de patrimônio comum da humanidade, como o fundo dos oceanos. São espaços que exigem delimitação de superfícies para regulação em pelo menos três direções: o espelho d'água, as colunas d'água e o assoalho marinho. Todas essas áreas decorrem de regulação que articula direito internacional, regulação setorial e territorial. O quadro nacional, não sendo exclusivo, envolve negociação e acordos entre Estados no que tange, por exemplo, à demarcação de fronteiras marítimas internacionais e a arranjos institucionais transnacionais para definição de regimes regulatórios para acesso e aproveitamento de recursos naturais. Ao mesmo tempo, pode haver diferentes arranjos institucionais no interior de um mesmo país, tanto no nível regional, como no nível local, que regulam práticas sociais ancestrais como pesca em lagoas, coleta de animais em áreas de influência estuarina, em rochas e lajes, atividade pesqueira realizada próximo ao litoral em pequenos e médios barcos, etc.

Os limites internacionais de um país envolvem, em terra, no mar e no ar, marcos precisos e linhas (reais e imaginárias) que delimitam o espaço de exercício de soberania dos Estados. Como mencionado anteriormente, permitem projetar sobre o mar as estratégias e ações para controlar, restringir ou excluir terceiros nas áreas e zonas assim delimitadas, e afirmar por esses meios o poder e domínio sobre essas mesmas áreas e zonas (Sack, 1986). A particularidade nos mares e oceanos reside no controle do volume de recursos que se deslocam e nos arranjos regionais constituídos por convenções e tratados. Nesses espaços, os códigos e regulamentos são bastante antigos e marcaram disputas acirradas pela livre circulação. A delimitação de fronteiras e limites, antecede, de modo evidente, aos códigos e normas internacionais que regulamentam, no período atual, a circulação, a exploração de diferentes recursos (naturais e energéticos), e as ações e estratégias de proteção e de segurança. Mas, tal como sublinha Peters (2018), os mares não se restringem a superfícies de conexões, mas a uma imensidão em três dimensões onde importa o que acontece nas e sob as águas[4].

A Convenção da Diversidade Biológica (CDB), assinada em 1992 durante a ECO-92, fornece o marco geral para temas como biossegurança, utilização de recursos fitogenéticos, utilização sustentável da biodiversidade, acesso e distribuição de benefícios gerados pela utilização de recursos genéticos, etc., que podem ser objeto de protocolos, tratados, convenções, acordos e diretrizes específicos. O início das preocupações com a proteção de espécies marinhas deveu-se à sobrepesca e a consequente redução de estoques pesqueiros. Permanece em negociação a definição de dispositivos e instrumentos para proteção de áreas marinhas em alto mar, o que envolve a definição de zonas econômicas exclusivas de ilhas e arquipélagos independentes, ou territórios ultramarinos, localizados no Pacífico, no Ártico, ou no Oceano Indico (Woessner, 2014).

No que diz respeito às áreas marinhas protegidas, a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) definiu um sistema internacional segundo categorias com distintas restrições de acesso e objetivos de proteção. Em linhas gerais, as categorias correspondem àquelas definidas anteriormente para as áreas protegidas localizadas nos continentes, a saber: reserva natural; área silvestre; parque nacional; monumento natural; área de manejo de habitat/espécies, paisagem marinha protegida; e área protegida de recursos manejados (IUCN, 2003; 2008; 2015). Em muitos casos, essas categorias são empregadas para balizar sistemas nacionais de unidades de conservação marinhas, como no Brasil.

---

[4] "*The sea is not then, just a surface space of connection. What is in the water and under it matters too*" (Peters, 2018: 511). Grifos no original.

A demarcação de unidades de proteção marinhas precisa, em muitos casos, incorporar padrões de comportamento de espécies migratórias (áreas de alimentação e reprodução que variam segundo as estações do ano), características morfológicas do relevo marinho, composição e textura de sedimentos que propiciam a formação de comunidades bentônicas, etc. (Nunes, 2017). Essas unidades correspondem a espaços geograficamente definidos nos quais se pressupõe que as atividades de extração de recursos sejam coibidas ou objeto de regulação estrita.

Interface e interseção terra, água, ar, suscitam novos, e muitas vezes divergentes, interesses na exploração desses espaços. Em complementaridade à terra, o mar converteu-se em fronteira em suas diferentes acepções: geográfica, tecnológica, econômica, de recursos, de preservação e de regulação (Pires do Rio, 2018). A apropriação e exploração de recursos nesses espaços vêm permitindo a emergência de regiões e regionalismos de natureza peculiar, configurados a partir de um sistema de conexões marítimas principalmente em mares interiores.

Regulação e institucionalidades nos limites do ecúmeno

No período atual, a Convenção de Montenegro (1982) regula, no nível internacional, as zonas de soberania e atuação dos Estados. Esta Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar definiu categorias como águas interiores, mar territorial, zona contígua, zona econômica exclusiva, plataforma continental, alto-mar e fundos marinhos. São categorias que servem de referência tanto para países signatários como não signatários da Convenção[5]. Este zoneamento tem por princípio a extensão sobre a qual diferentes níveis de restrição e liberdade podem ser controlados pelos Estados costeiros. Explica-se a relevância desse zoneamento pela ampliação da circulação e de fluxos de indivíduos, mercadorias e informação, pela urgência de proteção do ambiente, pela introdução de novos atores como empresas com elevada capacidade de investimento em diferentes setores como exploração dos recursos minerais, energéticos, pesqueiro, de turismo, e de comunicação, e pelas reivindicações de comunidades tradicionais autóctones.

O mar territorial compreende a faixa de 12 milhas náuticas (22,2 quilômetros), contados a partir da costa. Como o próprio nome sugere, trata-se de porção do território na qual todos os dispositivos e instrumentos próprios ao exercício da soberania são empregados pelos Estados. A esta faixa acrescenta-se uma segunda de igual extensão. A zona contígua exerce a função de segurança e de controle sobre ameaças ou infrações ao corpo legal do Estado litorâneo. A zona econômica exclusiva constitui a faixa até 200 milhas (370,4 quilômetros) sobre a qual o Estado tem assegurado o direito de explorar os recursos que aí se encontram.

O direito de exploração dos recursos naturais assegurado ao país costeiro pela Convenção é exercido até a distância de 200 milhas náuticas. No entanto, a plataforma continental jurídica se estende para além da plataforma continental. Esta discordância depende de características geomorfológicas como espessura da camada sedimentar ou posição do pé do talude continental. Há, pois, diferentes critérios para delimitação da plataforma continental jurídica a partir da borda exterior da margem continental, o que pode alterar o limite de 200 milhas (Souza, 1999). Ou seja, dependendo das características geomorfológicas, esses limites projetam-se até 350 milhas náuticas. Por fim, as zonas abissais e alto-mar, consideradas águas internacionais e de gestão internacional dos recursos minerais que aí se encontrem e por onde circulam os submarinos.

[5] Além das diferentes categorias, foram criados órgãos de arbitragem de conflitos como a Autoridade Internacional para Fundos Marinhos, Tribunal Internacional sobre o direito do mar e uma comissão para os limites da Plataforma Continental.

Não podemos negligenciar a importância dessas categorias. Para alguns países, o controle de arquipélagos, herança do período colonial, conferem posições estratégicas para acesso às áreas de mineração marinha. Essa herança permite à França e à Inglaterra, por exemplo, um domínio marítimo equivalente ao dos Estados Unidos (Encel, 2009), principalmente no que diz respeito ao acesso a recursos naturais como os nódulos polimetálicos. Este é também o caso de territórios autônomos no Ártico, como Groelândia, Ilhas Faroé e Aland em cujas respectivas plataformas continentais estão localizadas importantes reservas minerais, de petróleo e de gás natural (Nielsson, 2014). São áreas de baixa densidade populacional e contrastam com a situação no entorno de mares interiores, como Mediterrâneo, mar Egeu, mar Cáspio, ou mar da China, onde estão localizadas grandes aglomerações.

É sobretudo nesses mares interiores que esta questão é mais sensível. Quatro exemplos de contestação de demarcação podem ser mencionados. Primeiro no Mediterrâneo, cuja configuração e contiguidade dos limites dos Estados dificultou a projeção da soberania terrestre sobre o mar, e postergou a criação de uma zona econômica exclusiva (ZEE). Este adiamento ocorreu em proveito da criação de uma zona de proteção ecológica em 2004, e de uma zona de proteção de pesca. No mar Egeu, Grécia e Turquia diferem sobre a delimitação da plataforma continental, a extensão do mar territorial em espaço marcado pela insularidade (Prévelakis, 2006), diferendo antigo que se intensificou em período recente, pela reinvindicação grega de estender o mar territorial a 12 milhas, como previsto pelo Tratado do Direito Internacional do Mar. Outro exemplo é o do Mar Cáspio. O desmantelamento da ex-União Soviética fez emergir disputas entre os países situados no seu entorno (Azerbaijão, Irã, Cazaquistão, Rússia e Turcomenistão) sobre a demarcação do mar territorial que confere acesso aos campos de petróleo e gás natural localizados nas bacias sedimentares submersas. Por fim, o quarto exemplo, o "mar da China", espaço marítimo entre Filipinas e Vietnã de um lado, Malásia e Indonésia, de outro, é na atualidade um dos espaços mais tensos em termos de litígios territoriais. Os principais elementos das disputas (Colin, 2016) são: acesso a campos de petróleo e gás, vigilância de rota de supergraneleiros, petroleiros, e navios cargueiros – porta-contêineres –, e controle de ilhas e arquipélagos. Todas essas situações são, por sua vez, bastante distintas daquela que encontramos no Atlântico Sul, onde a extensão da zona econômica exclusiva para 200 milhas não é contestada por países confrontantes localizados na fachada atlântica do continente africano e aqueles situados na fachada da América do Sul, ou por países vizinhos, ao sul e ao norte, por exemplo. Todavia, desempenha um papel importante nas formulações geopolíticas e geoestratégicas como espaço de reservas significativas de recursos naturais (Coutau-Bégarie, 1985; IBGE, 2011, Dodds e Hemmings, 2018).

A abertura de fronteiras em espaços marítimos assume particular importância pelas indicações de redução das geleiras no Ártico e o seu posicionamento no jogo de forças regionais (Lausserre 2013; Laserre e Pelletier, 2010; Hohmann, 2016; Foucher, 2010). Este talvez constitua o exemplo mais cabal de modificação dos limites do ecúmeno (Pires do Rio, 2018) impulsionado pelas mudanças ambientais, naquilo que se refere à abertura de rotas oceânicas comerciais alternativas (Nielsson, 2014) àquelas consolidadas, acesso à exploração de recursos naturais, disputas e diferendos quanto aos limites internacionais, políticas distintas de proteção, e como assinalado anteriormente a emergência de um tipo de regionalismo balizado por organismos regionais, tratados, acordos, convenções e protocolos especificamente marítimos (Dodds e Hemmings, 2018). Nesse sentido, instâncias como a *International Maritime Organization* (IMO) não são exclusivas na regulação desses espaços. Enquanto a IMO é uma agência das Nações Unidas para segurança e proteção da navegação e prevenção contra a poluição de mares e oceanos provocada por navios, as agências, conselhos e fóruns regionais atuam em áreas particularmente vulneráveis e constituem, nos planos geoeconômico e geopolíticos (Lasserre, 2013) mudanças significativas no que diz respeito às agendas regionais de proteção ambiental e de gestão de estoques

pesqueiros. São espaços nos quais, como já mencionado, explora-se os limites materiais do ecúmeno.

No caso do Ártico, um conjunto de organismos regionais como *Artic Council*[6] (Canada, Estados Unidos, Inglaterra, Dinamarca, Finlândia, Islândia, Noruega, Rússia, Suécia)*, Nordic Council* (Dinamarca, Finlândia, Islândia, Noruega, Suécia)*, West Nordic Council* (Dinamarca, Finlândia, Islândia, Noruega e Suécia)*, Barents Euro-Artic Council, Conference of Parlamentarians Of Artic Region* atuam como dispositivos de regulação no entorno de uma "macrorregião" para a qual certa individualidade é atribuída em termos econômicos, políticos e físicos, e para a qual vários organismos dispõem de atribuições e composições distintas. Assim, o *Artic Council* atua no financiamento de pesquisas, sistematização de conhecimento, proteção ambiental, cooperação e monitoramento de mudanças ambientais. O *Nordic Council* é um organismo de interlocução político-parlamentar, criado em 1952, e do qual participam além dos países mencionados, os arquipélagos Ilhas Faroé (território pertencente à Dinamarca), o arquipélago finlandês de Aland, e a Groelândia, território autônomo vinculado à Dinamarca. Esses três arquipélagos dispõem de um órgão de cooperação parlamentar próprio, o *West Nordic Council.* O *Barents Euro-Artic Council* atua em dois níveis, um intergovernamental e outro regional. Todas essas organizações expõem um tipo de região oceânica concebida a partir de relações entre o "*mundo das águas e suas conexões na contemporaneidade*" (Peters, 2018)[7].

No Oceano Antártico, temos outro exemplo de fronteira de recursos; região vulnerável às mudanças globais, onde o processo de dilatação do ecúmeno é diferente daquele no Ártico, como acabamos de mencionar. Em primeiro lugar pela ausência de população autóctone; mas com ampla inserção em uma "economia extrativa" (Bunker e Ciccantell, 2005) desde o século 19 pela caça às baleias, e no século 20 por expedições científicas (Dodds e Hemmings, 2018), que resultaram no seu estatuto de Zona desmilitarizada. Reinvindicações territoriais como aquela que levou à guerra das Malvinas em 1982, não têm sido a tônica; é uma região sem tensões e conflitos de elevada intensidade. Em segundo lugar, pelo número, pelo tempo, e pela peculiaridade dos tratados internacionais que incidem nessa região como a Convenção Internacional para a Regulamentação da Pesca da Baleia, adotada em 1946[8]; Tratado da Antártica, assinado em 1959 por África do Sul, Argentina, Austrália, Bélgica, Chile, Estados Unidos, França, Japão, Nova Zelândia, Noruega, Reino Unido e Rússia; e o Protocolo de Madri (1991) que confere atenção especial à proteção ambiental da Antártida por meio do estatuto de Reserva Natural Internacional dedicada à Ciência e à Paz (Marinha do Brasil, 2016) e do Comitê para a Proteção Ambiental (CPA).

---

[6] Criado em 1996, este Conselho tem por objetivo a promoção de cooperação entre países e comunidades do Ártico. https://arctic-council.org/.

[7] No Brasil, o número de estudos a partir dessa perspectiva contrasta com o acúmulo de trabalhos sobre a zona costeira, por exemplo. Os Anais do X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro, realizado em Rio Grande (RS) em 2017 ilustra essa diferença. https://www.academia.edu/36496945/ANAIS_DE_RESUMOS_DO_X_ENCONTRO_NACIONAL_DE_GERENCIAMENTO_COSTEIRO?email_work_card=view-paper.

[8] Foram originalmente signatários da Convenção: África do Sul, Alemanha, Antígua, Argentina, Austrália, Brasil, Chile, China, Coreia do Sul, Costa Rica, Dinamarca, Dominica, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Granada, Guiné, Índia, Irlanda, Itália, Japão, Marrocos, México, Mônaco, Nova Zelândia, Noruega, Omã, Holanda, Panamá, Peru, Portugal, Quênia, Reino Unido, São Vivente e Granadinas, Senegal, Ilhas Salomão, Suécia e Suíça.

Diversidade de recursos marinhos, atividades e situações distintas de regulação

Os recursos marinhos, isto é, aqueles que são próprios ao mar, os recursos minerais e os energéticos, podem estar localizados em quatro superfícies distintas: águas superficiais, coluna d'água, solo e subsolo marinhos. Cada uma dessas superfícies abriga um conjunto de recursos e permite a realização de determinadas atividades com vistas à sua exploração. Mas nem sempre essas atividades são realizadas exclusivamente em uma única superfície, ou melhor, as instalações para a exploração de determinados recursos são bastante complexas, principalmente daqueles localizados em águas profundas e ultraprofundas (profundidade superior a 4.000 m). A distância em relação à costa constitui outro fator importante que atua na complexidade das instalações e no tipo de infraestrutura necessária à exploração de petróleo e gás (rede de dutos, por exemplo).

O regime internacional para regular o acesso aos recursos, como anteriormente assinalado, é estabelecido em função do reconhecimento de direitos de soberania dos Estados lindeiros. Neste regime, é possível identificar dois tipos não exclusivos de regulação: em área e em volume. O primeiro referente à exploração de recursos do solo e subsolo, e o segundo relativo aos recursos pesqueiros.

Para além das águas jurisdicionais, no alto-mar, onde as águas são de livre circulação, e o fundo dos oceanos, elegido à categoria de patrimônio comum da humanidade, a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos[9] (ISA) é o principal organismo de regulação de atividades de exploração. A criação deste organismo explica-se, em parte, pelo desenvolvimento de tecnologias empregadas no mapeamento da plataforma continental, do fundo dos oceanos e das zonas abissais, e que vêm permitindo, desde meados dos anos de 1970, cartografar os fundos marinhos e as colunas d'água. Há, no entanto, situações particulares, principalmente para os recursos genéticos marinhos que são constituídos por novas espécies com propriedades únicas, e cujas características taxonômicas ainda não estão estabelecidas, o que tem consequências significativas no patenteamento genético (Wyssbrod, 2017). Permanece a crucial questão sobre a consistência dos dispositivos para regular a prospecção e exploração dessas fronteiras, assim como os efeitos de tais atividades no meio marinho e zona costeira.

Águas superficiais

O espelho d'água é a principal superfície na qual são estabelecidas as rotas de circulação. A diversidade de situações da navegação em escala industrial como turismo, pesca e transporte marítimo ilustram este aspecto. De modo bastante resumido, é possível caracterizar a circulação em dois tipos de rotas: transoceânica e cabotagem. Formadas por itinerários específicos, as rotas podem ser assimiladas à uma rede viária hierarquizada em função do tipo de carga (pessoas, granel, contêineres), volume transportado, tamanho das embarcações, e características físicas do relevo marinho. Além das vias traçadas em alto mar, pontos específicos de passagem de navios, tais como estreitos e canais encurtam distâncias, e influenciam no padrão de circulação em diferentes escalas e no desenvolvimento dos sistemas de conexões mencionados anteriormente.

A importância e o gigantismo da circulação implicam na transformação das paisagens, sobretudo nas áreas de interface terra-mar (Woessner, 2014), nas dimensões das instalações portuárias, na organização de plataformas logísticas, e na articulação com outros modais de transporte que abastecem mercados continentais. Mais precisamente, na aproximação aos portos, a navegação transoceânica encontra outras modalidades de uso, como a pesca ou o lazer, por exemplo,

[9] Criado em 1994, este organismo da ONU tem por finalidade organizar as pesquisas e atividades nos fundos marinhos de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar.

sujeitas a modos de regulação distintos. A movimentação nas baías de Guanabara, Sepetiba, Santos, Vitória, Todos os Santos, Camamu, São Marcos, Marajó, etc. ilustram essa multiplicidade de regulação.

Algumas atividades, em que pese a diversidade de configurações que as caracterizam, operam tanto na superfície como na coluna d'água. Na pesca, por exemplo, em superfície são delimitados territórios, cujos direitos ancestrais são reconhecidos pelas Nações Unidas aos grupos de pescadores que tenham habitualmente pescado em certas áreas durante um longo período de tempo. A regulação incide sobre o volume no que toca aos estoques pesqueiros, especialmente aqueles de elevado valor comercial, e de espécies migratórias, cujo padrão de deslocamento aproxima-se de corredores, segundo a disponibilidade de alimentos[10], donde a importância dos respectivos territórios.

O transporte de mercadorias é seguido por fluxos migratórios que utilizam rotas marítimas mais ou menos conhecidas, convergentes para dois destinos principais: Europa e Estados Unidos. Mediterrâneo e Golfo do México são os espaços privilegiados por este fluxo clandestino que revela extremos de desigualdade e vulnerabilidade social, no sentido de ausência total e parcial de acesso às condições objetivas de vida, como segurança alimentar, meios de vida, segurança sanitária, educação, e sujeição a constrangimentos institucionais. São fluxos ilegais vinculados ao tráfico de pessoas e drogas, que contam com códigos próprios.

Coluna d'água

No que diz respeito aos recursos biológicos, a coluna d'água apresenta importante variação em sua disponibilidade e distribuição espacial em função da incidência de luminosidade (zonas eutrófica, disfótica e afótica), da capacidade de deslocamento de organismos dependentes de correntes marinhas (plâncton), da autonomia de deslocamento de determinadas espécies (tartarugas, peixes, cetáceos...), e aqueles que vivem fixos (algas e corais), ou se deslocam próximo ao fundo do mar. Novas tecnologias permitiram adequar um conjunto de técnicas, instrumentos e dispositivos para captar imagens, traçar perfis verticais a fim de caracterizar as propriedades físico-químicas da coluna d'água, coletar amostras de indivíduos bentônicos, ampliando o conhecimento sobre comportamento e genética dos diferentes organismos.

A pesca consiste na principal atividade diretamente interessada pela regulação dos recursos existentes na coluna d'água. De modo semelhante à navegação, a atividade pesqueira é caracterizada por diferentes modalidades de extração que operam tanto na zona costeira, na zona econômica exclusiva e em alto mar, com volumes bastante diferentes e técnicas igualmente diversificadas. Volume e deslocamento do nécton concentram as principais disputas que exigem regulação internacional por meio da gestão de estoques de espécies migratórias em grandes extensões. O exemplo mais consistente é o caso do atum, espécie migratória com grande capacidade de deslocamento em cardumes, com variação espacial significativa em função do ciclo de vida, de elevado valor proteico e comercial para a qual foram criados organismos como a Comissão para a Conservação do Albacora Azul (*Convention of the Conservation of Southern Bluefin Tuna* (CCSBT) (Dodds e Hemmings, 2018), a Comissão Internacional para Conservação do Atum Atlântico (ICCAT), Comissão Interamericana do Atum Tropical (IATTC), e Comissão do Atum do Oceano Índico.

[10] Outras atividades extrativas ganham relevância em decorrência do aquecimento global, principalmente no oceano Ártico, na margem canadense. Dentre elas, a "caça de geleiras" para produção de água natural, considerada de elevada pureza e com alto valor de comercialização.

Nesta superfície, as espécies que compõem o nécton são aquelas mais ameaçadas pela sobrepesca, extinção, e também aquelas mais vulneráveis aos efeitos da poluição, do tráfego marítimo e de ondas sonoras emitidas por diversos equipamentos, como o sonar, por exemplo. Completa o quadro de proteção, as diretrizes da FAO para a proteção de recursos pesqueiros em águas profundas (Wyssbrod, 2017). O potencial de recursos existentes na coluna d'água está na origem de iniciativas de implementação de áreas marinhas protegidas no quadro da Convenção da Diversidade Biológica (CDB), principal dispositivo para a conservação e uso desses recursos. Novamente a questão da origem dos recursos marinhos emerge como ponto central, para captura, comércio e patenteamento genético na medida em que determinados organismos podem estar simultaneamente no território de um ou mais Estado e em alto mar.

O fundo dos oceanos

As zonas abissais, os fundos dos oceanos e o alto mar são considerados espaços livres, cuja exploração envolve o avanço tecnológico e múltiplas incertezas quanto aos impactos das atividades de exploração da biodiversidade e dos recursos que essas zonas abrigam. A apropriação dos fundos dos oceanos, por exemplo, segundo os critérios de soberania, pode gerar tensões e conflitos, ainda que as condições impostas pelo meio restrinjam os investimentos, ou impliquem em desinvestimento, como o campo de gás russo Shtokman, situado no mar de Barents (Lasserre, 2013). Mais do que limites no sentido internacional, os usos econômicos nessas zonas geográficas resultam de acordos, ao menos temporários, entre agentes de natureza diversa.

Conforme já descrito em trabalho anterior (Pires do Rio, 2019), as maiores concentrações de nódulos polimetálicos estão localizadas na porção oriental do Oceano Pacífico, na zona de fratura Clarion-Clipperton, entre as latitudes 5ºN e 15ºN, e longitudes 115º O e 155º O. Este polígono de aproximadamente 6 milhões de km^2 se localiza além dos limites das respectivas jurisdições nacionais (ilha de Clarion pertencente ao México, e a ilha de Clipperton, território francês ultramarino) e, por esta razão, está sob controle da Autoridade Internacional para os Fundos Marinhos[11]. Conhecida desde o final da década de 1970, esta área já é objeto de arrendamento e concessões distribuídas para empresas e consórcios de países como França, Alemanha, Inglaterra, Bélgica, Eslováquia, Rússia, Coreia do Sul, China, Japão, Singapura, Estados Unidos. Compreende-se com mais clareza as tensões entre China, Rússia e Estados Unidos e novos atores, como Índia, que reivindicam tomar parte na exploração desses nódulos.

Antecede à exploração dos nódulos, a disputa pelos estoques de peixe, uma vez que a ilha de Clipperton é um ponto importante na rota de migração de cardumes de atuns (Jost, 2010). Ao parcelamento no fundo dos oceanos para a exploração mineral, confrontam-se os estoques pesqueiros e as descobertas sobre a biodiversidade nos ambientes de elevada pressão, baixas temperaturas e afóticos. Como em terra, a economia extrativa concentra, assim, a disputa em torno de recursos minerais e biológicos. O avanço das técnicas para mapeamento dessas áreas tem permitido indicar o potencial de diversidade genética, mas também apontar os limites da expansão da fronteira, cuja resiliência para mudanças em intervalos de tempo muito curtos constitui uma das grandes incertezas do atual período histórico.

[11] Organismo vinculado às Nações Unidas com o objetivo de regular e controlar as atividades nos oceanos, fundos marinhos e subsolo nas águas internacionais.

E o Brasil?

O reconhecimento das águas jurisdicionais representou de fato a ampliação da extensão do território do país. Sem confronto direto com países vizinhos e da fachada africana, a exploração de recursos e a demarcação de unidades de conservação possuem interações distintas daquelas mencionadas no caso do Ártico ou do mar Báltico. Para o Brasil, a zona costeira de um lado, e a Antártida, de outro, constituem as áreas prioritárias para estratégias, políticas, planos e programas. Embora possam ser analisadas em escala regional, há implicações inerentes a cada uma delas. No que diz respeito à Antártida, o sistema internacional regula as ações dos países signatários do Tratado Internacional da Antártida, assinado em 1956, e o Protocolo de Madri, assinado em 1998. São dispositivos que regulam as atividades de pesquisa científica e de proteção ambiental (Marinha do Brasil, 2016). Ainda que os dispositivos internacionais como as águas jurisdicionais tenham efeitos diretos na configuração e extensão do território do País, neste item, a atenção volta-se para a zona costeira, para apresentar questões de regulação em âmbito nacional.

As águas jurisdicionais brasileiras cobrem uma área de 3,5 milhões de km^2 na qual estão compreendidas as diferentes zonas definidas no quadro da Convenção de Montenegro. No plano interno, projetam-se outras linhas que remetem às políticas públicas de uso, exploração de recursos naturais, e de proteção ambiental. Além das categorias de projeção de soberania e controle já mencionadas, tais como mar territorial, zona contígua, zona econômica exclusiva e plataforma continental, o Brasil criou para fins de gestão do território a categoria zona costeira (Figura 15.1), e o zoneamento ecológico econômico, sua expressão de ordenamento. A zona costeira é definida como unidade geomorfológica influenciada pela dinâmica oceânica e passível de ser compartimentada (Muehe, 2009) a partir de características fisiográficas peculiares. Trata-se, portanto, da faixa terrestre e sua interface marinha e aérea, incluindo os recursos renováveis e não renováveis nela localizados.

A zona costeira foi classificada como patrimônio nacional pela Constituição de 1988, e objeto de política de gestão do território contemplada no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Inicialmente, sua delimitação foi considerando os municípios defrontantes, e aqueles contíguos que abrigam obras de grande impacto no litoral. A ênfase nos usos da terra que configuraram padrões de organização espacial quase exclusivos na porção terrestre (Moraes, 2007), abrangeu unidades especiais de regulação como bacias hidrográficas, e áreas de proteção ambiental em terra e no mar. Nela incidem múltiplos sistemas de regulação setorial, de atividades de interface, e ambiental. Trata-se de uma zona definida pelas complementaridades terra-mar, que apresenta fortes desigualdades entre as unidades municipais, federais, e entre as aglomerações urbanas que por ela são abrangidas.

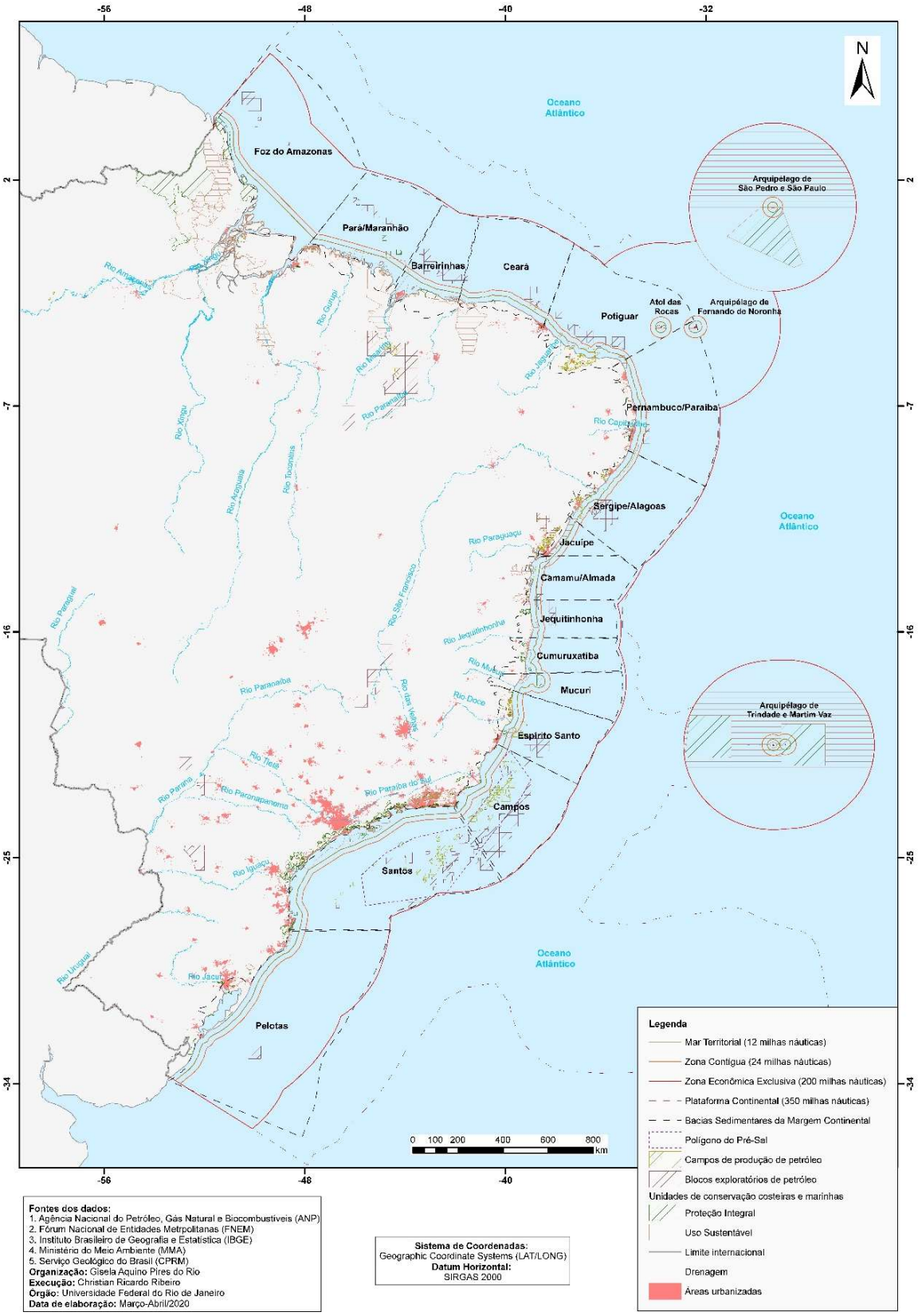


Figura 15.1. Brasil: Zona Costeira, Águas Jurisdicionais e Unidades de Conservação Federais em Bioma Marinho.

Fonte: organizado pela autora, executado por Christian Ricardo Ribeiro.

Ajustes nos critérios de definição foram efetuados mais recentemente com repercussão em sua delimitação (MMA, 2018). Assim, na faixa terrestre, a zona costeira recobre a malha administrativa com 17 estados e 274 municípios, tendo por base critérios técnicos, dentre os quais a distância da linha de costa de até 50 km para municípios cujo território, ou parte dele, esteja sob influência da dinâmica oceânica (MMA, 2018) (Figura 15.2). Ou seja, a zona costeira compreende uma faixa que tem por limites o mar territorial (12 milhas náuticas), e 50 km da linha de costa em direção ao continente. Além dos municípios defrontantes, foram incluídos os municípios que integram regiões metropolitanas litorâneas, aqueles contíguos às grandes cidades e às capitais estaduais litorâneas que apresentam processo de conurbação, municípios estuários – lagunares, mesmo que não defrontantes com o mar, e aqueles que embora não sejam defrontantes, façam limite com aqueles inclusos nos critérios anteriores (MMA, 2015).

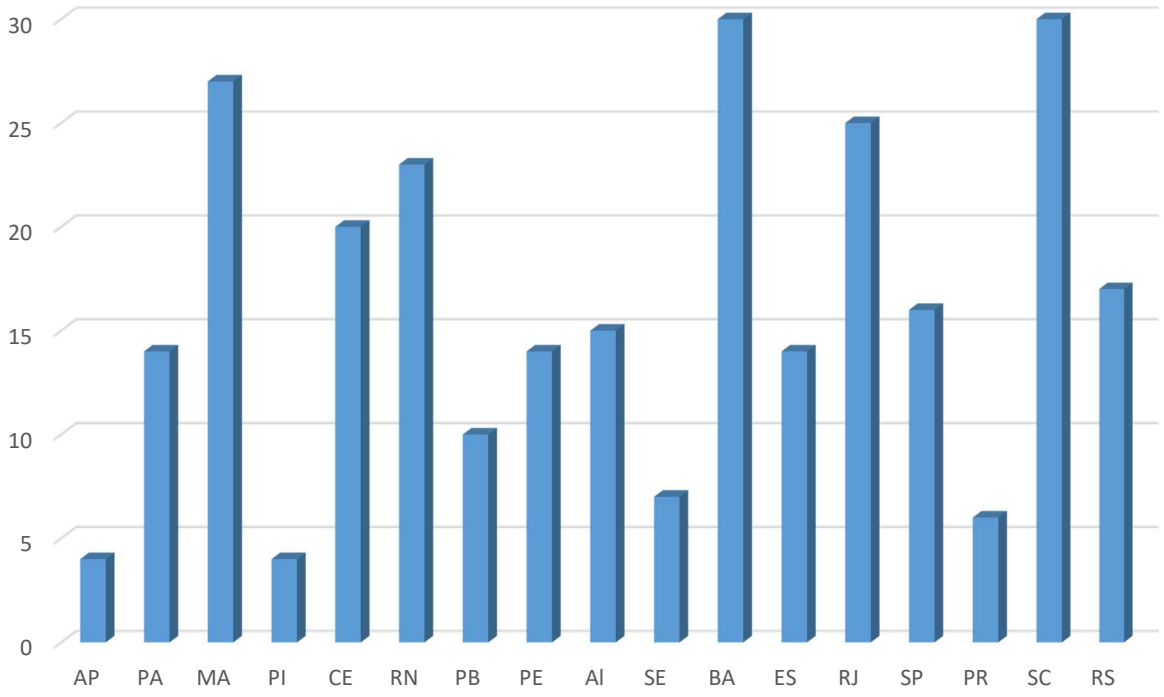


Figura 15.2. Número de municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira, 2020
Fonte: MMA, Portaria Nº 416 de dezembro de 2018.

A distribuição do número de municípios segundo as Unidades da Federação varia conforme a extensão e a configuração do litoral de cada estado, do grau de desmembramento em unidades municipais, e da área total desses municípios. O número reduzido de municípios no Amapá é inversamente proporcional à extensão territorial dos municípios defrontantes desse estado. Situação distinta àquela encontrada em Santa Catarina, cujo processo de desmembramento municipal ao longo do tempo explica no elevado número de municípios situados na costa.

Questões sobre limites estão presentes no plano doméstico para permitir o levantamento de informações. As bacias sedimentares oceânicas, denominadas bacias marginais, posto que localizadas às margens continentais, correspondem às unidades geomorfológicas estáveis e que representam a malha física para prospecção de recursos energéticos, na medida em que o avanço das técnicas vem permitindo explorar águas profundas e ultra-profundas, e o subsolo marinho na ZEE. Tal como em terra, há tipos diferentes de bacias, cuja classificação depende da posição na margem continental, do tipo de rocha predominante, da idade da bacia, e da extensão regional

dessas características. A rigor, as bacias marginais são de domínio da União. O polígono do pré-sal corresponde ao conjunto de campos de produção de petróleo e gás localizados nas bacias de Campos e de Santos. Trata-se de exemplo de demarcação para fins de regulação econômica que tem na empresa Pré-Sal Petróleo S. A. (Empresa Brasileira de Administração de Petróleo e Gás Natural S. A.) a representante da União para os contratos de exploração de uma jazida.

Na porção terrestre da zona costeira, estão localizadas as densidades demográficas relativamente mais elevadas do país, cuja expressão espacial é observada na extensão dos aglomerados urbanos. Possui uma população residente estimada de aproximadamente 40,5 milhões de pessoas[12] com hiatos espaciais significativos entre os 17 estados (Figura 15.3). A distribuição dessa população residente não apresenta relação direta com o número de municípios abrangidos pela faixa terrestre; é coincidente nos casos de Piauí e Paraná, mas divergente para Rio de Janeiro em relação à Bahia. O padrão dessa distribuição forma quatro grupos bem distintos: Rio de Janeiro com população da ordem de 12 milhões de habitantes; Bahia, Pernambuco, Ceará, São Paulo e Santa Catarina na faixa entre 2 e 4 milhões; o terceiro grupo formado por Maranhão Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas, Espírito Santo, com população entre 1 e 2 milhões de habitantes; e o quarto grupo formado pelos estados de Amapá, Pará, Piauí, Sergipe, Paraná e Rio Grande do Sul com um contingente inferior a 1 milhão de habitantes.

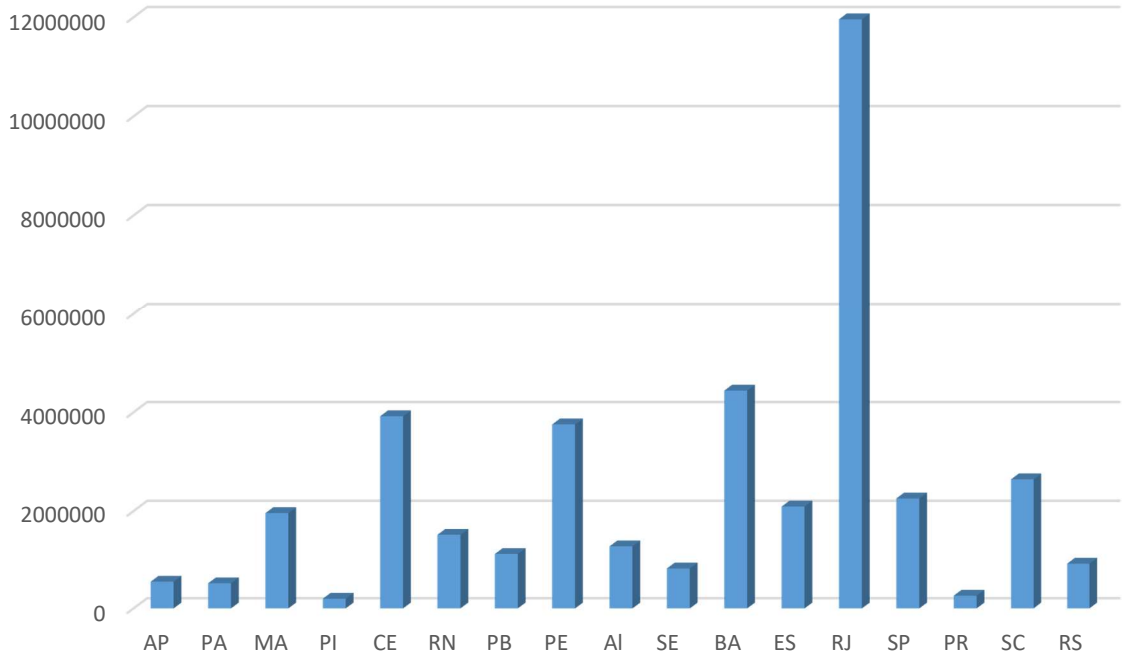


Figura 15.3. População residente estimada na faixa terrestre da zona costeira, segundo as Unidades da Federação, 2020.
Fonte: IBGE/Base SIDRA, Estimativas de população residente nos municípios brasileiros, 2019.

[12] Valor calculado a partir da base SIDRA/ IBGE de população estimada e segundo a relação de municípios abrangidos pela faixa terrestre da Zona Costeira elencados na Portaria Nº 416 do MMA, publicada no Diário Oficial da União em 17 de dezembro de 2018. O número de municípios elencados na Portaria difere daquele definido pelo Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GERCO) do MMA. Neste trabalho optou-se por considerar aqueles municípios que constam na Portaria, instrumento legal vigente até o momento.

Bahia e Santa Catarina têm o mesmo número de unidades municipais (30) abrangidas pela faixa terrestre, mas a população residente é da ordem de 4,4 milhões na Bahia e de 2,6 milhões em Santa Catarina. O ritmo de crescimento e a interiorização da população interferem nessa distribuição geográfica. No estado do Rio de Janeiro, a população residente no litoral é bem maior em relação aos demais estados. Esta proeminência é em parte explicada pela presença da região metropolitana, antiga e consolidada, e pelo impulso da cadeia energética na fixação de população no eixo Angra dos Reis- Rio de Janeiro- Macaé. Ainda que o Gráfico 15.2 retrate a população residente em um único ano, quando considerada uma série temporal nos últimos dez anos, o padrão de distribuição é mantido.

No conjunto, este contingente está distribuído ao longo do litoral segundo um padrão de concentração que se diferencia em: a) cidades de grande porte e regiões metropolitanas consolidadas como Rio de Janeiro; b) capitais da maioria das 17 Unidades da Federação, exceção para Pará, Piauí, São Paulo e Rio Grande do Sul; c) cidades de porte médio conurbadas, definidas como áreas metropolitanas pelos respectivos estados, como por exemplo a Região Metropolitana da Baixada Santista (SP), Região Metropolitana de Tubarão (ES), ou Foz do Rio Itajaí (SC); e d) municípios de pequeno porte cuja economia é fortemente dependente da indústria de turismo e lazer, da presença de comunidades de pesca, da indústria energética e da mineração. Há, portanto, características bastante contrastantes como a reduzida taxa de ocupação permanente de domicílios nos municípios voltados para a exploração do turismo, e aqueles com economia urbano-industrial, especialmente onde se concentra a cadeia energética de petróleo e gás natural associada à exploração das reservas localizadas nas bacias de Campos e Santos.

A elevada densidade de ocupação associada às deficiências de saneamento, ao grande volume de material sedimentar, à quantidade de resíduos sólidos e químicos provenientes do uso de fertilizantes e pesticidas oriundos do continente e transportados pelos rios são fontes importantes de poluição e contaminação do bioma costeiro e marinho. Em sentido inverso, processos erosivos associados à elevação do nível do mar aumentam os riscos nas áreas urbanizadas localizadas nas várias regiões. O litoral do Rio de Janeiro é particularmente vulnerável à erosão, conforme já analisado por Muehe et al. (2011), entre outros. Esta interdependência acentua a vulnerabilidade dos espaços costeiros aos processos de degradação, amplia os riscos e os níveis de criticidade do litoral (Egler, 1996), e pressiona pela demarcação de espaços protegidos.

A evolução da tecnologia para a geração de energia eólica, principal fonte de energia renovável que vem ampliando sua participação na matriz energética brasileira. Essa forma de produção de eletricidade se concentra na Zona costeira, tanto na faixa terrestre como marítima, com predomínio da primeira sobre a segunda. Esta ampliação tem efeitos na inserção de espaços marítimos em uma trajetória de transição energética inscrita na longa duração. Em virtude da direção e intensidade de ventos, os investimentos em parques eólicos estão concentrados nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia e Rio Grande do Sul. A instalação de parques eólicos requer uma regulação em superfície, na medida em que pode entrar em conflito com a atividade pesqueira, por exemplo.

A atividade pesqueira é marcada por várias modalidades e diferentes escalas em função do volume de produção, do tipo de pescado, e dos equipamentos empregados. De modo bastante resumido, nesta atividade estão incluídas as comunidades de pescadores artesanais e de subsistência, e a pesca industrial. Há diferentes técnicas e métodos de captura como arrasto de fundo, arrasto de superfície, arrasto de praia, pesca de espera, pesca de cerco ou arrastão, emalhe (empregado para pesca de superfície, meia água e de fundo), e espinhel com uso de iscas em águas oceânicas (UFRGS/MPA, 2018). Há igualmente variações regionais na denominação das técnicas e métodos. Cada modalidade está relacionada ao uso ou não de embarcação, à determinado sítio - águas abrigadas, lagoas, praia, proximidade do litoral ou mar aberto -, à escala

de produção e, portanto, requerem equipamentos e nível de capital igualmente distintos. Como anteriormente exposto, essa atividade envolve tanto a regulação em superfície como em coluna. Para ilustrar este aspecto, menciona-se o exemplo no litoral de Santa Catarina onde se associa espécie de pescado ao emprego de técnicas. As modalidades para a pesca da tainha vão da tarrafada ao emprego de barcos pesqueiros com autonomia para permanecer por semanas no mar aberto. Os volumes variam de acordo com a modalidade, de dezenas de quilos na tarrafada até a 100 toneladas em mar aberto (GEP/UNIVALI, s/d)[13]. Em outros casos, a organização de fóruns opera como instância de regulação como os Comitês Gestão Compartilhada de Recursos Pesqueiros para a pesca da lagosta. No entanto, um único método de captura pode atuar em águas de superfície, meia água e coluna (operação de pesca em espinhel de superfície e de fundo, por exemplo) (UFRS/MPA, 2018).

As disputas, tensões e conflitos ocorrem na faixa terrestre e na faixa marinha. Atividades extrativas (o turismo nelas incluso) e as demais atividades produtivas em terra provocam impactos em escalas temporais e espaciais variáveis, e muitas delas envolvem atores globais. Somente na indústria de petróleo e gás, mudanças institucionais nos dispositivos de regulação setorial impuseram um quadro cuja complexidade nos territórios do petróleo (Egler e Pires do Rio, 2015) é revelada pela ampliação do número de atores disputando esses recursos, e um marco regulatório com três modalidades de regulação, a saber: contrato de concessão, contrato de partilha de produção, e cessão onerosa. Tanto quanto em terra, as bacias marginais são a base para a exploração, mas a rede de dutos cria uma superfície de regulação própria aos fluxos energéticos. Como os limites das bacias divergem dos limites administrativos, uma malha de linhas paralelas e ortogonais em superfície constitui a referência para a captura das rendas de exploração, isto é, os *royalties*.

O desenvolvimento dessas atividades produtivas e a concentração da população têm ampliado os riscos, agravado as situações de degradação, e modificado as exigências de segurança em suas diferentes declinações (cf. supra). Trata-se, portanto, de espaço cuja capacidade de resiliência envolve incertezas, e as medidas de proteção e conservação são igualmente questão de regulação, conservação da biodiversidade e longa duração.

Nos últimos quarenta anos (Figura 15.4), a criação de unidades de conservação federais localizadas na zona costeira, considerando-se exclusivamente o bioma marinho-costeiro, reflete a intensificação das pressões das atividades, e a necessidade de atuar diretamente na delimitação de espaços de preservação como luta política para institucionalização de proteção às populações tradicionais. Nesse bioma, entre 1978 e 2018, foram criadas 67 unidades de conservação segundo as categorias contempladas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação[14].

[13] Esquema sobre modalidades de pesca; disponível em http://www.clicrbs.com.br/pdf/11077332.pdf. Última consulta em 16/04/2020, e em FURG/MPA. (2018), disponível em https://imef.furg.br/images/stories/documentos/BOLETIM2018.pdf. Última consulta em 20/04/2020

[14] Informações sobre unidades de conservação provenientes do Instituo Chico Mendes. Portal Unidades de Conservação, Biomas Brasileiros.

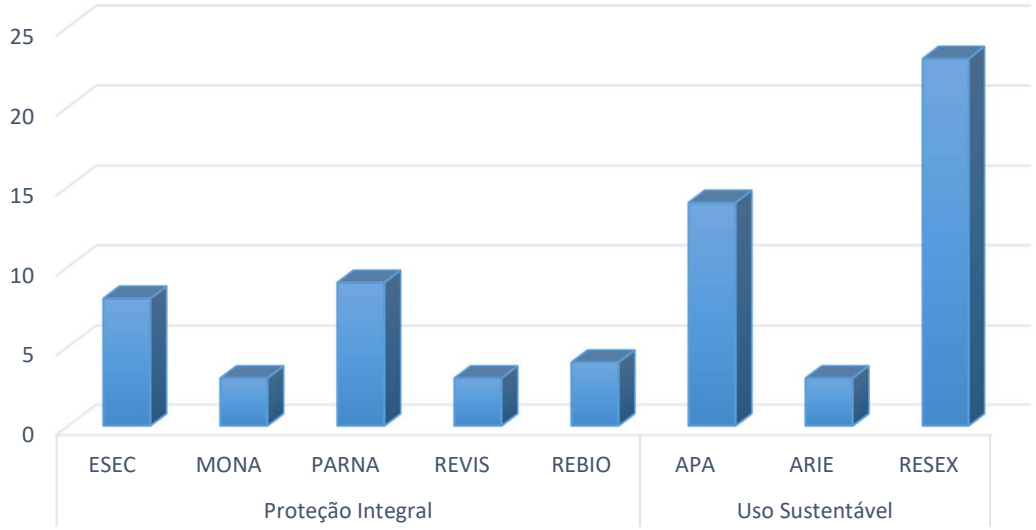


Figura 15.4. Número de unidades de conservação Federais em Bioma Marinho-Costeiro por categoria de uso, 1979-2020.

Fonte: ICMBIO- Portal Unidades de Conservação, Biomas Brasileiros.

A evolução no período considerado (1979-2019) indica uma tendência à diversificação do tipo de unidade de conservação implantada a partir de 2010 (Figura 15.5). É possível notar uma tendência na criação de Unidades de conversação de Proteção Integral, entre 1979 e 2000, e de Uso Sustentável entre 2000 e 2009. Dentre as Unidades de Proteção Integral, os Parques Nacionais correspondem à categoria com maior número (9). Na categoria uso sustentável, as Áreas de Proteção Ambiental (14) e as Reservas Extrativistas (23) são as mais representativas. Em primeira aproximação, a criação de uma RESEX está relacionada à atuação de comunidades tradicionais vinculadas às atividades de pesca e de coleta em suas distintas modalidades. A implantação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, e a inclusão das Reservas Extrativistas na categoria de unidades de uso sustentável, pós 2000, explicam a evolução observada.

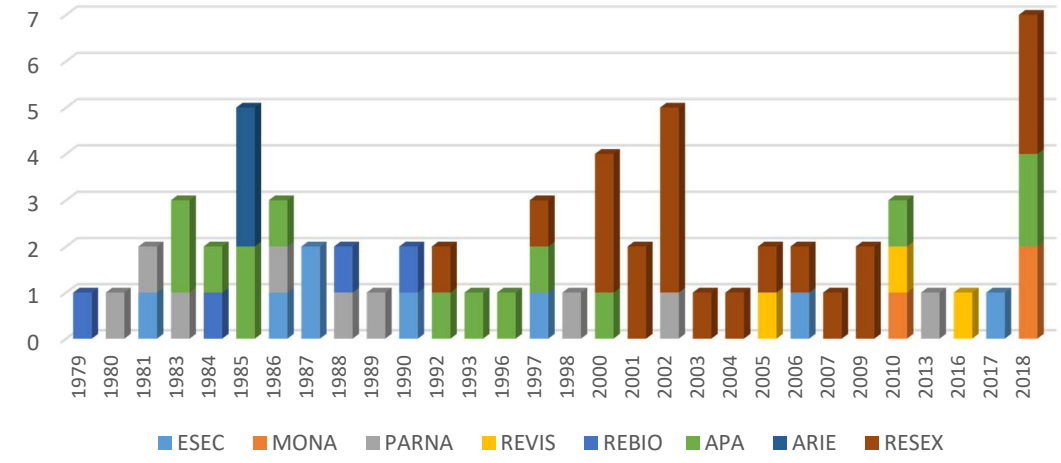


Figura 15.5. Número de unidades de conservação federais em bioma marinho-costeiro por categoria de uso e ano de criação.

Fonte: ICMBIO- Portal Unidades de Conservação, Biomas Brasileiros.

A pesca extrativa representa pouco mais de 70% da produção do total da indústria pesqueira no Brasil, envolvendo cerca de 1 milhão de pessoas[15]. A organização de comunidades pesqueiras em sistemas lagunares e em áreas tradicionais de pesca marítima explicam a predominância deste tipo de unidade de conversação nos estados do Pará, Maranhão, Bahia, e Ceará, no período considerado (*cf. supra*) (Figura 15.6). A rigor, essas UCs estabelecem normas para o uso sustentável do território pesqueiro, e para a ação das frotas segundo o tipo de embarcação. Nesses quatro estados, há predominância da pesca marinha artesanal, com predomínio de peixes, e em seguida crustáceos. Em oposição, em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde a pesca industrial suplanta a pesca artesanal, poucas unidades nesta categoria foram criadas. Apenas uma única RESEX – Pirajubaé - foi instituída em Santa Catarina ao longo do período considerado. Datado de 1992, trata-se do primeiro registro de RESEX em bioma marinho contido no SNUC.

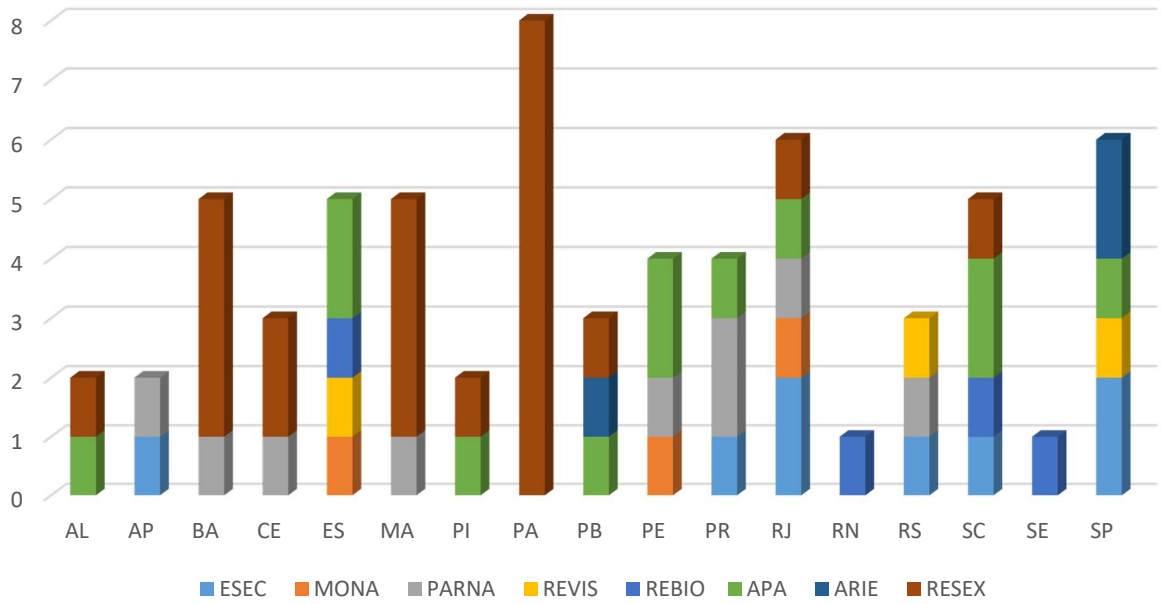


Figura 15.6. Número de unidades de conservação em bioma marinho-costeiro por unidade da federação, 2020.

Fonte: ICMBIO Portal Unidades de Conservação, Biomas Brasileiros. Última consulta em 20/04/2020

Do ponto de vista da ação política, o período de criação das RESEX marca uma continuidade de gestões subsequentes de ministros do Meio Ambiente nos governos de Fernando Henrique Cardoso e Luiz Inácio Lula da Silva, e a predominância de uma regulação para uso sustentável de recursos naturais. No estado do Pará, no período que corresponde à primeira gestão de Sarney Filho (1999-2002) foram criadas quatro RESEX em 2002, e no período de Marina Silva no Ministério do Meio Ambiente (2003-2008), três unidades de conservação desta mesma categoria em 2005. Nesse estado, a importância na economia extrativa da pesca marinha e da coleta de

[15] Em palestra sobre a pesca artesanal no Brasil, Ferreira, N (2015) reproduz estimativas do MPA indicando que entre 45% e 70% da produção desembarcada é produto da pesca artesanal e envolve aproximadamente 1,5 milhão de pessoas. Disponível em: https://brasil.oceana.org/sites/default/files/beatrice_ferreira_for_oceana_07july2015_nocopy.pdf. São também dados da Marinha do Brasil, Comissão Interministerial para Recursos do Mar. Disponível em https://www.marinha.mil.br/secirm/aquipesca. Última consulta em 20 de abril de 2020.

caranguejo explicam o número relativamente elevado de unidades nesta categoria em relação aos demais estados. As RESEX estão localizadas nos seguintes municípios Viseu, Maracanã, Bragança, Soure, São João da Ponta, Curuçá, Santarém Novo e Tracuateu. Igualmente concentrado em período relativamente curto de tempo, porém mais recentes, as RESEX no Maranhão datam, em sua maioria, de 2018 (das quais três foram criadas na segunda gestão Sarney Filho, 2016-2018), e uma em 2004. No caso do estado do Maranhão, houve um interstício de tempo relativamente longo entre a criação da primeira RESEX e das três últimas, indicando uma inflexão de prioridades, e certa desmobilização das comunidades tradicionais. Na Bahia, foram criadas 4 unidades nesta categoria: duas em 2000, uma em 2006, e uma em 2009. No Ceará, foram implantadas duas unidades, uma em 2003 e outra em 2009. Não há registro de criação de RESEX federais no Amapá, Rio Grande do Norte, Espírito Santo, Pernambuco, Sergipe, Paraná, São Paulo, e Rio Grande do Sul, mas em todos eles há registros de população pesqueira tradicional e caiçara. Nos demais estados da Federação apenas uma RESEX ao logo de todo o período considerado. Em seu conjunto, trata-se de um processo que organizou um tipo de ocupação ao longo do litoral.

Dentre as unidades de conservação incluídas na categoria proteção integral, parques nacionais (9) e estações ecológicas (8) são as mais representativas. Esta categoria permite apenas o uso indireto dos recursos naturais, tem por finalidade a preservação do meio, e possui restrições quanto à visitação. Ao contrário da categoria de uso sustentável, a concentração geográfica das Estações Ecológicas está nas Regiões Sudeste e Sul. Das oito criadas no período considerado, sete estão localizadas nessas regiões, nos estados do Rio de Janeiro (2), São Paulo (2), Paraná (1), Santa Catarina (1) e Rio Grande do Sul (1). No caso do Rio de Janeiro, a Estação Ecológica Tamoios, criada em 1990, está associada à presença da Central Nuclear em Angra dos Reis, que previa, desde o início de sua construção, a proximidade de unidades de conservação de uso restrito. Ou seja, modo de conter o aumento da densidade de ocupação provocada pelo crescimento urbano, pressão imobiliária e indústria do turismo no entorno da Usina, mas também estabelecer um perímetro de segurança, pesquisa e monitoramento e acompanhamento do entorno da Usina.

Voltando à Figura 15.1, o mosaico de territórios e espaços marítimos representados não elimina contradições, tensões que se expressam por lógicas de exploração e preservação. A presença de unidades de conservação de proteção integral na zona econômica exclusiva, como os Parques Marinhos de Fernando de Noronha e Abrolhos, a Reversa Biológica Atol das Rocas, e os monumentos naturais de Trindade e Martim Vaz, arquipélago de São Pedro e São Paulo e arquipélago das Cagarras que impõem interdições à exploração e restrições de acesso, expõe os desafios e complexidade da regulação territorial dos espaços marítimos, que por sua vez depende da capacidade e dos meios para a gestão efetiva do território.

Conclusão

Ao longo deste capítulo foram analisados aspectos relativos à vulnerabilidade, à proteção e preservação de espaços e espécies, às atividades extrativas nos espaços marítimos e as respectivas expressões de territorialidade, tendo em vista questões relativas à regulação territorial. Optou-se por apresentar e examinar os desafios desta regulação na escala regional, tomando-se as instâncias internacional e nacional para ilustrar as diferentes situações nas quais os espaços marítimos são objeto de acordos, cooperação, tensões e disputas, e por outro lado mostrar as articulações entre aquelas instâncias no que diz respeito ao zoneamento dos mares e oceanos.

A perspectiva da regulação e os dispositivos institucionais mencionados permitiram indicar uma problemática bastante diversificada, bem como elucidaram situações emergentes de um tipo específico de regionalismo nos dois exemplos expostos, o Oceano Ártico e Oceano Antártico.

Esses dois oceanos protagonizam em certo sentido as disputas e cooperação com finalidades distintas em regiões estratégicas. Enquanto o entorno Ártico constitui uma região para a expansão do ecúmeno, atrativo para circulação transoceânica e interconexão continental, ainda que revestida de incertezas, na Antártida, os acordos internacionais favorecem a realização de pesquisas científicas e a preservação. São, portanto, duas manifestações distintas de regionalismo internacional.

As diferentes situações de regulação na esfera internacional encontram respaldo nas convenções e protocolos sobre proteção da diversidade biológica que englobam ambientes terrestres, marinhos e costeiros, incluindo-se arquipélagos, estuários e lagoas. Muitas delas expõem condições de "vulnerabilidade regulatória", isto é, algumas instâncias são subsumidas ao poder de determinado grupo. Um tipo de regionalismo supranacional pode atuar como modalidade de interação e redução deste tipo de vulnerabilidade. Foi possível perceber duas perspectivas nos acordos e tratados internacionais: aqueles que têm por objeto áreas geográficas marinhas como elemento central para a assinatura desses acordos, e os que tratam de volumes e cotas. Os primeiros caracterizam-se por serem acordos de cooperação internacional, proteção do ambiente em áreas vulneráveis, e gestão compartilhada de recursos naturais. O segundo tipo refere-se particularmente aos estoques pesqueiros de grande mobilidade e elevado valor econômico, cuja gestão por volume está na origem de organismos de gestão de pesca que cobrem vastas superfícies.

Na zona costeira brasileira, enfrentam-se quatro forças - indústria de energia, pesca, preservação, e indústria do turismo – que disputam a apropriação dos recursos efetivos e potenciais nela contida e lutam por sua conservação. Ainda que de modo incompleto, a análise da zona costeira expôs a vulnerabilidade dos espaços marítimos frente à complexidade das articulações observadas nesta zona. Uma nova institucionalidade irá se impor de modo a associar complementaridades entre terra e mar? Qual o sentido de um espaço de gestão assim constituído? Que tensões poderão ser geradas em relação a outras fronteiras? Que estratégias de adaptação às mudanças climáticas poderão ser adotadas para serem aplicadas nesse espaço? São questões persistentes na luta por recursos e nos limites da expansão dessa fronteira de regulação na qual os espaços marítimos foram convertidos.

Referências bibliográficas

BULHÕES, E. **Exposição de Praias, Clima de Ondas e Processos Físicos em Praias de Enseada. Estudo de Caso em Armação dos Búzios**, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha. Universidade Federal Fluminense, 2011

BUNKER, S. e CICCANTELL, P. **Globalization and the race for resources**. The Johns Hopkins University Press, 2005. 288p

COUTAU-BÉGARIE, H. **Géostratégie de l'Atlantique Sud**. Paris ;PUF, 1985. 214p.

DANTAS, E. W. C. **Maritimidade nos trópicos: por uma geografia do litoral**. Fortaleza: UFC, 2009. 127p.

DODDS, K. e HEMMINGS, A D Artic and Antartic Regionalism. In PASSI, A et al (ed) **Handbook on the Geographies of Regions and Territories**. Cheltenham : Edward Elgar Publishing, 2018, p.489-503.

DRIVER, F. Scientific Exploration and Construction of Geographical Knowledge : Hints to Travellers, **Finisterra**, 33v. n 65 : 21-30, 1998.

EGLER, C. A. G. Risco Ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira. **Rev. Território** v. 1 n.1 p. 31-41, 1996.

EGLER, C. A. G. e PIRES DO RIO, G. A. Petrobras: incertitudes d´un acteur énergétique global. **Outre-Terre** *v 1* n 42, 163-171, 2015. https://www.cairn.info/revue-outre-terre.htm

ENCEL, F. **Comprendre la géopolitique**. Paris : Éditiod du Seuil, 2009. 230p.

FOUCHER, M. (dir) **L'Arctique. La nouvelle frontière**. Paris: CNRS Éditions, 2014. 192p.

FURG/MPA. **Boletim Estatístico da Pesca Marinha do Sul do Rio Grande do Sul – 2018**. Universidade Federal do Rio Grande, Laboratório de Estatística Ambiental, Rio Grande – RS. 50p. Disponível em https://imef.furg.br/images/stories/documentos/BOLETIM2018.pdf. Última consulta em 20/04/2020.

GALLETTI, F. Le droit de la mer, régulateur des crises pour le contrôle des espaces et des ressources : quel poids pour des États en développement. **Mondes en Développement**, v 154, n. 2. 2011, pp 121-136.

GIBLAN, B. Editorial **Revista Hérodote** nº 163. Paris: La Découverte 4º semestre, 2016.

HOHMANN, S. L'Arctique russe, reconquete d'um front pionnier? **Hérodote** v. 166/167, n 3, pp. 261-276, 2016.

IBGE **Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IUCN **Areas Protegidas en Latinoamérica- de Cracas a Durban**, 2003. Disponível em https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2003-060.pdf. Última consulta em 10/04/2020.

IUCN **Guidelines for Appllying Portectes Area Management Categories**. 2008. Disponível em https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-021.pdf. Última consulta em 10/04/2020.

IUCN Transbordary Conservation, 2015. Disponível em https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-023.pdf. Última consulta em 10/04/2020.

JOST, C. **Jeux et enjeux géopolitiques et économiques dans le Pacifique nord-oriental. Diplomatie : affaires stratégiques et relations internationales, Areion Group**, Fora de Série. 2010, p.51-55. ffhal-00547073. Disponível em https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00547073/document

LACOSTE, Y. **Questions de Géopolitique**. Paris : La Découverte, 1988. 235p.

LASERRE, F. Enjeux géopolitiques et géoecomoques contemporains en Arctique. **Géoeconomie** v 65, n2, p. 135-152, 2013.

LASERRE, F.; PELLETIER, S. Polar super seaways? Maritime transport in the Artic: an analysis of shipowners' intentions **Journal of Transport Geography**, v 19, n 6, p. 1465-1473, 2011

LEBRECQUE, G. **Les frontières maritimes internationales. Essai de classification pour un tour du monde géopolitique**. Paris L´Harmattan, 1998.

MARINHA DO BRAIL, Tratado da Antártica e Protocolo de Madri / Marinha do Brasil. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. Secretaria da Comissão. - 2ª edição. Brasília, DF: SECIRM, 2016. Disponível em https://www.marinha.mil.br/secirm/sites/www.marinha.mil.br.secirm/files/tratado-protocolo-madri.pdf . Última consulta em 30/03/2020.

MEYER, Ph **Baltiques : histoires d´une mer d'ambre**. Paris: Perrin, 2013.

MMA [Ministério do Meio Ambiente] **Macrodiagnóstico da Zona Costeira**. Brasília: MMA, 1988.

MMA [Ministério do Meio Ambiente] Lista de Municípios da Zona Costeira. 2018. Disponível em https://www.mma.gov.br/informma/item/15352-definidos-munic%C3%ADpios-da-zona-costeira.html. Última Consulta em 17/04/2020.

MMA [Ministério do Meio Ambiente] **Plano Nacional de gerenciamento costeiro: 25 anos do gerenciamento costeiro no Brasil**. F C Pereira e M R L de Oliveira (org). Brasília: MMA, 2015. 181p.

MONIÉ, F. As cidades portuárias diante do imperativo de fluidez. Território, circulação e reestruturação das hinterlândias dos portos. In: Arroyo, Mônica e Cruz, Rita de Cássia Ariza. (Org.). **Território e Circulação. A dinâmica contraditória da globalização**. São Paulo: Annablume, 2015, p. 103-128.

MORAES, A C R **Contribuição para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro**. São Paulo: Annablumme, 2 edição. 2007. 232p.

MUEHE, D A zona costeira e sua vulnerabilidade frente à ocupação e às mudanças climáticas. **Conferência ANPEGE**. 2009. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/276069385

MUEHE, D. Geografia Marinha, a retomada do espaço perdido. **Revista ANPEGE** v. 12 n. 18 p.185-210, 2016. Disponível em http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6400/3354

MUEHE, D.et al. Avaliação da vulnerabilidade física da orla costeira em nível local, tomando como exemplo o arco praial entre Rio das Ostras e o Cabo Búzios/ RJ. **Rev. Bras de Geomorfologia**. 12 (2), 2011.

NIELSSON, E T The West Nordic Council in the Global Artic. **Centre for Artic Policy Studies, Working papers,** 2014. Disponível em: https://ams.hi.is/wp-content/uploads/2014/03/the_west_nordic_council.pdf

NUNES, A S A **Utilização da Geologia na Identificação dos Hábitats mais adequados para o Estabelecimento de Áreas Marinhas Protegidas na Costa do Dendê, Bahia, Brasil**. Tese de Doutorado. PGGEOLOGIA/UFBA, 2017. **http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/22039**

PERON, F. e RIEUCAU, J. (dir) **La maritimité aujourd'hui**, 1996. Paris Éditions l'Harmattan. 335p.

PETERS, K. Ocean Regions In : In PASSI, A et al (ed) **Handbook on the Geographies of Regions and Territories** Cheltenham : Edward Elgar Publishing, 2018. p 504-514.

PIRES DO RIO, G A Território, Instituições e Superfícies de Regulação. In: BICALHO, A M S M e GOMES, P C da C **Questões Metodológicas e Novas Temáticas na Pesquisa Geográfica**. Rio de Janeiro: PPGG-UFRJ/ Publit, 2009. p 27-44.

PIRES DO RIO, G. A Mares e Oceanos: novas fronteiras da regulação territorial? **Revista Brasileira de Geografia** v. 63 n 01, p. 61-72, 2018. https://rbg.ibge.gov.br/index.php/rbg.

PIRES DO RIO, G. A Espaços marítimos e sua geografia. **Revista Ambiente e Sociedade [Online]** v 22 n 2, p. 1-16, 2019. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuetocepid=1414-753X20190001elng=ptenrm=iso.

PRÉVÉLAKIS. G **Géopolitique de la Grèce**. Paris: Éditions Complexe, 2006. 143p.

SACK, R.D**. Human territoriality – its theory and history**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 249p.

SOUZA, J. M. de. Mar territorial, zona econômica exclusiva ou plataforma continental? **Rev. Bras. Geof.**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 79-82, Mar. 1999. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttextepid=S0102-261X1999000100007elng=enenrm=iso

WOESSNER R (org) **Géographie des mers et des océans**. Neully :Atlande, 2014. 429p.

WYSSBROD, V **L'explotation des ressources génétiques marines hors jurisdiction nationale**. Liden, Holanda : Brill Nijhoff, 2017. 282p.

Gisela A. Pires do Rio é geógrafa, doutora pela École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS/Paris), Professora Titular Colaboradora Voluntária no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Desenvolve linha de pesquisa com apoio do CNPq sobre regulação territorial em espaços vulneráveis e fronteiras econômicas. E-mail: gpiresdorio@gmail.com. CV http://lattes.cnpq.br/2452954393522805.

Capítulo 16

Abordagem geográfica da gestão costeira integrada

João Luiz Nicolodi; Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Introdução

A Geografia e o mar sempre estiveram conectados. Seja em um momento onde os conhecimentos geográficos ainda não estavam sistematizados na forma de uma ciência dita formal, ou ainda quando ela se viu organizada como ramo do conhecimento, com métodos e com uma epistemologia efetivamente discutida e apresentada. Conforme Muehe (2016), até o século 19 a Geografia estava completamente envolvida com o ainda incipiente estudo dos oceanos. Tal panorama foi alterando-se com o passar do tempo em função do desenvolvimento da Oceanografia como ciência organizada e sistematizada, fazendo com que a Geografia tivesse seu papel reduzido na investigação dos oceanos. Ainda segundo o autor, foi a partir da segunda metade do século 20 que a Geografia Marinha começou a reassumir parte de seu interesse pela investigação de diversos aspectos inerentes às zonas costeiras e marinhas visando contribuir ao desenvolvimento sustentável dos recursos do mar e costas.

A centralidade da discussão do espaço sempre foi premente na Geografia (Souza, 2016) e com a Geografia Marinha não foi diferente. No final do século 20, Vallega (1998, apud Muehe, 2016) dividiu a Geografia Marinha em quatro grandes módulos, os quais têm relação direta com o espaço geográfico de atuação: a) Geografia Costeira – a qual se estende da zona costeira emersa até o limite da margem continental, coincidindo com o conceito de plataforma continental jurídica adotada pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), ou seja, se estende

---

▪ COMO CITAR:
NICOLODI, J.; GRUBER, N. Abordagem geográfica da Gestão Costeira Integrada. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 382-401. ISBN 978-65-992571-0-0

para além das 200 milhas náuticas da zona econômica exclusiva quando a margem continental ultrapassar este limite; b) Geografia do Oceano Profundo – a qual tem como objeto de análise a hidrosfera, solo e subsolo localizado para além do limite da margem continental; c) Geografia Regional – definição mais ampla e consolidada na ciência geográfica, mas que nesse caso específico, foca em dois aspectos distintos; os espaços em que a organização atingiu um nível que permite observar que existe uma região e a regionalização dos oceanos, isto é a subdivisão de um espaço oceânico para um dado fim (ex. pesquisa, gestão, jurisdição).

Evidentemente toda investigação feita sob o dístico da Geografia Marinha pressupõe a definição de abordagem geográfica frente seus objetivos e métodos. No caso específico deste capítulo buscou-se avançar e contribuir na discussão sobre as possíveis abordagens para uma esfera de atuação que não é necessariamente vinculada à atuação da Geografia, mas que é, como se pretende mostrar neste texto, intrinsecamente ligada à ciência geográfica em termos de métodos, objetos de análise e contexto histórico: a Gestão Costeira Integrada (GCI).

A Gestão Costeira Integrada – GCI

Antes de perpassar algumas nuances da GCI, cabe aqui ressaltar que o presente tópico não pretende, nem de longe, esgotar as discussões (nem mesmo as descrições) sobre esse processo de gestão específico. O que se busca fazer é uma breve contextualização conceitual da GCI, focando-a no painel de sua elaboração e implementação no Brasil para, então, poder fazer as necessárias relações com as abordagens geográficas que são (ou foram) utilizadas ao longo do período em que a GCI foi implementada no país.

Desde a década de 1970 a GCI se configura como um processo de gestão com foco territorial. Mas, um ponto de vista complementar é dado por Barragán (2016) e Barragán e de Andrés (2020), no qual a GCI também pode ser vista como uma disciplina técnico-científica que se preocupa com a relação da sociedade com as zonas costeiras, com a aplicação de modelos participativos de administração, com a busca de um conhecimento integrado, com a cooperação e coordenação institucional e com a difusão dos resultados nos processos de gestão.

A década de 1970 marcadamente acentuou a preocupação global com questões ambientais, não apenas de um ponto de vista ecológico, mas também vinculado ao debate sobre o desenvolvimento econômico em marcha à época, o qual ocorria (e ainda ocorre) de forma notoriamente assimétrica (Jacobi, 1999; Passos, 2009).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (*United Nations Conference on the Human Environment*) em Estocolmo foi o estopim para a Criação do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP). Estava estabelecido um marco importante para a disseminação de diversas outras iniciativas de mesmo caráter, mas com especificidades territoriais e de propósitos. Um exemplo é a adoção da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL), ocorrida logo após o encontro de Estocolmo.

Talvez o mais importante marco referencial para o Gerenciamento Costeiro Integrado tenha ocorrido, também em 1972, nos Estados Unidos, quando foi promulgado o *US Coastal Zone Management Act*. Tal instrumento de gestão estabeleceu um manejo colaborativo e voluntário da zona costeira no âmbito das esferas federal e estadual e que cobre quase 100% da costa daquele país (Humphrey et al. 2000). Para muitos países ocidentais este foi um marco na discussão, então incipiente, do ordenamento dos espaços costeiros e de sua gestão pública e privada.

Desde então diversos foram os momentos históricos onde a detecção da necessidade de uma gestão de espaços litorâneos que respeitasse suas especificidades (no mais amplo sentido da palavra) pôde ser observada. A Eco-92, no Rio de Janeiro, talvez possa retratar com mais

significância tais momentos históricos, mas pode-se citar outros, como a criação do "Comitê Intergovernamental para a Estrutura da Convenção sobre Mudanças Climáticas", do Comitê Intergovernamental sobre a Diversidade Biológica, do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), RIO + 10, RIO + 20, dentre tantos outros. Um destaque cabe à ONU, que ainda em 1960 estabeleceu sua Comissão Oceanográfica Intergovernamental[1] (COI-UNESCO), com autonomia funcional junto à UNESCO, sendo até hoje a única organização com competência para tratar de assuntos relacionados às ciências do mar no sistema da ONU.

No Brasil, todo esse movimento também trouxe reflexos para o desenvolvimento de uma gestão costeira. Em 1974 foi criada a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – CIRM com objetivo de capitanear discussões acerca da temática. Em 1980 é promulgada a Política Nacional para os Recursos do Mar – PNRM (Marroni e Silva, 2015) e em 1983 é criado, no âmbito da CIRM, uma subcomissão específica para tratar de gerenciamento costeiro e que pode ser considerada como o embrião do que viria a ser o Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO), instituído em 1996 e com atuação expressiva até 2019, quando teve sua importância e representatividade diminuída significativamente[2].

A política de gerenciamento costeiro no país foi efetivamente implementada em 1988, alguns meses antes da promulgação da Constituição, pela Lei 7661/88[3] e regulamentada 16 anos depois pelo Decreto 5300/2004[4]. Uma abordagem sobre a conexão entre ciência e gestão para esse caso específico foi apresentada por Martins (2003) o qual destacou que, do ponto de vista das Geociências, essa conexão encontra-se materializada em quatro níveis distintos: (1) programas governamentais em ciências oceânicas; (2) programas governamentais em serviços ecossistêmicos (oceânicos e costeiros), ambos vinculados à Comissão Oceanográfica Intergovernamental COI (UNESCO); (3) Iniciativas não governamentais, a maioria vinculadas ao Conselho Internacional para a Ciência - ICSU; (4) acordos bilaterais estabelecidos pelo governo brasileiro com outros países.

O processo de efetivação de todo esse arcabouço de gestão costeira é complexo e, muitas vezes, pouco eficiente (Gruber et al., 2003; Asmus et al., 2006; Jablonski e Filet, 2008; Dias et al., 2007; Nicolodi e Zamboni 2008; Nicolodi et al., 2018, Scherer et al., 2018; Barragán e de Andrés, 2020), sendo ainda muito condicionado às nuances ideológicas e estruturais dos diversos governos que perpassaram este período de tempo. Mas ainda assim, tal arcabouço constitui-se em um marco referencial para a gestão do espaço geográfico costeiro e marinho. Complementa essa avaliação os resultados obtidos por Scherer et al. (2020b), para os quais, com base nos resultados de avaliação feita entre 2009 e 2018, as estratégias públicas para a GCI no país ainda estão em uma etapa inicial, sendo que que o Brasil ainda se apresenta num estágio de formulação de planos regionais/sub-regionais orientados à gestão costeira.

Evidentemente, toda estrutura de gestão costeira no país pressupõe abordagens multidisciplinares em termos de métodos, conceitos e ações. A Geografia teve (e tem) papel relevante nesse contexto. Esse papel é analisado no próximo tópico sob a ótica das abordagens utilizadas na construção desse processo em marcha no Brasil desde a década de 1970.

[1] http://ioc-unesco.org/

[2] https://www.mma.gov.br/informma/item/936-atas-gi-gerco e https://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos/item/8956#grupos-de-trabalhos-e-comit%C3%AAs-executivos

[3] http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7661.htm

[4] http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5300.htm

Abordagens geográficas na gestão costeira integrada

Que as zonas costeiras são, em linhas gerais, áreas com grande estresse ambiental, social e populacional é um fato já exaustivamente discutido na literatura. Tal situação ocorre em função da intensa exploração de recursos naturais, uso desordenado do solo e pouca priorização e efetividade de políticas incidentes nessa porção do território (MDZC, 1996 e 2008). Da mesma forma, a relevância da zona costeira em cenários de mudanças climáticas é notoriamente reconhecida (Asmus et al., 2019). Este cenário torna premente a intensificação do debate e, consequência esperada, da aplicação com efetividade aceitável de instrumentos de gestão e planejamento, sendo que para tal, diversas abordagens podem ser aplicadas.

A mais básica de todas é a abordagem do ponto de vista da definição do espaço geográfico a ser analisado e gerido. Gruber et al. (2003) sistematizaram tais definições contextualizando-as com àquelas mais relevantes do ponto de vista de aplicação em políticas públicas e diretrizes internacionais.

Rodriguez & Windevoxhel (1998) definiram a zona costeira (ZC) como o espaço delimitado pela interface entre o oceano e a terra, ou seja, a faixa terrestre que recebe influência marítima e a faixa marítima que recebe influência terrestre. Tal conceito é revestido de simplicidade suficiente para ser compreendido com facilidade, mas apresenta complicações para sua aplicação direta na GCI, uma vez que para fins de políticas territoriais a definição mais precisa possível de suas unidades é crucial ao planejamento. Para Clark (1996) e Gesamp (1997) o polígono da ZC se estende do limite da zona econômica exclusiva (ZEE)[5] até o limite terrestre afetado pelo clima marítimo. Esta definição já apresenta uma mescla entre um limite político arbitrário (200 milhas náuticas) e outro ainda a ser definido, uma vez que a determinação do que é afetado pelo clima marítimo não é precisa.

A legislação brasileira tem a conceituação de zona costeira definida, para fins de aplicação de políticas públicas, no próprio Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC (Lei 7661/1988), onde a primeira menção a esse item é feita. Em parágrafo único do Art. 2º, considera-se *"zona costeira o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre"*, as quais viriam a ser definidas posteriormente. Tal definição traz uma compartimentação entre as faixas marítimas e terrestres da zona costeira. Ainda cabe estudar e discutir se tal compartimentação foi benéfica, ou ao menos útil, ao longo do processo de gerenciamento costeiro brasileiro entre 1988 até o momento.

O detalhamento do que seriam essas duas faixas foi oficializado por meio do Decreto 5.300/2004, que regulamentou o PNGC, da se seguinte forma: I - faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial; II - faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira.

Percebe-se que a definição da faixa marítima apresenta claro limite físico: entre a linha de base[6] e as 12 milhas náuticas, que de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, compõe o Mar Territorial. Interessante notar que tal conceito exclui a porção da ZEE do escopo geográfico da GCI.

[5] http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8617.htm

[6] Média da água mais baixa da maré.

Já para a faixa terrestre, a definição é mais complexa, dado que a acepção da influência direta dos fenômenos ocorrentes na ZC não é, nem de perto, consensual. Por se tratar de uma designação geográfica aplicada à gestão, a utilização de uma base territorial definida torna-se premente. Por isso, o emprego dos limites municipais foi estabelecido também no Decreto 5.300/2004, sendo que segundo o Art.4°, os Municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira são:

I. defrontantes com o mar, assim definidos em listagem estabelecida pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE;
II. não defrontantes com o mar, localizados nas regiões metropolitanas litorâneas;
III. não defrontantes com o mar, contíguos às capitais e às grandes cidades litorâneas, que apresentem conurbação;
IV. não defrontantes com o mar, distantes até cinquenta quilômetros da linha da costa, que contemplem, em seu território, atividades ou infraestruturas de grande impacto ambiental na zona costeira ou ecossistemas costeiros de alta relevância;
V. estuarino-lagunares, mesmo que não diretamente defrontantes com o mar;
VI. não defrontantes com o mar, mas que tenham todos os seus limites com Municípios referidos nos incisos I a V;
VII. desmembrados daqueles já inseridos na zona costeira.

Uma análise superficial destes sete critérios basta para compreender que, à exceção do critério I, a definição da faixa terrestre da zona costeira brasileira é complexa, imprecisa e necessita de constantes atualizações, o que nem sempre ocorre por parte do poder público. Tais fatos tem potencial para gerar discrepâncias em sua utilização, causando ruídos na aplicação e, por consequência, na efetividade de políticas incidentes nessa porção do território (Asmus et al. 2006; García-Onetti, 2018; Cristiano et al., 2018; Nicolodi et al., 2018, Scherer et al., 2020).

Agrega-se a esta complexidade conceitual, a similaridade de termos que acabam por serem utilizados sem um maior critério. Dentre eles, se destacam os conceitos de “litoral”, “orla” e, ainda que em uma escala distinta, “costa”.

Mesmo do ponto de vista acadêmico a definição de “orla” muitas vezes se mescla com a conceituação de “litoral”, que por sua vez, se confunde com “costa”. Se buscarmos a definição de litoral em dicionários, veremos exemplos como “*Extensão de território ao longo da costa, das bordas do mar*” (Larousse, 1980), ou “*Termo que designa a faixa de terra junto à costa marítima que engloba cerca de 50km para o interior, dependendo da legislação de cada país*” (Wikipédia, 2020). Já a definição de ‘costa’, também pelo *site* Wikipédia (2020) se mescla com conceito de “orla”: “*a linha que separa o mar da terra tal como é indicado nos mapas*”. Tal definição de “costa” corrobora com àquela de Bird (2008), a qual em uma ótica da Geomorfologia Costeira define, “*como sendo a zona onde terra, mar e ar (litosfera, hidrosfera e atmosfera) encontram-se e interagem*”.

Uma definição dada pela Geomorfologia e amplamente aceita é de Guerra (1972), na qual litoral é “*Faixa de terra emersa, banhada pelo mar”* (Guerra, 1972). Não se deve definir o litoral como sendo apenas a linha de contato entre o relevo terrestre e as águas oceânicas, devido à movimentação rítmica da água do mar (marés, vagas, correntes, etc.), o que ocasiona uma variação do nível das águas oceânicas. Uma definição dada por Suguio (1992) e que é utilizada pela Geologia é a que define litoral como a zona relativamente estreita, a qual se estende desde a linha de praia até além da zona de rebentação. É o ambiente bentônico entre os limites de marés

altas e baixas. Já no campo da Oceanografia, Calazans (2011) conceitua litoral como a região marinha compreendida entre o limite da preamar e os 200 metros de profundidade, a qual pode ter como sinônimo o termo Região Litorânea.

Como um contraponto na mesma língua mãe, em Portugal se convencionou, por meio da "Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira" (RCM nº 82/2009), utilizar as seguintes definições:

a) litoral: termo geral que descreve as porções de território que são influenciadas direta e indiretamente pela proximidade do mar;

b) zona costeira: porção do território influenciada direta e indiretamente, em termos biofísicos, pelo mar e que, sem prejuízo das adaptações aos territórios específicos, tem para o lado da terra, a largura de 2 quilômetros e se estende para o lado do mar até o limite das águas territoriais, incluído o leito;

c) orla: porção do território onde o mar, coadjuvado pela ação eólica, exerce diretamente a sua ação e que se estende, a partir da margem até 500 metros, para o lado de terra, e para o lado do mar, até a cota batimétrica dos 30 m;

d) linha de costa: fronteira entre a terra e o mar, assumindo-se como referência a linha máxima de preamar de águas vivas equinociais - LMPMAVE. A Figura 16.1 ilustra essa divisão territorial.

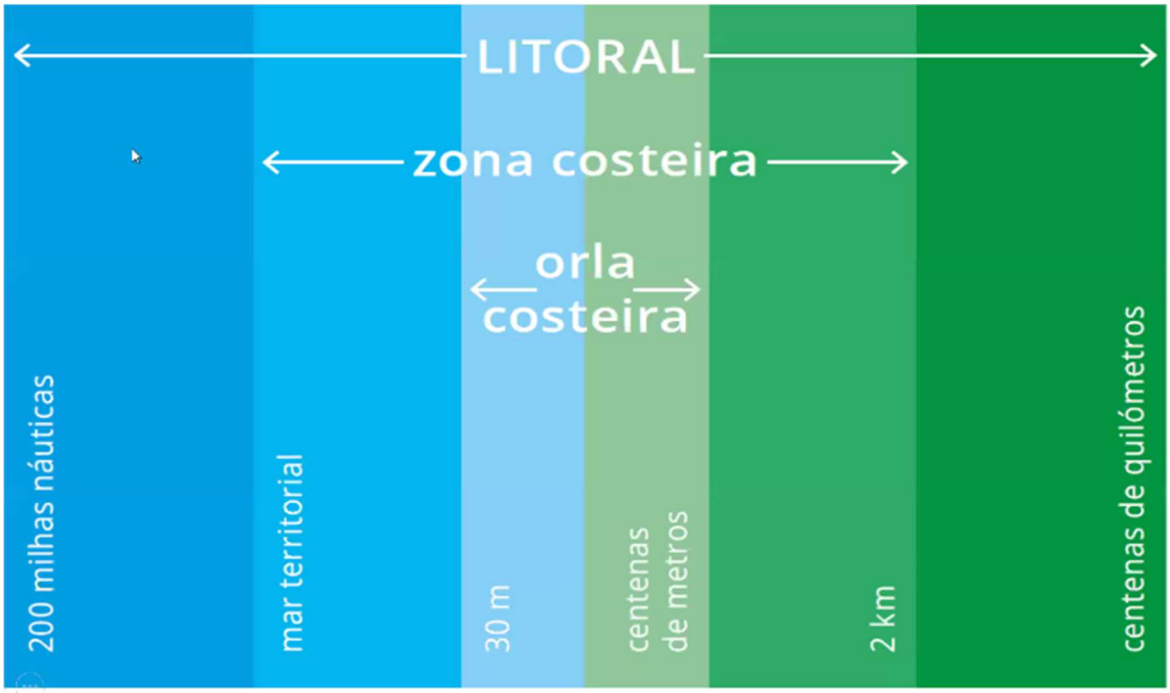


Figura 16.1. Definições territoriais adotadas por Portugal a partir da Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira.

Fonte: RCM nº 82/2009.

Ainda que essa pluralidade de conceitos se sobreponha, as definições legais são as que acabam por prevalecer nas tomadas de decisões. Em termos jurídicos, em 2004 foi instituído um novo espaço de gestão territorial: a "orla marítima". A mesma foi definida no Artigo 22 do Decreto 5.300/04 como a faixa contida na zona costeira, de largura variável, compreendendo uma porção marítima e outra terrestre, caracterizada pela interface entre a terra e o mar (figura 16.2). Já o

Artigo 23 do mesmo Decreto define os critérios para delimitação da orla marítima, sendo eles: I – limite marítimo: isóbata de dez metros, profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos; II – limite terrestre: cinquenta metros em áreas urbanizadas ou duzentos metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias, costões rochosos, restingas, manguezais, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar, quando existentes, onde estão situados os terrenos de marinha[7] e seus acrescidos (Oliveira e Nicolodi, 2012).

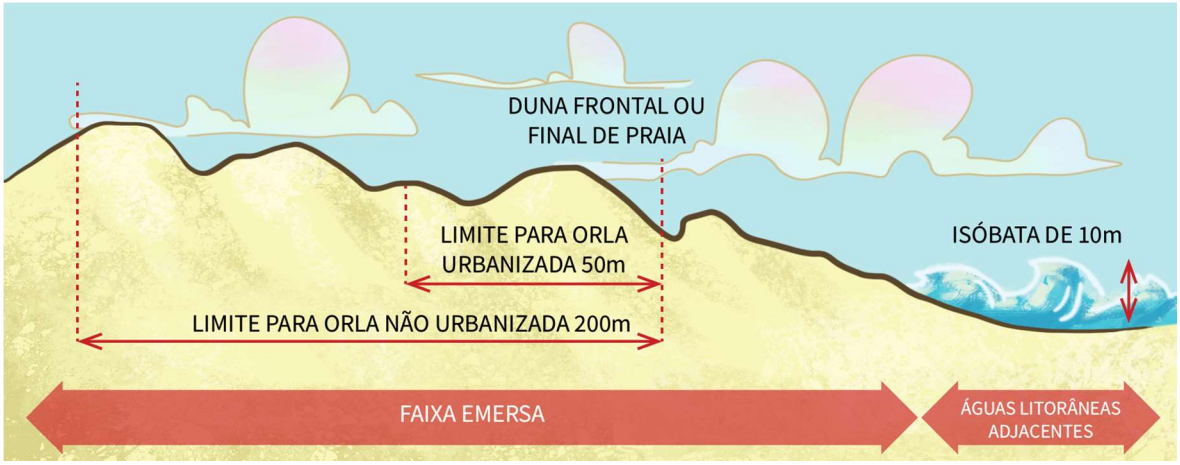


Figura 16.2. Desenho esquemático da orla marítima do Brasil, segundo metodologia proposta no Projeto ORLA.

Fonte: adaptado de MMA, 2002.

Segundo tais autores, essas definições foram derivadas de alguns anos de experiência do Ministério do Meio Ambiente na execução do Projeto ORLA, que foi implementado em 2001 e que ainda encontra-se vigente no ano de 2020, com algumas variações decorrentes da implementação do Termo de Adesão à Gestão das Praias Marítimas (TAGP)[8], o qual prevê a transferência da gestão das praias da Secretaria de Patrimônio da União (SPU) para os municípios, conforme procedimento específicos a ser adotado pelas municipalidades[9] (Scherer et al., 2020).

O que se infere de todo esse arcabouço é que, cada vez mais, é necessário que a conexão entre a ciência (academia) e a gestão (nesse caso específico, a territorial) seja axiomática e que ambas se retroalimentem de suas experiências e conhecimentos.

---

[7] Conforme o Decreto-Lei 9.760/46, que lista os bens da União, os terrenos de marinha são:
- os que ocupam a faixa litorânea de terra 33 metros medida a partir da linha das áreas inundadas pela maré alta do ano de 1831;

- os situados no continente, na costa marítima e nas margens dos rios e lagoas, até onde se faça sentir a influência das marés;

- os que contornam as ilhas situadas em zona onde se façam sentir a influência das marés.

[8] Art. nº 14 da Lei Federal nº 13.240, de 30 de dezembro de 2015, nas Portarias SPU nº 113, de 12 de julho de 2017, e nº 44, de 31 de maio de 2019, da Secretaria do Patrimônio da União, e na Ação nº 7 do IV Plano de Ação Federal para a Zona Costeira (PAF-ZC 2017-2019).

[9] Detalhes em https://gaigerco.furg.br/projetos/2-uncategorised/31-projeto-subsidios-tagp

No caso da abordagem dada à orla brasileira essa conexão foi amplamente ressaltada. Moraes (2007) a definiu como um espaço de multiuso sujeito a sérios conflitos socioambientais resultantes do seu processo de uso e ocupação, constituindo a borda marítima imediata à escala de planejamento definida como zona costeira. Essa definição, forjada na academia, mas discutida em conjunto com tomadores de decisão, já apresenta um forte viés de integração entre ciência e gestão, que foi derivado dos resultados de trabalhos como os de Moraes e Zamboni (2004) e Moraes (2004), os quais propuseram uma tipologia para os espaços praiais a partir da construção do conceito de orla marítima e a da classificação das praias brasileiras por níveis de ocupação.

Ainda em termos de definições territoriais para a gestão costeira, outro conceito é amplamente utilizado: "praia". Embora existam muitas e variadas definições acadêmicas para a praia (Carter, 1988; Short, 1999; Masselink et al., 2003, Muehe, 2019), a gestão costeira no Brasil é pautada pela definição constante na Lei 7.661/88, na qual a praia é a área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subsequente de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite onde se inicie a vegetação natural, ou, em sua ausência, onde comece outro ecossistema. No Art. 10 da referida Lei, a praia é definida ainda como "*bens públicos de uso comum do povo, sendo assegurado, sempre, livre e franco acesso a elas e ao mar, em qualquer direção e sentido, ressalvados os trechos considerados de interesse de segurança nacional ou incluídos em áreas protegidas por legislação específica*" (Brasil, Lei 7.661/88).

Do ponto de vista da abordagem geográfica para a gestão, esse cenário multivariado de definições e conceitos sobre zona costeira, litoral, orla e praia tende a gerar amplos e valoráveis debates, mas que acabam por contrapor, em determinadas situações, a aplicação dos mesmos em políticas públicas e seus instrumentos de gestão. Embora não seja viável a adoção de definições sempre uniformes e únicas para a zona costeira brasileira (em face de suas peculiaridades e dimensões), a constante atualização dessas terminologias com base em pesquisas e análises por parte da academia e em experiência prática por parte da gestão é o caminho mais sensato a ser trilhado para um eficiente manejo costeiro integrado.

Tais atualizações conceituais e terminológicas são constantes na prática da ciência, uma vez serem constantes também os fluxos de investigações e suas consequentes conclusões que vão, ao longo do tempo, aperfeiçoando o contexto do saber sobre determinadas temáticas. Já no campo da gestão territorial, especificamente da gestão, essa constância de discussões acerca de conceitos, métodos e abordagens não se dá com a mesma fluência.

Dada essa conjuntura, o melhor campo para se proceder a tais atualizações e discussões seriam os próprios instrumentos de gestão, os quais já são preconizados como mecanismos (algumas vezes com métodos próprios) na legislação vigente sobre a temática. No próximo tópico tais instrumentos da gestão costeira serão apresentados sob a ótica de suas interfaces com a Geografia e áreas afins.

Os Instrumentos de GCI e suas interfaces com a Geografia

Em sua legislação específica o Gerenciamento Costeiro do Brasil apresenta um conjunto de nove instrumentos, os quais estão descritos no Art. 7º do Decreto 5.300/04. Tal artigo ainda informa que os mesmos devem ser aplicados de forma articulada e integrada. Acrescentou-se a essa análise outro item, o PROCOSTA, uma vez ser o mesmo parte do arcabouço de instrumentos de gestão da GCI, ainda que mais recente (Quadro 1).

Quadro 16.1. Instrumentos de gestão do Gerenciamento Costeiro Integrado do Brasil.

	Instrumento	Descrição
1	**Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC**	Conjunto de diretrizes gerais aplicáveis nas diferentes esferas de governo e escalas de atuação, orientando a implementação de políticas, planos e programas voltados ao desenvolvimento sustentável da zona costeira;
2	**Plano de Ação Federal da Zona Costeira - PAF**	Planejamento de ações estratégicas para a integração de políticas públicas incidentes na zona costeira, buscando responsabilidades compartilhadas de atuação.
3	**Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro - PEGC**	Implementa a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro, define responsabilidades e procedimentos institucionais para a sua execução, tendo como base o PNGC.
4	**Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro - PMGC**	Implementa a Política Municipal de Gerenciamento Costeiro, define responsabilidades e procedimentos institucionais para a sua execução, tendo como base o PNGC e o PEGC, devendo observar, ainda, os demais planos de uso e ocupação territorial ou outros instrumentos de planejamento municipal.
5	**Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro - SIGERCO**	Componente do Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente - SINIMA, que integra informações georreferenciadas sobre a zona costeira.
6	**Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira - SMA**	Estrutura operacional de coleta contínua de dados e informações, para o acompanhamento da dinâmica de uso e ocupação da zona costeira e avaliação das metas de qualidade socioambiental.
7	**Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira - RQA-ZC**	Consolida, periodicamente, os resultados produzidos pelo monitoramento ambiental e avalia a eficiência e eficácia das ações da gestão.
8	**Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro - ZEEC**	Orienta o processo de ordenamento territorial, necessário para a obtenção das condições de sustentabilidade do desenvolvimento da zona costeira, em consonância com as diretrizes do Zoneamento Ecológico-Econômico do território nacional, como mecanismo de apoio às ações de monitoramento, licenciamento, fiscalização e gestão.
9	**Macrodiagnóstico da zona costeira**	Reúne informações, em escala nacional, sobre as características físico-naturais e socioeconômicas da zona costeira, com a finalidade de orientar ações de preservação, conservação, regulamentação e fiscalização dos patrimônios naturais e culturais.
10	**Projeto ORLA**	Define um espaço de gestão específico (orla) com objetivo de planejar e implementar ações nas áreas que apresentem maior demanda, a fim de disciplinar o uso e ocupação do território
11	**PROCOSTA**	Visa promover a gestão integrada da linha de costa, seu conhecimento técnico-científico, suas variações conforme os eventos extremos e mudanças do clima, usos múltiplos e proteção dos ecossistemas marinhos e costeiros.

Fonte: os autores.

Embora seja claramente perceptível um encadeamento lógico nestes instrumentos, com a definição de planos nas três esferas de governo (federal, estadual e municipal) e com sua execução coordenada por um "Plano de Ação Federal" mais amplo (PAF), a existência, aplicação e efetividade deste conjunto é muito variável e ainda pouco documentada (Gruber et al., 2003; Asmus et al., 2006; Dias et al,. 2007; Jablonski e Filet, 2008; Nicolodi e Zamboni, 2008; Oliveira e Nicolodi 2012; Cristiano et al., 2018; García-Onetti, 2018; Nicolodi et al., 2018; Scherer et al., 2018; Scherer et al., 2020).

Embora essa análise mais aprofundada não faça parte do escopo deste texto, serão feitas, a seguir, breves considerações sobre cada um destes instrumentos, com foco na abordagem geográfica aplicada em cada um deles, seja do ponto de vista de conceitos e métodos, ou ainda, da atuação da Geografia por parte de profissionais vinculados a essa ciência.

Planos de Gerenciamento Costeiro

Em 1988 a Constituição declarou a zona costeira como "patrimônio nacional", afirmando um princípio jurídico que sustenta toda a aplicação da legislação federal e estadual relativa à zona costeira. A Lei 7.661/88 (maio) é anterior à Constituição Federal de 1988 (outubro) e inovou ao reconhecer o papel dos estados e municípios, compartilhando atribuições que antes eram consideradas da órbita federal exclusivamente. Tal Lei estabeleceu uma reorientação das competências administrativas e normativas com os estados e municípios, aos quais é incumbida também a atividade de planejamento nas respectivas esferas, com a aprovação de planos estaduais e municipais de gerenciamento costeiro. Um dos maiores méritos dessa legislação é o de ratificar, no plano político e institucional, o conceito de zona costeira e o conceito de gestão integrada, preparando o terreno para a edição da norma constitucional.

Mesmo com essa redistribuição de competências e ratificação de conceitos, os Planos Estaduais de Gerenciamento Costeiro tiveram seu desenvolvimento e aplicação de forma lenta e com relativa permeabilidade no conjunto de políticas eminentemente territoriais ao longo dos 17 estados costeiros (Nicolodi et al., 2018).

Essa configuração também reflete nos municípios, uma vez que a Constituição lhes concedeu competência específica para *"promover no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano."* (Brasil, 1988, art. 30, inciso VIII). E embora os Planos Municipais de Gerenciamento Costeiro estivessem no cardápio da gestão costeira brasileira, os mesmos praticamente não saíram do papel até a segunda metade da década de 2010, e ainda assim, de forma tímida e pouco efetiva. As razões para tal fato são complexas e demandam maior aprofundamento, mas perpassam pelo baixo grau de prioridade dado ao planejamento estratégico com base territorial no país, bem como com a quantidade expressiva de planos, programas e projetos que se sobrepõem aos territórios sem uma integração prévia.

Sistema de Informações do gerenciamento costeiro - SIGERCO

Este instrumento está intrinsecamente ligado às ciências geográficas, as quais vêm se dedicando ao longo tempo à utilização e ao desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), bem como às suas aplicações práticas. Embora em um primeiro momento a implementação do SIGERCO aparente ser, relativamente, de fácil construção, dada suas características técnicas bem difundidas, as diversas tentativas feitas pelo Ministério do Meio Ambiente desde a década de

1990 não resultaram em sua construção e implementação, sendo essa uma lacuna a ser preenchida no âmbito da gestão costeira do Brasil.

Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira – SMA e Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira - RQA-ZC

Ambos os instrumentos são complementares. Um Relatório de Qualidade Ambiental parte de três premissas básicas: a) Deve centrar seu enfoque no monitoramento (estrito senso). Isto é, uma ação sistemática e periódica de organização de informações com a finalidade de acompanhamento da condição e da gestão da zona costeira. b) Deve especificar se vai tratar de informações primárias ou secundárias (preexistentes), e c) Deve fazer a distinção entre um relatório nacional e um relatório federal acerca da zona costeira do Brasil. Trata-se, antes de tudo, de uma diferenciação entre escalas de abordagem dos fenômenos: a nacional se constitui basicamente pela somatória de informações levantadas na escala dos estados; já a federal se estabelece como uma escala própria, definida pelo olhar da União. A utilização de indicadores se constitui como a metodologia mais utilizada em documentos dessa natureza, sendo que uma extensiva produção bibliográfica existente nessa temática pode ser acessada na literatura especializada (Coltrinari e McCall, 1995; Mitchell et al., 1995; Mannis, 1996; Berger, 1997; Baker, 1998; Jannuzzi, 2005; IOC, 2006; UNEP, 2006; Oliveira e Souza, 2007; Tavares et al., 2007; Magalhães Júnior, 2011; Souza e Nicolodi, 2016; Tischer e Polette, 2016; Nicolodi et al., 2018; Zapater et al., 2019).

Ainda que em 2005 tenha sido instituído um grupo de trabalho no âmbito do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) visando à elaboração de uma proposta de Resolução que definisse a metodologia e a padronização de procedimentos de monitoramento, análise e sistematização de dados para a elaboração do RQA-ZC, tal relatório nunca foi implementado de forma sistêmica no âmbito do poder público. Algumas iniciativas foram desenvolvidas nesse sentido, inclusive com publicações do IBAMA de Relatórios de Qualidade Ambiental do país, mas não específicos da zona costeira, não se configurando como o RQA/ZC.

Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro - ZEEC

Este talvez seja o instrumento da gestão costeira brasileira de maior complexidade quando se avalia todo o seu ciclo de planejamento, elaboração e aplicação. Ainda em 1981, a Lei 6.938/1981 instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), com o objetivo de preservar, conservar e recuperar a qualidade ambiental propícia à vida e estabeleceu, entre seus instrumentos de execução, o zoneamento ambiental, posteriormente regulamentado sob a denominação de "Zoneamento Ecológico-Econômico" (ZEE), o qual também é previsto no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei nº 7.661/1988) como instrumento de gestão desta porção do território, sob a alcunha de "Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro" (ZEEC).

Estima-se que um ZEE deva ser referência para políticas públicas e ter capacidade de oferecer soluções alternativas para conflitos de uso dos recursos e da ocupação do território, subsidiando a elaboração de políticas territoriais e orientando os tomadores de decisão na adoção de políticas convergentes com as diretrizes de planejamento estratégico do País (MMA, 2006).

No caso específico do ZEE costeiro (ZEEC), sua elaboração parte da identificação das principais problemáticas relacionadas à ocupação e ao uso do território, do correspondente diagnóstico integrado dos meios físico-biótico, socioeconômico e jurídico-institucional e do estabelecimento

de cenários prospectivos para a proposição de diretrizes legais e programáticas para cada unidade territorial identificada, estabelecendo, inclusive, ações voltadas à mitigação ou correção de impactos ambientais danosos porventura ocorridos.

Segundo Nicolodi et al. (2018), a existência dos dois zoneamentos (ZEE e ZEEC), ao mesmo tempo em que coloca a zona costeira em um patamar destacado do ponto de vista da gestão territorial, o que é perfeitamente compreensível face às suas especificidades e complexidade de interações sócio ambientais, favorece interpretações dúbias, sobreposições de diretrizes, duplicidade de esforços ou ainda, perda de significado do zoneamento costeiro em determinadas situações.

Outra questão premente nessa relação ZEE *versus* ZEEC é a escala geográfica. Os ZEEs no Brasil vêm sendo desenvolvidos e aplicados (embora essa relação não seja necessariamente direta) em variadas escalas, como por exemplo, no ZEE da Amazônia Legal, ZEE do São Francisco (escalas regionais de 1:250.000), nos ZEEs estaduais (1:100.000) e, em algumas situações específicas, nos ZEEs municipais, com escalas variáveis entre 1:25.000 e 1:10.000[10]. Essa questão da escala geográfica torna-se ainda mais premente a partir da implementação do "novo" Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que, em seu artigo 11-A, trata do uso ecologicamente sustentável de manguezais (apicuns e salgados[11]), estabelecendo que a ampliação da ocupação destes ecossistemas deve respeitar o ZEE costeiro (ZEEC), com a individualização das áreas ainda passíveis de uso, em escala mínima de 1:10.000.

Em termos específicos do ZEEC, Nicolodi et al. (2018) identificaram a existência de um panorama de sua elaboração e implementação no Brasil, o qual aponta, se não um cenário favorável, ao menos uma situação de consolidação e maturidade deste instrumento de gestão, ainda que diversos problemas foram identificados, ocasionando uma relativa ineficiência dessa política pública em relação à uma gestão equilibrada da zona costeira. De fato, os 17 estados costeiros apresentam diferentes contextos históricos e motivações que culminaram na elaboração e implementação do ZEEC nos mais variados estágios. Pode-se inferir que a necessidade de conhecimento das características ambientais e socioeconômicas de cada estado e a premência de conciliação das diversas visões entre os diferentes níveis de governo acerca da ocupação e do uso do território costeiro foram preponderantes para que se atingisse este estágio atual do ZEEC no país.

Macrodiagnóstico da zona costeira – MDZC

Em 1996, como resultado de avaliação do processo de Gerenciamento Costeiro no país (iniciado em 1988), foi publicada a primeira versão do "Macrodiagnóstico da Zona Costeira na Escala da União" (MMA, 1996; 2008). Em 2005, teve início o processo de atualização daquele diagnóstico, agregando-se novas combinações de análises de impactos diretos e indiretos na costa brasileira, tendo sido publicada em 2008 a segunda versão do "Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil".

Uma das características desse documento é a capacidade de agregar e inter-relacionar informações de base referentes às características físico-naturais e socioeconômicas. Além disso,

[10] https://www.mma.gov.br/endere%C3%A7os-importantes/item/7531-programa-zee-brasil

[11] Parte do ecossistema de Manguezais, definido pela Lei nº 12.651/12, como áreas situadas em regiões com frequências de inundações intermediárias entre marés de sizígias e de quadratura, com solos cuja salinidade varia entre 100 (cem) e 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), onde pode ocorrer a presença de vegetação herbácea específica.

propicia uma visão de conjunto do litoral brasileiro no que se refere aos cenários atuais e potenciais de riscos.

O MDZC (1996) pode ser considerado um dos trabalhos pioneiros no estudo e análise sobre a gestão integrada de zonas costeiras na escala da União, sendo que o mesmo foi fruto de esforço de diversas instituições, com destaque para a Gerência Costeira do MMA, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade de São Paulo (USP).

Uma das questões que recebe relevância no MDZC 1996 é a escala. São delineadas três escalas: temporal, geográfica e de tomada de decisões. A tabela 16.1 sintetiza as definições destas.

Tabela 16.1. Definições de escala que permearam as discussões do MDZC (1996).

Tipo de escala	**Definição**
Temporal	Define a relação da gestão com a dinâmica do meio natural. A costa tem limite móvel, a qual o homem tende a consolidar, mas cujo tempo de atuação não é o mesmo, assim como não é o mesmo o tempo do gestor e o tempo do especialista na dinâmica do meio natural.
Geográfica	Busca avaliar as consequências locais e regionais da gestão. Ações em uma área têm conexões com áreas vizinhas, onde o ordenamento de uma área pode deflagrar o desordenamento de outra.
Tomada de decisão	Considerada como a escala geográfica administrativa. É a reflexão de uma ordem política de atuação do poder público. A ZC é designada, por um processo político, para ser gerida como uma só unidade. Não há, necessariamente, convergência dos múltiplos processos envolvidos com a tomada de decisão com os ecossistemas e com a dinâmica natural.

Fonte: os autores.

Observa-se destaque para o fato de o MDZC incorporar a escala da União em suas análises. Considera-se que é nessa escala que se estabelece a regulamentação do uso do território, sendo ainda a escala de referência para integração de políticas setoriais do governo federal, e destas com outras esferas de governo e com a sociedade civil.

O MDZC considera a escala da União como aquela de percepção mais ampla dos fenômenos capazes de evitar a polarização entre estados e regiões, ou ainda, a multiplicação de projetos estereotipados com desperdício de espaço e dinheiro. Trata-se da escala onde se podem regular as formas de gestão, estabelecendo regras de parcerias e do que deve ser proibido, fiscalizado, induzido ou incentivado.

Uma nova versão (terceira) do MDZC chegou a ser discutida entre o Ministério do Meio Ambiente e a academia, mas o projeto acabou por ser descontinuado em 2019. Tal projeto produziu subsídios para a revisão metodológica do MDZC a partir da integração das dimensões e respectivos dados ambientais, econômicos, sociais e culturais, com a inserção de uma “lente” climática. Buscava-se, ainda, discutir mecanismos para uma maior integração do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) ao Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), bem como

definir a proposição de um modelo de banco de dados geográfico (BDG) com arquitetura voltada a serviços (SOA) e que pudesse ter a internet como meio de acesso[12].

Projeto ORLA

A partir de 2004, o Decreto 5.300, que regulamentou a Lei do Gerenciamento Costeiro no país, definiu, como visto acima, um novo espaço geográfico de gestão do território: a orla marítima. Até 2018, uma das principais frentes de ação do Ministério do Meio Ambiente era o Projeto ORLA, o qual tem como objetivo otimizar o ordenamento dos espaços litorâneos sob domínio da União, aproximando as políticas ambiental, urbana e patrimonial (Oliveira e Nicolodi, 2012).

Cabem aqui algumas observações sobre a questão das escalas no planejamento dos espaços litorâneos. A orla refere-se a um espaço pouco extenso, que requer uma ótica de detalhe do ponto de vista do ordenamento territorial, ainda que boa parte dos processos que a impactam, na verdade, ocorram para além de seus limites. Em outras palavras, a orla é a borda marítima imediata de uma unidade espacial maior, que, no planejamento brasileiro, é definida como a zona costeira, formada pelos territórios municipais do litoral (Moraes, 2004).

Detalhes técnicos e operacionais do Projeto ORLA podem ser observados em seus manuais[13]. Destaca-se o fato de toda a estrutura deste projeto estar em processo de revisão, tanto do ponto de vista técnico e conceitual quanto do ponto de vista institucional e político[14]em função de um novo elemento que foi estabelecido em 2015, por meio da Lei 13.240, a qual trata do "Termo de Adesão à Gestão das Praias Marítimas" (TAGP),[15]e que prevê a transferência da gestão das praias da Secretaria de Patrimônio da União (SPU) para os municípios, conforme procedimento específicos a ser adotado pelas municipalidades (Scherer et al. 2020).

PROCOSTA

Ainda que não conste na Lei nº 7.661/88 e no Decreto nº 5.300/04, vale ainda mencionar o Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa – PROCOSTA. Este programa foi uma iniciativa do governo federal, via Coordenação do GERCO (MMA) lançada pela Portaria nº 76/2018 e que visa promover a gestão integrada da linha de costa, seu conhecimento técnico-científico, suas variações conforme os eventos extremos e mudanças do clima, usos múltiplos e proteção dos ecossistemas marinhos e costeiros (PROCOSTA, 2018). Tal Programa trouxe um caráter inédito ao conjunto de instrumentos e ferramentas da GCI, uma vez tratar, de forma integrada e sob a ótica da gestão com base ecossistêmica (Agardy et al*.,* 2016), de quatro eixos centrais para a gestão da costa: a) Compatibilização da altimetria com a batimetria[16]; b) Projeção de Linhas de Costa Futuras e Identificação de Perigos; c) Risco Costeiros e Estratégias de

[12] https://gaigerco.furg.br/projetos/2-uncategorised/38-mdzcprojeto

[13] https://mma.gov.br/publicacoes/gestao-territorial/category/81-gestao-costeira-g-projeto-orla

[14] https://gaigerco.furg.br/projetos/2-uncategorised/31-projeto-subsidios-tagp

[15] Art. nº 14 da Lei Federal nº 13.240, de 30 de dezembro de 2015, nas Portarias SPU nº 113, de 12 de julho de 2017, e nº 44, de 31 de maio de 2019, da Secretaria do Patrimônio da União, e na Ação nº 7 do IV Plano de Ação Federal para a Zona Costeira (PAF-ZC 2017-2019).

Adaptação; d) Monitoramento e Gestão para a Conservação da Linha de Costa. Embora a portaria, em seu Art. 3º prevê que o PROCOSTA seja implementado pelo Ministério do Meio Ambiente, por meio de sua Coordenação-Geral de Gerenciamento Costeiro, em 2019 o Programa teve seu desenvolvimento descontinuado.

O papel do geógrafo na gestão costeira integrada – GCI

Em sua autobiografia, Aziz Nacib Ab'Saber atenta para a importância do trabalho de campo e da interdisciplinaridade na atuação de um geógrafo. Segundo o autor, o diálogo com antropólogos, botânicos, cientistas sociais, geólogos e historiadores, entre outros, se configura como uma das principais valências para que o conhecimento adquirido nas academias possa efetivamente ser utilizado em prol da sociedade, em uma irrefutável interrelação entre a Geografia e o planejamento (Ab' Saber, 2007).

Em uma das passagens mais interessantes desta obra, Ab'Saber destaca certa impotência do geógrafo na mudança em prol do ideário ético e humanístico. Segundo o autor, o geógrafo precisa conviver com uma situação na qual ele tem conhecimento, mas, por outro lado, não tem poder algum para modificá-los, tornando-se um refém dos interesses dos capitais público e privado (Ab'Saber, 2007).

Um paralelo direto pode ser aplicado ao papel do Geógrafo na gestão costeira integrada (GCI) no Brasil, sendo que interessante abordagem pode ser dada a este papel, a qual é observada sob dois aspectos: 1 – político-estratégico e 2 – técnico/científico. Tal diferenciação se dá a partir da definição de competências destes atores no processo da GCI.

Um excelente exemplo foi a participação de geógrafos na construção do arcabouço técnico e científico da GCI no país. Nomes importantes da Geografia brasileira formaram parte dos pilares de construção dessa história, como por exemplo os professores Antônio Carlos Robert de Moraes (USP), Berta Becker (UFRJ), Claudio Egler (UFRJ), Dieter Muehe (UFRJ), Wanderley Messias (USP), os quais foram mentores do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e da sua estratégia de execução nas décadas de 1980 e 1990. Do ponto de vista político-estratégico, cabe a menção ao fato de que dois geógrafos estavam a frente do processo da GCI no Ministério do Meio Ambiente: Oneida Freire (Geog. – UFMG) e Álvaro Roberto Tavares (Geog. – UNB).

A atuação de geógrafos no âmbito do gerenciamento costeiro diverge um pouco entre as três escalas de atuação (da União, estadual e municipal). Na escala nacional é fundamental a visão integrada do território, tanto do ponto de vista de seus compartimentos geomorfológicos e processos físico-químicos atuantes, quanto do papel do ser humano enquanto parte transformadora e transformada da paisagem. Saber lidar com a interface entre os diversos ramos da ciência é fundamental neste tipo de atuação, que será mais de planejamento, articulação e acompanhamento de políticas públicas do que propriamente da execução de projetos.

Já nas escalas estadual e municipal esta visão integrada continua sendo um grande diferencial do geógrafo, mas, no contexto do gerenciamento costeiro, cabe aos estados e municípios a execução de alguns instrumentos de gestão, como por exemplo, o ZEEC e o PEGC, além do papel preponderante no licenciamento de empreendimentos. A execução deste tipo de trabalho exige conhecimento em mapeamento e geoprocessamento, os quais são cada vez mais dependentes de geotecnologias. A capacidade de interpretação de diversas camadas de informações geográficas

[16] Problema científico, metodológico, tecnológico e operacional que ainda existente na maioria dos países que possuem regiões costeiras: a integração dos níveis de referência terrestre e marítimo utilizados, respectivamente, para a altimetria (altitudes) e a batimetria (profundidades).

(dos mais variados tipos) com base na legislação vigente é outra ferramenta indispensável ao geógrafo que visa trabalhar nesta temática.

Cabe aqui a ressalva de que o conhecimento da legislação pertinente ao tema, bem como daquelas correlatas, é algo imprescindível ao sucesso do trabalho. Tal ressalva deve ser feita, pois nem todos os cursos de Geografia preparam seus alunos para essa realidade "jurídica" do dia a dia da gestão territorial, seja da administração pública ou no setor privado.

Considerações finais

A Geografia tem muito a contribuir com os processos de gestão costeira no Brasil. Como uma ciência que tem seu escopo de atuação vinculada aos conceitos de espaço, região e paisagem (dentre outros), ela tem potencial incondicional para colaborar em diversos processos em evidência nas sociedades em geral. Além disso, por ser uma ciência com muitas interfaces ativas, tanto no ramo da Geografia Física quanto da Geografia Humana, sua atuação pode gerar pesquisas, trabalhos técnicos e debates com aplicação efetiva nos processos de gestão do espaço. Especificamente no caso da gestão costeira, é necessário pensar o planejamento e a gestão territorial levando em consideração as interações e a interdependência das atividades socioeconômicas e dos processos naturais nos ambientes continental, costeiro e marinho. Os documentos da Agenda 21 (mais antigo) e o texto final da Rio+20 (O Futuro que Nós Queremos) destacam a importância de novas abordagens de gerenciamento e tratamento integrado das questões ambientais, considerando os ambientes marinho e costeiro como um todo e que se relaciona, diretamente, com as atividades na área continental. Tais modelos de gerenciamento devem pautar-se no princípio da precaução e pela antecipação dos possíveis conflitos de uso do território e impactos decorrentes.

Evidentemente, a Geografia não é nada sem quem a faça existir: os geógrafos (as). A atuação deste profissional na Gestão Costeira se faz cada vez mais necessária. Uma questão básica que permeia toda a discussão dessa atuação poderia ser: como fazer que instrumentos de planejamento territorial tenham êxito em um país onde o planejamento é essencialmente setorial? Como falar sobre ordenamento do território, de forma justa e ética, se tais políticas têm baixíssimo grau de prioridade nas esferas governamentais?

A desejada e necessária conexão entre ciência e gestão é crucial, e a GCI não é exceção. Sua configuração pressupõe a aplicação de instrumentos técnicos e políticos de claro trato territorial em várias escalas, tanto em níveis de gestão (federal, estadual e municipal) quanto de recortes territoriais, do nacional, regional e local. Tais abordagens são muito peculiares à Geografia e precisam ser acolhidas por segmentos próprios de uma Geografia Marinha (Costeira). Paradoxalmente, o Brasil, dono de um arcabouço legal e de instrumentos de gestão considerados modelo em nível mundial, sofre grande dificuldade para a implementação desses instrumentos para uma GCI efetiva.

Milton Santos (1996) já afirmava que as técnicas tendem ao desenvolvimento na medida em que o homem realiza a sua vida, sendo que sua evolução se dá a partir de mudanças ocorridas com o tempo, até chegar às técnicas científicas, considerando sua evolução em meio às mudanças no cenário econômico, político, cultural e social.

O momento é pródigo para que sejam repensadas posturas e prioridades. A pandemia da COVID-19 deve, necessariamente, trazer um novo paradigma de abordagem da relação do ser humano com as praias e que deverá ter reflexos nos setores de turismo, lazer, meio ambiente, construção civil, dentre outros (PROPLAYAS, 2020). Ou seja, tais mudanças são extremamente necessárias no

contexto da GCI, uma vez a mesma tratar de tão complexa interface, que, em última análise, reflete a projeção territorial de uma multiplicidade de funções.

Por fim, a busca da Geografia por subsídios que venham a contribuir à essa discussão deve ser premente, tanto no campo da técnica e da conceituação quanto no campo da participação de geógrafos como atores efetivos nas diversas camadas da sociedade.

Referências bibliográficas

AB'SABER, A. N. **O que é ser geógrafo: memórias profissionais de Aziz Nacib Ab'Saber**. Rio de Janeiro: Record, 2007.

AGARDY, T.; SHERWOOD, K.; VESTERGAARD, O. Medidas para la gestión ecosistemica de las zonas marinas y costeras. Guía de Introducción – PNUMA. **UNEP Regional Seas Reports and Studies** No. 189. ISBN: 978-92-807-3173-6. 2015.

ASMUS, M. L.; KITZMANN, D.; LAYDNER, C.; TAGLIANI, C. R. Gestão Costeira no Brasil: Instrumentos, fragilidades e potencialidades. **Gerenciamento costeiro integrado**, Itajaí - Santa Catarina, v. 1, n.4, p. 52-57, 2006.

ASMUS, M. L.; NICOLODI, J. L.; ANELLO, L. S.; GIANUCA, K. The risk to lose ecosystem services due to climate change: A South American case. **Ecological Engineering.** v. 130, p. 233-241. 2019.

BAKER, D. S. **Uma contribuição ao Sistema de Monitoramento de Biodiversidade em Unidades de Conservação Federais – SIMBIO**. Indicadores Socioeconômicos e Indicadores de Desempenho Institucional. 28p. Relatório Técnico. IBAMA. DF. Brasil. 1998.

BARRAGÁN, J.M. (2016). **Política, gestão e litoral – Uma nova visão da Gestão Integrada de Áreas Litorais**. Editorial Tébar Flores, S.L. Madrid, Espanha, 2016.

BARRAGÁN, J. M.; ANDRÉS GARCÍA, M. The management of the socio-ecological systems of the Bay of Cádiz: new public policies with old instruments? **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, 85, 2866, 1–42. 2020.

BERGER, A. R. Assessing rapid environmental change using geoindicators. **Environmental Geology**. v. 321, pp. 36-44. 1997.

BIRD, E. C. F. **Coastal geomorphology: an introduction** / Eric Bird. - Second edition. *British Library Cataloguing in Publication Data.* Copyright C_ 2008 John Wiley e Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England. ISBN 978-0-470-51729-1 (HB); ISBN 978-0-470-51730-7 (PB). 412p. 2008.

CALAZANS, D. **Estudos Oceanográficos: do instrumental ao prático**. 1. ed. Pelotas: Textos. v. 1. 462p. 2011.

CARTER, R.W.G. **COASTAL ENVIRONMENTS. AN INTRODUCTION TO THE PHYSICAL, ECOLOGICAL, AND CULTURAL SYSTEMS OF COASTLINES**. ACADEMIC PRESS. ELSEVIER LTD. 617P. 1988.

CLARK, J. **Integrated Coastal Zone Management – A world wide challenge to comprehend – Shoreline and Coastal Waters as single unit**. Sea Technology. Vol. 37. Nº 6. USA. 1996.

COLTRINARI, L., McCALL, G. Geo-Indicadores: Ciências da Terra e Mudanças Ambientais. **Revista do Departamento de Geografia da USP- RDG**, v. 9. p. 5-11. 1995.

CRISTIANO, S. C.; PORTZ, L.; ANFUSO, G.; ROCKETT, G. C.; BARBOZA, E. G. Coastal scenic evaluation at Santa Catarina (Brazil): Implications for coastal management. **Ocean and Coastal Management**, v. 160, p. 146-157, 2018.

DIAS, J. A.; POLETTE, M.; Carmo, J.A. O Desafio da Gestão Costeira Integrada. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 7(1), p. 3-4, 2007.

GARCÍA-ONETTI, J.; SCHERER, M. E.G.; BARRAGÁN, J. M. Integrated and ecosystemic approaches for bridging the gap between environmental management and port management. **Journal of environmental management**, v. 206, p. 615-624, 2018.

GESAMP – Grupo Mixto de Expertos sobre los aspectos científicos de la contaminación del mar. **The contributions of science to integrated costal management**. Reports and Studies. FAO. N. 61. Roma. 1997.

GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E.; NICOLODI, J. L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: Subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira. **GRAVEL-COMAR**, Porto Alegre, v. 1, p. 81-89, 2003.

GUERRA, J. A. T. **DICIONÁRIO GEOLÓGICO – GEOMORFOLÓGICO**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 442P. 1972.

HUMPHREY S.; BURBRIDGE, P.; BLATCH, C. US Lessons for coastal management in the European Union. **Marine Policy**. V. 24, p. 275-286. 2000.

IOC - Intergovernmental Oceanographic Commission. **A Handbook for Measuring the Progress and Outcomes of Integrated Coastal and Ocean Management**. IOC Manuals and Guides, 46; ICAM Dossier, 2. Paris, UNESCO. 2006.

JANNUZZI, P. M. Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações. **Alínea**. Campinas, SP. 141 p. 2005.

JABLONSKI, S.; FILET, M. Coastal management in Brazil – A political riddle. **Ocean e Coastal Management**. V. 51. P. 536–543. 2008.

JACOBI, P. R. Meio ambiente e sustentabilidade. In: O município no século XXI: cenários e perspectivas. Fundação Prefeito Faria Lima – CEPAM. Ed. Especial. São Paulo, p. 175-183. 1999.

LAROUSSE - **Grande Enciclopédia Larousse Cultural**. Grupo Escala de Publicações. Brasil, 1980. ISBN 85-13-00755-2.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. 3a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2011.

MANNIS, A. **Indicators of Sustainable Development**. University of Ulster. Austria. *In:* http//:cesimo.ing.ula.ve/GAIA/Reports/indics.htm. 1996.

MARRONI, E. V.; SILVA, A. L. R. Geopolítica do Brasil para o Atlântico Sul: uma revisão de literatura a partir da política pública nacional para o mar. **Revista da Escola Superior de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 145 – 177, 2015.

MARTINS, L.R. A Geologia Marinha brasileira e os programas internacionais. **GRAVEL-COMAR**, Porto Alegre, v. 1, p. 1-24, 2003.

MASSELINK, G.; HUGHES, M.G.; KNIGHT, J. **Coastal Processes e Geomorphology**. Ed. Routledge. Oxon, USA. ISBN 978-1-444-12240-4. 413 p. 2003.

MDZC - **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. v. 1. 242p. 2008.

MITCHELL, G., MAY, A., McDONALD, A. PICABUE: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development. **International Journal of Sustainable Development e World Ecology**. v. 2. p. 104-123. 1995.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União**. Brasília, DF. 1996.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Projeto Orla: Fundamentos para gestão integrada**. 78p., Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Brasília, DF, Brasil. 2002.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes Metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**. Brasília, DF. 2006.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil.** Brasília, DF. 2008.

MORAES, A. C. R. Contribuição para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. São Paulo. **Annablume**. 232p. 2007.

MORAES, A. C. R. Classificação das praias brasileiras por níveis de ocupação: proposta de uma tipologia para os espaços praiais. **Subsídios para um projeto de gestão** / Brasília: MMA e MPO. Projeto Orla. 104 p. 2004.

MORAES, A. C. R.; ZAMBONI, A. Construindo o conceito de orla marítima. **Subsídios para um projeto de gestão** / Brasília: MMA e MPO. Projeto Orla. 104 p. 2004.

MUEHE, D. Geografia marinha - A retomada do espaço perdido. **Revista da Anpege**., V.12, n.18, p.185-210, 2016.

MUEHE, D. Pós-praia não deve ser traduzido como backshore – uma revisão da terminologia brasileira do sistema praia – antepraia. **Quaternary and Environmental Geosciences**. V. 10(1). P. 40-43. 2019.

NICOLODI, J. L.; ZAMBONI, A. Gestão Costeira. In**: Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. v. 1. 242p. 2008.

NICOLODI, J. L.; ASMUS, M.L.; TURRA, A.; POLLETE, M. Avaliação dos Zoneamentos Ecológico-Econômicos Costeiros (ZEEC) do Brasil: proposta metodológica. **Desenvolvimento e meio ambiente** (UFPR), v. 44, p. 378-404, 2018.

OLIVEIRA, A. C. A., SOUZA, R. M. Geoindicadores socioambientais para monitoramento de dunas costeiras em Sergipe. **Revista do Departamento e Programa de Pós-Graduação Geografia da Universidade Federal do Paraná, Issue** 14. p. 149-163. 2007.

OLIVEIRA, M. R. L.; NICOLODI, J. L. A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla. Uma análise sob a ótica do poder público. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 12, p. 89-98, 2012.

PASSOS, P. N. C. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais e Democracia**. – v.6, n.6 Curitiba. UniBrasil, 2009.

PROCOSTA, **Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. Brasília, DF. 2018. ISBN: 978-85-7738-362-7

PROPLAYAS - Red Iberoamericana de Gestión y Certificación de Playas. **El turismo de sol y playa en el contexto de la covid-19. escenarios y recomendaciones**. Botero, C.M., Mercadé, S., Cabrera, J.A., Bombana, B. (editores). Santa Marta, Colombia. 120 p. 2020.

RODRIGUEZ, J. J.; WINDEVOXHEL, N. J. **Análisis de la situación de la zona marina costera Centroamericana**. Banco Interamericano de Desenvolvimento BID. Washington D. C. No ENV – 121. 1998.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço*:* Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. - 1. ed. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. 1996.

SCHERER, M. E. G.; ASMUS, M. L.; GANDRA, T. B. R. Avaliação do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro no Brasil: União, Estados e Municípios. **Desenvolvimento e meio ambiente** (UFPR), v. 44, p. 431-444, 2018.

SCHERER, M. E. G.; NICOLODI, J. L.; COSTA, M.; CORRAINI, N. R.; GONCALVES, R.; CRISTIANO, S.; RAMOS, B.; Camargo, J. M.; SOUZA, V. A.; FISCHER, L.; SARDINHA, G. D.; MATTOS, M.; PFUETZENREUTER, A. Under New Management. **Journal of Coastal Research**, v. 95, p. 945-952, 2020.

SCHERER, M. E. G.; SILVA, T. S.; ASMUS, M. L.; GRUBER, N. S.; LIMA, R. P.; FILET, M. Avaliação do Desenvolvimento do Sistema de Governança Pública Costeira Brasileira – 2009 a 2018. **Revista Costas**. Volume especial 1. Montevideo, UR. 2020 (b).

SHORT, A.D. **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. Ed. John Wiley e Sons Ltd. West Sussex, Inglaterra. 379p. 1999.

SOUZA, M. L. **Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio espacial**. Ed. Bertrand Brasil. 3ª ed. Rio de Janeiro. 320p. 2016.

SOUZA, P. E.; Nicolodi, J. L. Coastal Vulnerability Assessment using geoindicators: case study of Rio Grande do Sul coastline**. Brazilian Journal of Oceanography** (Online), v. 64, p. 309-322, 2016.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Marinha**. Editora Taq. Brasil. 352p. 1992.

TAVARES, A. B.; CRUZ, S. P. D.; LOLLO, J. A**.** Geoindicadores para a caracterização de estados de diferentes ambientes. **Estudos Geográficos**, pp. 42-57. 2007.

TISCHER, V.; POLETTE, M. Proposta metodológica de estabelecimento de indicadores socioambientais para a zona costeira brasileira. **Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional**, v. 12, p. 355-374, 2016.

UNEP. **Environmental Indicators for North America**. Division of Early Warning and Assessment (DEWA) United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi, Kenya. 172p. 2006.

VALLEGA, A.; AUGUSTINUS, P. G.E.F.; SMITH, H. D. (Ed.). **Geography, oceans and coasts toward sustainable development**. Fanco Agnelli. 150 p. 1998.

WIKIPÉDIA. **LITORAL.** In: Wikipédia, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Litoraleoldid=53590223>. Acesso em: 16 abr. 2020.

ZAPATER, J. A. A; POLETTE, M.; VALARINO, A. La construcción de sistemas de indicadores de sostenibilidad ambiental: El caso de Playa Central en la ciudad Balneario Camboriú (Brasil) y la zona costera este en la ciudad de Montevideo (Uruguay)**. Costas: revista iberoamericana de manejo costero integrado**, v. 1, p. 197-218, 2019.

João Luiz Nicolodi é geógrafo, Doutor em Ciências, com ênfase em Geologia Marinha pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Professor Associado da Universidade Federal de Rio Grande (FURG), vinculado ao Instituto de Oceanografia (IO). E-mail joaonicolodi@furg.br CV: http://lattes.cnpq.br/1779920673536937

Nelson Luiz Sambaqui Gruber é geógrafo, Doutor em Ciências, com ênfase em Geologia Marinha pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Professor Titular da mesma Universidade, vinculado ao Departamento de Geografia (Instituto de Geociências). E-mail nelson.gruber@ufrgs.br. CV: http://lattes.cnpq.br/9367892429124000

Capítulo 17

Unidades de conservação costeiras e marinhas no Brasil

Eliana Matos Ribeiro; Sandra Vieira Paiva; Caroline Costa Lucas; Carolina Bracho Villavicencio; Marcelo de Oliveira Soares

Introdução

O Brasil possui uma ampla costa com 10.959 km de extensão considerando todas as reentrâncias da linha divisória do território (IBGE, 2018). Esta zona costeira possui 450 mil km^2 correspondentes ao território dos 17 estados costeiros, e 150 mil km^2 constituem o seu mar territorial. Este país possui uma taxa de ocupação altamente densa nas capitais e com distribuição espacial variável, pois possui em torno de 50,7 milhões de pessoas vivendo próximo a linha de costa com uma ocupação humana de 27% (IBGE, 2011; Zamboni e Nicolodi, 2008). O Brasil também é considerado um país megadiverso por estar entre os seis países com maior biodiversidade e por ter uma das zonas úmidas mais extensas do planeta, as quais representam cerca de 20% do território nacional. A zona costeira e marinha brasileira se estende desde as águas rasas até o oceano profundo. Esta região ampla e com conhecimento escasso é composta por diversos ecossistemas como as praias arenosas (Amaral et al., 2017), restingas (Lacerda e Esteves, 2000), estuários (Bernardino et al., 2017), montanhas submarinas, cânions e paleocanais (Almada e Bernardino, 2017), salgados, manguezais (Schaeffer-Novelli et al., 2018), dunas, marismas, costões rochosos (Coutinho et al., 2017), bancos de rodolitos (Horta et al., 2016), bancos de fanerógamas marinhas (Copertino et al., 2017), recifes de corais rasos (Leão et al., 2016), ecossistemas mesofóticos (Francini-Filho et al., 2018; Soares et al., 2019), florestas de animais marinhos (Hajdu et al., 2017; Soares et al., 2017) e ambientes coralíneos de mar profundo (Kitahara, 2007; Barbosa et al., 2019; Cordeiro et al., 2020) (Figura 17.1).

▪ COMO CITAR:
RIBEIRO, E. M. et al. Unidades de Conservação costeiras e marinhas no Brasil. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 402-437. ISBN 978-65-992571-0-0

Estes ecossistemas no Atlântico Sudoeste apresentam relevante biodiversidade e importância social, econômica, cultural e ecológica (Soares et al., 2017) para os brasileiros, bem como possuem importância global dada sua extensão, valor ecossistêmico e constituem também um patrimônio da humanidade.



Figura 17.1. Ecossistemas marinhos e costeiros do Brasil: A) Recife de arenito com poças de maré, Praia do Pacheco, Caucaia – CE; B) Praia arenosa, Cumbuco, Caucaia – CE; C) Recifes de Coral, Abrolhos – Bahia; D) Banco de Rodolitos, Itarema- CE; E) Ecossistema de manguezal do Rio Pacoti, Aquiraz- CE; F) Banco de fanerógamas marinhas (pradarias de gramas marinhas) na maré baixa de sizígia, Cajueiro da Praia – PI.

Fonte: figuras A, B, E – fotos Carolina Bracho; figuras C, D – fotos Marcus Davis Braga; figura F – foto Sandra Paiva.

Tais ecossistemas são responsáveis por bens e serviços ecossistêmicos de alto valor monetário e não monetário que sustentam diversas importantes atividades sociais, culturais e econômicas ligadas ao setor da economia do mar, como o turismo, a pesca, mergulho, esportes náuticos, mineração, biotecnologia, recreação, energias renováveis, navegação, segurança alimentar, aquicultura, portos e o setor de óleo e gás (IBGE, 2011; Lee et al., 2020). Entretanto, atividades humanas locais, regionais na escala do Atlântico Sul e as mudanças climáticas globais estão acelerando o processo de degradação destes ecossistemas (Halpern et al., 2015, 2019). Esse processo acelerado de degradação nas últimas décadas compromete a sustentabilidade ecológica, econômica e social de diversas destas atividades no Brasil e no planeta. Portanto, é necessário traçar estratégias de conservação como a gestão costeira integrada, planos diretores, reservas legais, áreas de preservação permanente e estratégias territoriais mais amplas como o planejamento espacial marinho e o zoneamento ecológico-econômico. Neste contexto, a criação e a gestão eficiente de unidades de conservação (UC's) se apresentam como uma importante medida para proteção de ecossistemas costeiros e marinhos em todo o planeta, visando principalmente a manutenção dos recursos naturais, dos serviços ecossistêmicos e a mitigação das mudanças climáticas (Maestro et al., 2019; Claudet et al., 2020).

Nesse contexto, ocorreram avanços na legislação ambiental brasileira, como a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), a criação federal do ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) e pesquisas técnico-científicas voltadas à melhoria da gestão de UC's. Entretanto, a baixa sustentabilidade financeira e ecológica das UC´s, junto com a existência de categorias inadequadas aos seus objetivos, a proteção ineficiente de ecossistemas de alta importância biológica e a baixa efetividade de manejo de muitas UC´s ainda representam um desafio na realidade atual. Neste sentido, UC´s tem sido criadas em áreas de baixa importância biológica e baixa pressão humana, sendo fortemente localizadas em regiões inadequadas, com usos extrativos já consolidados ou planejadas com *design* frágil e na categoria de uso sustentável que pouco colaboram para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Vieira et al., 2019).

Diante desse cenário desafiador, faz-se necessário o uso de abordagens inter e transdisciplinares visando a proposição de soluções para as unidades de conservação costeiras e marinhas (UCsmar) e inovar na criação, efetividade e gestão destas UC´s. A década dos oceanos (2021-2030) e os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) são uma oportunidade única para que os olhares da sociedade se voltem a problemáticas das zonas costeiras e dos oceanos visando ter-se ações efetivas para a conservação. Em especial, a ODS 14 (Vida Submarina) e suas metas, que estão sendo adotadas por diversos países, visam atingir oceanos saudáveis em todo o planeta (Claudet et al., 2020). Com isso, a Geografia Marinha junto a outras ciências (por exemplo, Direito, Oceanografia, Geologia, Química, Administração Pública e Biologia) se tornam indispensáveis para auxiliar nos processos de planejamento, criação, manutenção e melhoria da efetividade das UCsmar, que são impactadas por atividades humanas realizadas fora das suas fronteiras e limites determinados legalmente, como urbanização acelerada, a poluição e os efeitos das mudanças climáticas.

Estes desafios vão além das limitações de gestão dentro dos limites legais das UCsmar. Portanto, a Geografia Marinha pode auxiliar na identificação de problemas socioambientais e ecológicos e na busca de soluções integradas e amplas para a sustentabilidade dos ecossistemas e dos serviços fornecidos à sociedade. Neste sentido, os desafios para a criação, *design*, gestão e melhoria da efetividade das UCsmar são inúmeros, incluindo, por exemplo, os impactos das mudanças climáticas globais que ameaçam a biodiversidade a ser protegida (Bruno et al., 2018); a poluição destes espaços de proteção (Abessa et al., 2018); o lixo marinho, microplásticos e espécies invasoras dentro das UCsmar (Soares, 2018; Garcia et al., 2020); os conflitos entre os usuários como pescadores e mergulhadores (Andrade e Soares, 2017); acidentes e crimes ambientais

como derramamentos de óleo e mineração (Francini-Filho et al., 2019; Magris e Giarrizo, 2020; Fernandes et al., 2020; Soares et al., 2020); intensa urbanização no entorno das UCsmar (Portugal et al., 2017); uso incompatível com a finalidade da criação, divergências e conflitos com comunidades locais ou tradicionais (Freitas et al., 2017); avaliação inadequada dos serviços ecossistêmicos (Outeiro et al. 2019); recursos humanos não capacitados ou em baixo número, poucos recursos financeiros e instrumentos de gestão ineficientes (Almeida et al., 2016; Mills et al., 2020); *design* inconsistente com o objetivo de representatividade da biodiversidade (Fendrich et al., 2019; Soares et al., 2020b); e, dentre outros, a baixa legitimidade e integração entre os componentes de governança das UCsmar e das zonas costeiras (Taylor, 2009; Snyman, 2012; Bennett e Satterfield, 2018; Fassina et al., 2020).

Devido a essa amplitude de fatores e interdisciplinaridade na gestão das UCsmar, a Geografia Marinha pode se estabelecer como fonte e ponte para estabelecer um diálogo com dados de Oceanografia Física, Química, Geológica, aspectos culturais, sociais, jurídicos e associados a outras áreas do conhecimento como Biologia, Economia, Governança e Política na tentativa de promover os objetivos das UCsmar (Telles, 2018; Saquet e da Silva, 2008). Dessa maneira, este capítulo de livro visa fornecer informações atualizadas sobre a importância da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos do Brasil e dos seus serviços que são essenciais para a vida marinha e humana. Neste contexto, o capítulo também discorre sobre a atual situação da criação e gestão das UCsmar no Brasil, bem como as perspectivas futuras, com ênfase nas áreas prioritárias. Assim como buscamos ressaltar fatores chaves para iniciativas de êxitos como a participação popular local ativa e interativa, a avaliação constante da efetividade e governança, bem como, o estabelecimento de planos de manejo sintéticos, de baixo custo e focados na gestão, baseados nos melhores dados científicos disponíveis.

Ambientes costeiros e marinhos sob pressão de atividades humanas: unidades de conservação são a solução?

A diversidade de ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil é bastante significativa (Turra et al., 2013; Soares et al., 2017). Estes ecossistemas são responsáveis por fornecer bens e serviços ambientais, culturais e econômicos imprescindíveis à sobrevivência humana e diminuição da enorme desigualdade social brasileira. Neste contexto, a conservação destes ecossistemas é fundamental para a segurança alimentar, ecoturismo, turismo comunitário e economia de subsistência, especialmente de comunidades costeiras como pescadores artesanais, quilombolas, indígenas, comunidades tradicionais e marisqueiras (Andrade e Soares, 2017; Rhormens et al., 2017; Outeiro et al., 2019; Macedo et al., 2020). Além disso, devido ao contexto histórico de ocupação europeia, urbanização e industrialização, os ambientes costeiros foram e são favoráveis à ocupação humana, concentrando múltiplas atividades antrópicas e altas densidades demográficas nas cidades e capitais brasileiras (BRASIL, 2012; Soares et al., 2017; Neves, 2019).

O uso indiscriminado e crescente de recursos naturais, junto com o aumento da densidade populacional humana, afetam os ecossistemas costeiros e marinhos com a perda de riqueza de espécies (Portugal et al., 2016), redução de biomassa (Edgar et al., 2014), perda de complexidade estrutural (Alvarez-Filip et al., 2013), desmatamento de florestas costeiras (Ferreira e Lacerda 2016), extinção de habitat e espécies (Davidson e Dulvy 2017), introdução de espécies invasoras (Soares 2018), toxicidade para a biodiversidade (Araujo et al., 2013) e contaminação das redes tróficas marinhas (Abessa et al., 2019). Neste contexto, as taxas de declínio dos bens e serviços ambientais providos pelas zonas costeiras e marinhas tem sido significativas (Costanza et al., 2014; Halpern et al., 2015, 2019) e tendem se a acelerar ao longo do Antropoceno, o que resultará em um cenário de extrema degradação ambiental, social e econômica até 2100, se as

ações propostas (por exemplo, ODS 14) não forem efetivadas rapidamente (Claudet et al., 2020). Neste contexto, as UCsmar são estratégias importantes e fundamentais, porém não são as únicas, visando criar refúgios efetivos para a vida marinha ou mesmo propiciar espaços onde os recursos e habitat costeiros e marinhos possam ser usados de um modo sustentável, permitindo a recuperação das populações e dos ecossistemas (Garrison, 2012; Duarte et al., 2020). Nesse sentido, a criação e gestão efetiva das UCsmar são uma importante estratégia em busca da conservação, restauração e recuperação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Drummond et al., 2010; Pádua, 1997).

Experiências pretéritas mostram que a mitigação de impactos humanos pode permitir a recuperação de populações, habitat e ecossistemas marinhos (Duarte et al., 2020). Neste contexto, se as múltiplas pressões humanas forem mitigadas (como, por exemplo, a poluição marinha e as mudanças climáticas), as condições de saúde dos oceanos podem melhorar até 2050 (Duarte et al., 2020). Entretanto, somente a expansão de UCsmar não é suficiente para mitigar estes impactos e permitir a efetiva proteção da biodiversidade e dos serviços ambientais costeiros e marinhos (Chauvenet e Barnes 2016). Portanto, para complementar a política ambiental das UCsmar, se faz necessário o planejamento espacial marinho no mundo (Agardy et al., 2011; Santos et al., 2020) e no Brasil (Gerhardinger et al., 2019) e o zoneamento ecológico-econômico marinho em conjunto com outras estratégias de mitigação de impactos humanos (por exemplo, logística reversa dos resíduos sólidos, saneamento básico das cidades costeiras, economia de baixo carbono e literacia dos oceanos) (Claudet et al., 2020). A implementação e criação de UCsmar no território nacional e nas áreas fora da jurisdição nacional no mar aberto (Santo et al., 2019; Maxwell et al., 2020), de forma integrada com outras políticas "azuis" (Klein et al., 2015), podem contribuir para um futuro adequado dos oceanos e melhoria dos indicadores sociais, econômicos e ecológicos do planeta (Claudet et al., 2020), inclusive no Brasil.

As UCsmar podem ser criadas em instâncias privadas, municipais, estaduais e federais por diferentes razões políticas, culturais, sociais, econômicas e ambientais. Neste contexto, elas respondem a diferentes funções de acordo com os seus objetivos de criação, como promover o turismo ecológico e a pesca sustentável, preservar legados culturais, promover a troca de saberes e a educação ambiental, preservar a saúde coletiva, compensar impactos ambientais de grandes empreendimentos, preservar a biodiversidade marinha, restaurar e conservar espécies ameaçadas e espécies chave para a restauração de ecossistemas, preservar corredores migratórios e, por fim, gerar conhecimento científico para sua aplicação em múltiplas disciplinas (MA, 2005). A implantação de unidades de conservação (UC's) em território brasileiro iniciou na década de 30, já no século 20 (Diegues, 1994). Após o encontro RIO-92 (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento) foram assinados os mais importantes acordos ambientais globais, o que resultou no aumento significativo das UC's no Brasil nas décadas seguintes (Menezes et al., 2010). Mais recentemente, houve um aumento expressivo de áreas protegidas costeiras e marinhas, devido ao surgimento de acordos internacionais e políticas nacionais visando ações que promovessem medidas eficazes e urgentes para deter a perda da diversidade biológica mundial. Como exemplo, tivemos a 10ª Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica (COP-10), realizada no Japão no ano de 2010, que estipulou 20 proposições denominadas de Metas de Aichi a serem atingidas até o ano de 2020 (Santos e Schiavetti, 2014).

De acordo com a Meta 11 da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), as áreas protegidas (por exemplo, UCsmar) a serem criadas, devem mostrar representatividade para os diferentes componentes da biodiversidade e para os serviços ecossistêmicos (CBD, 2014). No contexto desta meta, foi estabelecida que, até 2020, um mínimo de 17% de áreas terrestres e águas continentais e 10% das áreas costeiras e marinhas de cada país devem ser conservadas por meio de sistemas de gestão eficazes e equitativas, ecologicamente representativos e bem conectados aos sistemas de áreas protegidas (CDB, 2020). Esta definição é bem relevante e ressalta a importância

imprescindível da manutenção da conectividade entre os ecossistemas, da ampla proteção de diversos tipos de ambientes e da eficiência da gestão das UCsmar. Somente criar quantitativamente UCsmar não efetivas (*paper parks*), em um determinado tipo de ambiente e sem conectividade com outras UCsmar e habitat não permite o atendimento da meta. Portanto, segundo esta meta, esta distribuição deve ser ecologicamente representativa de diversos tipos de ecossistemas marinhos, efetiva, coerente com dados científicos e com UCsmar bem conectadas entre si, visando a efetiva proteção da biodiversidade, de paisagens costeiras e submarinas vulneráveis e dos serviços ambientais associados. Entretanto, o foco excessivo no atingimento das metas quantitativas internacionais levou a um aumento expressivo de UCsmar pequenas, de tamanho médio e especialmente as de grande tamanho (> 30.000 km²) nas últimas décadas, tanto no contexto nacional (Soares e Lucas 2018; Giglio et al., 2018) quanto no internacional (Jones e Santo, 2018). Esta abordagem quantitativa de atingimento da meta tornou-se acima da qualitativa o que ameaça a sustentabilidade e justiça social destes espaços (Santo 2013). Além da baixa efetividade de gestão de várias das UCsmar e da abordagem quantitativa acima da qualitativa, existe uma crítica crescente sobre a forma de implementação destas unidades de conservação, especialmente as de grande tamanho. A baixa conectividade ecológica das UCsmar no Brasil e no exterior (Magris e Pressey, 2018; Dawson et al., 2019), bem como a motivação geopolítica, de segurança nacional e econômica sobre a soberania de recursos inexplorados tem sido vista como prioritária pelos governantes ao invés da sustentabilidade dos ecossistemas (Santo, 2020). Neste contexto, estas motivações sem compromisso com o desenvolvimento sustentável e a conservação da biodiversidade comprometem a efetividade destes espaços protegidos para a manutenção e restauração dos bens e serviços ambientais marinhos.

A biodiversidade costeira e marinha possui múltiplos componentes (taxonômico, filogenético e funcional) que são fundamentais para a manutenção dos bens e serviços ambientais à sociedade. Porém, existe uma incompatibilidade espacial nas zonas costeiras e marinhas, pois os ambientes mais diversos, mais produtivos e sob forte pressão humana não são protegidos. Portanto, as prioridades de conservação não têm sido aplicadas (Lindegren et al. 2018), inclusive no Brasil, que adota esta abordagem marginal, sem lidar diretamente com o problema da degradação ambiental, ou seja, são criadas unidades de conservação em áreas de baixa importância biológica e baixa pressão humana ou excessivamente em apenas um tipo de ecossistema (modo não-equitativo) (Vieira et al., 2019). Neste sentido, a maior parte das UCs no Brasil estão no bioma terrestre amazônico, enquanto os demais cinco biomas são pobremente protegidos (op. cit.).

Unidades de conservação costeiras e marinhas – diagnóstico da atual situação

No Brasil existe um desequilíbrio entre a representatividade dos biomas preservados no tocante às áreas destinadas a UC's, tanto na terra (Vieira et al., 2019) como no mar (Giglio et al., 2018; Soares e Lucas, 2018; Magris e Pressey, 2018). Com o intuito de cumprir metas quantitativas de acordos internacionais, no ano de 2018, houve um grande salto de 1,5% para 25% de UCsmar criadas (FUNBIO, 2018). Além disso, segundo dados recentes do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação do Ministério do Meio Ambiente, esse valor já aumentou para 26,46% (Figura 17.2).

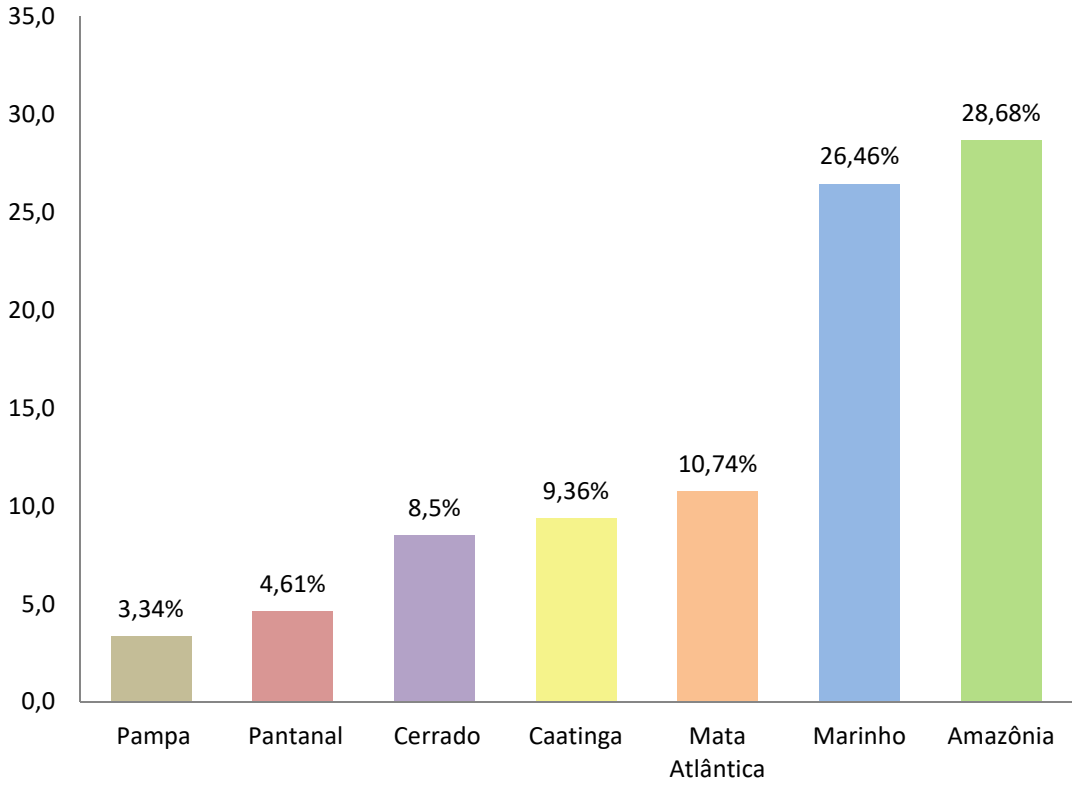


Figura 17.2. Percentual de áreas (%) destinadas às unidades de conservação nos diferentes biomas brasileiros.
Fonte: Baseado nos dados de maio de 2020 do Cadastro Nacional de unidades de conservação do Ministério do Meio Ambiente. (https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs).

Na tentativa de identificar como estava a representatividade de proteção das UCsmar no território marinho, Schiavetti et al. (2013) as dividiu em três grandes ecossistemas marinhos: plataforma norte, costa leste e plataforma sul e classificou as áreas protegidas que estavam no alcance de até 50 km para o mar como áreas costeiras de proteção e as que estavam dentro das 200 milhas náuticas da zona econômica exclusiva como áreas marinhas de proteção. Os autores constataram que a plataforma continental norte foi a que obteve a maior porcentagem de proteção (44,08 %) seguida da costa leste (23,51%) e da plataforma sul (22,61 %). Sendo que a plataforma norte contava com 32 unidades de conservação, a costa leste com 182 e a plataforma sul com 120 unidades. Observa-se que existe uma variação de UCsmar com larga extensão na plataforma norte e várias pequenas na costa leste (excetuando a APA Costa dos Corais). Do total de UCs costeiras no Brasil (Schiavetti et al., 2013), cerca de 137 UCs eram de proteção integral (uso indireto dos recursos) e 140 era de uso sustentável. Dentre as de proteção marinha, 32 foram classificadas como de proteção integral e 27 de uso sustentável.

As Áreas de Proteção Ambiental (APAs) foram a categoria que apresentou as áreas protegidas de maior tamanho (Schiavetti et al., 2013), com a costa leste apresentando o maior número de áreas protegidas e isso possivelmente se deve a presença dos recifes de corais. Entretanto, essa categoria de APAs oferece a menor proteção ao meio ambiente, principalmente quando não possui um zoneamento adequado, plano de manejo atualizado e bem feito e se houverem graves problemas de ordem administrativa e financeira. Além disso, essas categorias são menos restritivas quanto ao objetivo de proteção da biodiversidade, o que traz prejuízos quando implantadas em ecossistemas relevantes.

O número de unidades de conservação nessas três grandes áreas (plataforma norte, costa leste e plataforma sul) sofreu alterações demonstradas em Santos e Schiavetti (2014), pois a plataforma sul contou com maior número de UCsmar, 194, e a costa leste e plataforma norte obtiveram 159 e 34 unidades, respectivamente. Com este trabalho, 100 UCsmar foram classificadas como de proteção integral, enquanto 287 unidades foram classificadas como de uso sustentável, demonstrando o aumento de espaços com esse tipo de estratégia de proteção que permite usos diretos.

Em 2018 houve a criação de quatro grandes unidades de conservação marinhas no Brasil, principalmente na porção oceânica e das ilhas. Duas delas foram relacionadas à implantação do mosaico do Arquipélago de Trindade e Martin Vaz (ES), com 471.532,45 km², em que estão incluídas uma área de proteção ambiental (APA) e um monumento natural, e o mosaico do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PE) com 454.315,54 km², que compreende, também, uma APA e um monumento natural. Entretanto, a maior parte destas novas áreas protegidas são de uso sustentável (87%), possuem baixa conectividade ecológica, com ecossistemas importantes excluídos do *design* final das 4 UCsmar e que tiveram uma participação pública inadequada no processo de criação (Giglio et al., 2018; Magris e Pressey, 2018; Soares e Lucas 2018; Fassina et al., 2020). Neste contexto, as áreas mais vulneráveis são os ambientes rasos (<30 m de profundidade) e mesofóticos (30-150 m) no entorno das ilhas, pois apresentam maior importância biológica e maior pressão humana, porém foram protegidos de modo inadequado (Soares e Lucas 2018; Giglio et al., 2018; Pinheiro et al., 2020). Portanto, é fundamental que no plano de manejo e zoneamento destes Arquipélagos sejam estabelecidas zonas de exclusão de pesca até a isóbata (profundidade) de 1000 m para proteger o endemismo e a fauna ameaçada de extinção (Giglio et al., 2018; Soares e Lucas, 2018; Pinheiro et al., 2020).

Neste contexto, a maior parte da área de cobertura destas quatro UCsmar foi no mar aberto. Dessa maneira, atualmente contamos com 187 UCsmar que correspondem ao bioma marinho no Brasil, em torno de 960.000 km^2 (dados de maio de 2020), principalmente devido a criação destas quatro UCsmar (~ 920.000 km²). Este resultado quantitativo aparentemente positivo denota uma concentração exagerada no mar aberto, o qual está sob baixa pressão antropogênica e poderia ser alvo de outras ações de gestão (controle pesqueiro e planejamento espacial). No contexto quantitativo, estas novas UCsmar geraram uma mudança no cenário regional, pois promoveu à região Nordeste a expressiva maior extensão de áreas conservadas do bioma marinho (CNUC, 2020).

Recentemente, também houve um avanço considerável de UCsmar na região amazônica, em uma zona que possui os mais importantes manguezais brasileiros (Ferreira e Lacerda 2019). Além disso, três novas reservas extrativistas (RESEX) foram criadas aumentando a proteção em um total de 4.271,19 km² de áreas costeiras e mangues (Maretti et al., 2019). Apesar desse painel de aumento quantitativo das áreas protegidas, observa-se que a atual situação mostra um cenário de inúmeras UCsmar sem plano de manejo (Tabela 17.1), com baixa efetividade de gestão, baixa equitatividade e representatividade inadequada de acordo com a diversidade de ecossistemas costeiros e marinhos brasileiros. Os altos valores de cobertura (~ 27%) (Figura 17.2) mascaram a atual situação qualitativa inadequada dos espaços costeiros e marinhos protegidos no país. Por exemplo, apesar de importantes do ponto de vista biológico, econômico e social, têm-se inúmeros ecossistemas marinhos com proteção fraca ou inexistente por unidades de conservação legalmente instituídas e/ou consideradas no planejamento espacial marinho.

Neste sentido, os recifes de arenito na faixa entremarés e na plataforma (Portugal et al., 2016; Soares et al., 2017), bancos de rodolitos (Horta et al., 2016; Sissini et al., 2020), bancos de fanerógamas marinhas (Copertino et al., 2016), ecossistemas mesofóticos (Francini-Filho et al., 2018; Gomes et al., 2020; Soares et al., 2019, 2020), bem como ambientes coralíneos de mar profundo, cânions e montanhas submarinas (Almada e Bernardino 2017; Bernardino et al., 2019;

Cordeiro et al., 2020) são ecossistemas negligenciados e com baixíssima representatividade no atual sistema nacional de UCsmar. Portanto, ao estabelecer UCsmar, deveríamos estar preservando os múltiplos componentes sociais e da biodiversidade, bem como sítios para a alimentação, crescimento e reprodução de diversas espécies, inclusive as ameaçadas, raras e vulneráveis (BRASIL, 2012). Para isso é necessário a adoção da abordagem metodológica do planejamento sistemático de conservação (Margules e Pressey, 2000; Mills et al., 2020) visando proteger as paisagens costeiras e submarinas vulneráveis no sentido de conciliar interesses e necessidades diversas (proteção ambiental aliada à oferta de condições favoráveis ao lazer, à pesquisa científica, educação ambiental e atividades produtivas). Portanto, deve-se unir leis marinhas e diretrizes participativas com pesquisadores, gestores públicos, ONGs, empresas, atores locais e comunidades tradicionais buscando reverter este panorama inadequado de proteção das UCsmar no território nacional (Pádua, 1997).

Esses esforços são geralmente difíceis de conciliar, porém, necessários para a melhoria da qualidade ambiental, social e econômica do ambiente marinho. Esta abordagem depende da vinculação e participação efetiva dos diversos atores envolvidos e que estão ligados com as áreas visadas para proteção. A falta de mapeamento espacial detalhado das diversas paisagens marinhas na plataforma continental brasileira e do mar profundo é um outro agravante deste cenário, o qual é necessário avançar-se. Consequentemente, sem uma mudança significativa de rumo, as UCsmar no Brasil podem terminar não cumprindo os seus objetivos de criação, o que as tornaria não efetivas, temas que serão mencionados nas seções seguintes.

Tabela 17.1. Quantidade de unidades de conservação do bioma marinho do Brasil sem plano de manejo e com plano de manejo, relacionados com sua respectiva unidade de federação e região.

Unidade de Federação	Região	Com Plano de Manejo	Sem Plano de Manejo
Amapá	Norte	2	2
Pará		1	12
Alagoas	Nordeste	0	2
Maranhão		2	8
Ceará		2	9
Rio Grande do Norte		3	2
Pernambuco		4	2
Paraíba		0	5
Sergipe		0	1
Bahia		10	13
Maranhão e Piauí		0	1
Pernambuco e Paraíba		0	1
Piauí, Maranhão e Ceará		0	1
Pernambuco e Alagoas		0	1
Rio de Janeiro	Sudeste	17	23
São Paulo		11	15
Espírito Santo		4	8
Rio de Janeiro e São Paulo		1	0
Santa Catarina	Sul	3	11
Paraná		2	4
Rio Grande do Sul		2	2
Total		**64**	**123**

Fonte: Dados fornecidos pelo Cadastro Nacional das Unidades de Conservação (CNUC), 2020.

Serviços ecossistêmicos

Como mencionamos nas seções anteriores, o equilíbrio entre pessoas, sociedade, economia e ecossistemas é necessário para sustentar e melhorar o bem-estar humano (Costanza et al., 2014). No caso dos ecossistemas costeiros e marinhos sabemos que estes oferecem, entre outras coisas, recursos e serviços essenciais para a humanidade, atuam como uma barreira de proteção contra

eventos extremos e representam o local de residência de quase a metade da população mundial (MA, 2005; PNUMA, 2015, Costanza et al., 2014; Elliff e Silva, 2017).

Esses inúmeros benefícios sociais, que são derivados do capital natural, são chamados de bens e serviços ecossistêmicos[17], os quais são frequentemente subestimados e não inseridos em modelos de desenvolvimento social e econômicos. Este reconhecimento pode reformular uma antiga visão da relação de exploração entre humanos e a natureza, e essa reformulação é um aspecto essencial para resolver o problema de como construir um futuro sustentável e desejável para a humanidade (Costanza et al., 2014). Com isto, têm sido feitos progressos para incluir esses ecossistemas nos mecanismos de financiamento e políticas nacionais e internacionais como, por exemplo, sua inclusão em esforços de conservação, implementando-os como UCsmar. Apesar disso, a integração total da avaliação dos serviços ecossistêmicos como parte do portfólio de soluções nos países para melhorar a gestão das UCsmar e mitigar as mudanças climáticas ainda não ocorreu (Howard et al., 2014).

No Brasil, alguns desses ecossistemas são regulamentados e protegidos como UCsmar, que são classificadas e reunidas em um só tipo de bioma marinho. Entretanto, existe uma grande variedade de ecossistemas marinhos e costeiros, assim como ocorre com os ecossistemas terrestres, que são classificados e distinguidos mais adequadamente. Essas áreas são monitoradas pelo Subprograma Marinho Costeiro do Programa MONITORA (Programa Nacional de Monitoramento da Biodiversidade do Instituto Chico Mendes, instrução normativa n° 03/2017), incluindo o monitoramento dos componentes manguezal, praia e margem continental e bacia oceânica como os mais representados em 55, 46 e 41 UCsmar, respectivamente; assim como os componentes ambiente recifal e ilhas, sendo estes já menos representados em 28 e 19 UCsmar (ICMBio, 2019).

A alta representatividade dos ecossistemas de manguezal nas UCsmar pode estar relacionada com o alto nível de interação humana que neles ocorre nas zonas costeiras tropicais brasileiras. Estes ecossistemas não só são abrigos de espécies endêmicas e essenciais, como também fornecem recursos pesqueiros, lenha, água potável; regulam inundações, controlam a erosão, protegem de tormentas a costa e são habitat de espécies; transportam sedimentos e nutrientes; oferecem recursos farmacêuticos, naturais e minerais, assim como exercem funções importantes na manutenção de práticas culturais (Costanza et al., 1997, 2014; UNEP, 2016). Além disso, manguezais, pradarias de fanerógamas e marismas são cada vez mais reconhecidos pelo importante papel no sequestro de carbono e potencial de se tornarem fontes de emissões de carbono quando se degradam, por isto, são chamados de ecossistemas de carbono azul (Howard et al., 2014).

Como resultado do reconhecimento dos serviços que os ecossistemas de manguezal oferecem, diversas iniciativas para sua conservação a nível nacional têm sido iniciadas (por exemplo, GEF Mangue e ONGs) principalmente na mais extensa faixa contínua e bem preservada de manguezais do mundo, no norte do país (ICMBio, 2019), embora com muitos desafios a superar. No entanto, outros tipos de ecossistemas marinhos e costeiros, não menos importantes, tanto economicamente, quanto em valores ecológicos, sociais, culturais, educacionais e espirituais, muitas vezes deixam de ser priorizados como áreas importantes a serem regulamentadas como UCsmar, perdendo representatividade, como no caso dos ecossistemas recifais, ou estando às vezes praticamente ausentes, como no caso de pradarias marinhas e bancos de rodolitos (ICMBio, 2019; Copertino et al., 2016; Sissini et al., 2020). Nesse sentido, a incorporação destes ecossistemas nas políticas e no gerenciamento pode levar a uma melhor conservação (restauração e proteção) dos ecossistemas costeiros em todo o mundo, o que preservaria e

[17] Serviços ecossistêmicos são os serviços que as pessoas recebem dos ecossistemas e que direta ou indiretamente mantêm nossa qualidade de vida (MA, 2005).

acentuaria os múltiplos benefícios que esses sistemas oferecem ao Brasil e a humanidade (Howard et al., 2014).

Estima-se que os ecossistemas marinhos e costeiros contribuam com aproximadamente dois terços do valor total que os serviços ambientais globais oferecem (MA, 2005; PNUMA, 2015). Por exemplo, para o ano 2007, os ecossistemas de recifes de corais, estiveram entre os mais valorados no mundo aportando um total de 352.249 Int.$/ha/ano. Esse valor é consideravelmente maior que o subsidiado pelas zonas úmidas (manguezais, marismas e pradarias de pastos marinhos) de 193.845 Int.$/ha/ano (MA, 2005; Groot et al., 2012; PNUMA, 2015), mostrando um desbalanço entre a representatividade dos ecossistemas nas UCsmar e a valoração dos serviços que estes aportam à sociedade, evidenciando ainda mais a necessidade de melhorar estratégias de conservação para a grande variedade de ecossistemas marinhos e costeiros que se tem no Brasil. A valoração dos serviços ecossistêmicos pode igualmente ser uma ferramenta que impulsione as mencionadas iniciativas, como uma necessidade cada vez mais evidente no mundo todo, vistos os efeitos que as mudanças climáticas têm mostrado, e particularmente no Brasil, onde essa estratégia ainda não é frequentemente praticada, o qual poderia gerar mais uma brecha na hora de tomar decisões políticas sobre o manejo das UCsmar.

A avaliação dos bens e serviços ecossistêmicos (Costanza et al., 1997, 2014) em UCsmar é um tema relevante pois pode melhorar a efetividade de gestão, contribuir para a sustentabilidade econômico-financeira e auxiliar no processo de valorização destas áreas perante a sociedade como a pesca, turismo e recreação (Galparsoro et al., 2014; Queiroz et al., 2017; Retka et al., 2019). Entretanto, esta avaliação deve ser integrada, pois serviços ecossistêmicos potencialmente conflitantes (turismo *versus* pesca) e a subestimação dos serviços culturais podem levar a conflitos e perda de efetividade (Outeiro et al., 2019) (Figura 17.3). Os serviços ecossistêmicos nas UCsmar podem ser caracterizados em distintas categorias. No contexto dos habitat costeiros e marinhos tem-se pelo menos 12 principais serviços ecossistêmicos (Galparsoro et al. 2014) que podem ser considerados como (1) provisão de alimentos; (2) matérias-primas (biológicas, bioquímicas, medicinais e ornamentais); (3) qualidade do ar e regulação do clima; (4) distúrbios e prevenção de riscos naturais; (5) fotossíntese, quimiossíntese e produção primária; (6) ciclagem de nutrientes; (7) reprodução e berçário; (8) manutenção da biodiversidade; (9) regulação da qualidade da água e biorremediação de resíduos; (10) valor cognitivo; (11) lazer, recreação e inspiração cultural; e (12) bem estar. No entanto uma classificação mais comum destes 12 tipos de serviços ecossistêmicos os agrupa em quatro grandes grupos (MA, 2005) como serviços de provisão, de regulação, culturais e de habitat.

Nas UCsmar, os serviços de provisão são importantes, pois podem constituir a base de economia de subsistência ou de pequena escala, bem como ser imprescindível para a segurança alimentar de comunidades tradicionais como em reservas extrativistas (RESEX) costeiras e marinhas. As RESEX são um interessante modelo onde se busca aliar a conservação ambiental e a segurança alimentar e o acesso de recursos por comunidades tradicionais. Neste contexto, o alimento derivado da pesca artesanal é um dos principais serviços de provisão e devem ser de atenção especial pela gestão da UCsmar para permitir a sua sustentabilidade a longo prazo como em RESEX ou em parques marinhos para exportação de biomassa a áreas externas (*spill-over*). Entre outras formas de serviços de provisão, podem ser mencionadas as energias alternativas, produtos naturais, genéticos e farmacêuticos, assim como o espaço disponibilizado para portos e transportações (FT, 2010). Neste contexto, é fundamental a adequada repartição de benefícios para as comunidades tradicionais advindas da exploração da biodiversidade das UCsmar para fins genéticos, biotecnológicos e farmacêuticos.

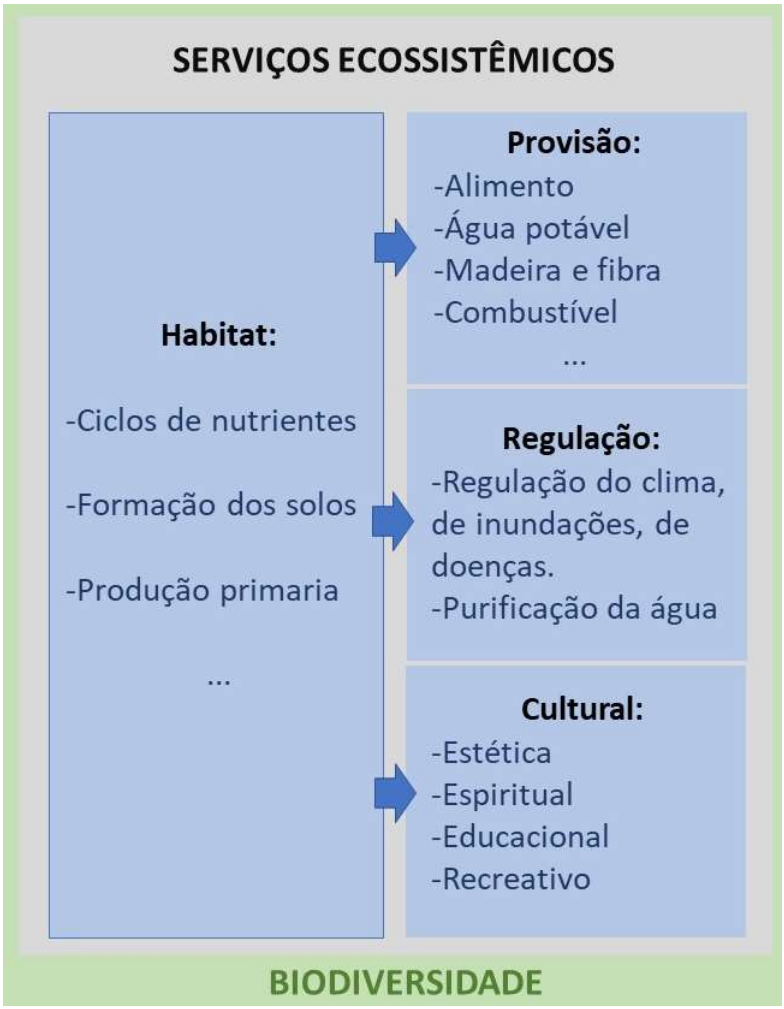


Figura 17.3. Tipos de serviços ecossistêmicos e suas funções.
Fonte: Adaptação de *Millennium Ecosystem Assessment*, 2005.

Destaca-se o caso da Vila de Corumbau (Bahia) que, antes de se tornar uma Reserva Extrativista (RESEX) marinha, recebi barcos de arrasto de outras partes do Brasil que aplicavam um esforço de pesca superior ao que a renovação natural do estoque de peixes poderia prover. Portanto, a pesca na área entrou em declínio levando a riscos de segurança alimentar, da subsistência e da economia de pequena escala. Com a ordenação desta área como UC, a pesca foi limitada na área, e pescarias tradicionais de pequenas embarcações de comunidades locais foram permitidas (Ciommo et al., 2012). Isso protegeu o habitat de danificar as artes de pesca e reduziu a pressão sobre os estoques de peixes (Orbach e Karrer, 2010; Bezerra et al., 2018). Neste contexto, os pescadores puderam contribuir para a gestão deste serviço de provisão nesta RESEX (Barbosa-Filho et al., 2020). Ademais, podem ser encontrados outros exemplos de ordenação de pescarias em UCsmar, como a regulação da pesca de caranguejo-uçá, garantindo não só a continuidade do recurso e sustentabilidade da comunidade, mas também na educação e troca de saberes, na inclusão comunitária e de mulheres, assim como no desenvolvimento de empreendimentos sustentáveis (ICMBIO, 2018a).

Os serviços de regulação são importantes (e pouco avaliados e contabilizados) nas UCsmar brasileiras e incluem a regulação climática; controle de vetores de doenças, erosão do solo e estabilização costeira, proteção contra riscos naturais como enchentes, deslizamentos, tempestades e inundações; regulação de nutrientes, captura de carbono e no controle de

resíduos (MA, 2005). Iniciativas de conservação em florestas terrestres são frequentemente promovidas, principalmente devido a sua importância na regulação do clima no mundo, por exemplo, a floresta amazônica, que foi declarada patrimônio da humanidade. Neste contexto, se observa que as UCsmar no Brasil (devido sua extensão e diversidade) são áreas importantes globalmente por serem envolvidas no processo de serviços ecossistêmicos de regulação do clima através do carbono azul. Por exemplo, os ecossistemas de carbono azul brasileiros de manguezal, marismas, salgados e pradarias marinhas (bancos de fanerógamas) diminuem o CO_2 na atmosfera, ao sequestrá-lo na parte vegetada e bem como imobilizá-lo e depositá-lo por séculos no sedimento e solos. Ecossistemas de marismas (257 Mg C/ha) e de manguezal, particularmente os manguezais da Amazônia (361 e 746 Mg C/ha), podem sequestrar, por hectare, entre duas até dez vezes mais carbono do que a floresta amazônica, florestas secas tropicais e savanas (Kauffmann et al., 2018).

Entretanto, a grande extensão dos manguezais brasileiros associada a práticas de proteção e conservação não adequadas ou mal implementadas resultam em grandes quantidades de emissões de gases de efeito estufa em consequência do seu desmatamento (Ferreira e Lacerda 2016; Kauffman et al., 2018). Além disso, deve se tomar uma atenção especial em ecossistemas de pradarias/bancos de fanerógamas, bancos de rodolitos, florestas de animais marinhos, salgados e marismas, os quais são fracamente protegidos por UCsmar na zona costeira brasileira. Com isto, quer se ressaltar a especial necessidade de melhorar estratégias de conservação e implementação adequada destes ecossistemas, como as UCsmar no Brasil, pois podem atuar no contexto local e global de mudanças climáticas (Howard et al., 2014; Kauffman et al., 2018).

Os serviços culturais, por outro lado, são aqueles que incluem benefícios não materiais que as pessoas obtêm de ecossistemas como enriquecimento espiritual, desenvolvimento intelectual, recreação e valores estéticos. Esses serviços são dificilmente evidenciados como benefícios, pois podem ser prestados em forma de inspiração cultural, estética, turismo, recreação e lazer como, por exemplo, em áreas de manguezais (Queiroz et al., 2017). Neste contexto, podem também ser percebidos no valor religioso e/ou espiritual da área contribuindo para a sociodiversidade e na sua importância para educação básica e superior, especialmente na área ambiental (MA, 2005). Várias UCsmar adotaram projetos de participação comunitária local e de educação. “Jovens como Protagonistas do Fortalecimento Comunitário” é um projeto que surgiu como mais uma alternativa da educação não formal, promovendo um espaço de vivências e de estímulo às múltiplas inteligências humanas, onde são acolhidos diversos tipos de saberes, valorizando a riqueza da diversidade. Iniciou sendo aplicado em UCsmar na zona amazônica, e que por seu êxito, posteriormente foi estendido a outras zonas como as Reservas Extrativistas (Resex) Marinhas de Soure e de São João da Ponta, no litoral paraense, e foi proposta a sua replicação em todas as UC’s com ecossistemas de manguezal no Norte do Brasil (ICMBIO, 2018b).

Finalmente, os serviços de habitat mantêm todos os outros serviços, e estão relacionados com processos de formação do solo, formação de habitat costeiro e marinho, reciclagem de nutrientes, fotossíntese e produção primária (MA, 2005). Sobretudo, esses serviços destacam a importância dos ecossistemas para fornecer habitat para espécies e manter a viabilidade genética. Como exposto, a grande variedade de serviços e bens que os ecossistemas marinhos e costeiros oferecem de maneira natural, constante e “gratuita” podem ser esquecidos e muitas vezes nem sequer percebidos, o que pode se tornar problemas para a conservação e manutenção do futuro desses recursos e patrimônios e a sua priorização nas estratégias políticas de criação e gestão de UCsmar. Longe de uma interpretação na qual os ecossistemas e seus serviços podem ser privatizados, a valoração econômica auxilia a evidenciar esses benefícios obtidos e tem sido recentemente usada com interesse especial no desenvolvimento de programas de pagamentos por serviços ambientais (PSA) para financiar a sua conservação, ganhos para as comunidades tradicionais, redução das desigualdades sociais e sustentabilidade econômico-financeira das UCsmar (FT, 2010; Costanza et al., 2014). Nesse sentido, o valor dos serviços ecossistêmicos é

definido como a contribuição relativa dos ecossistemas para o apoio ao bem-estar humano sustentável que eles fornecem (Costanza et al., 1997, 2014).

A aplicação do mapeamento dos serviços (Galparsoro et al., 2014) e a sua valoração econômica são importantes estratégias de gestão para as UCsmar, porém pouco aplicadas no Brasil. De fato, a biodiversidade é um bem de valor inestimável para a sobrevivência das gerações presentes e futuras (UNESCO, 2010), mas é possível outorgar aos ecossistemas um grande valor econômico, social e cultural por oferecer bens e serviços à humanidade. Estas métricas auxiliam na conscientização da população, priorização política e em estratégias de conservação contra políticas desenvolvimentistas com critérios puramente econométricos (que desconsideram o capital natural) (Anderson e Gonigle, 2012; Kallis et al., 2012). Nesse sentido, quantificar economicamente um serviço ecossistêmico nos oferece uma estimativa da magnitude de dependência humana ao mesmo; assim como estimar os custos monetários causados pela degradação dos ecossistemas que posteriormente o Estado e as empresas devem pagar, facilita a compreensão da importância da conservação dos ecossistemas. Porém, não se deve esquecer a valoração dos serviços culturais, não monetários e imateriais, que são extremamente importantes para a conservação dos ecossistemas costeiros e das suas comunidades tradicionais (Queiroz et al., 2017).

A valoração dos serviços ecossistêmicos em comunidades costeiras sobre o seu "uso/não uso"[18] é um tema amplo e importante para ser desenvolvido em cada região, sendo aplicados na avaliação de cenários e políticas, partindo desde definir estado de conhecimento e de conservação da diversidade biológica, geológica e cultural de um determinado local, até saber aplicar soluções adequadas a problemas no uso do patrimônio a favor da sustentabilidade para as comunidades. Estes podem ser explicados também como os benefícios que deixariam de ser percebidos e/ou os custos gerados pela ausência desse serviço ecossistêmico seguindo o método de custo substituto, assim como também podem ser serviços potenciais ou de opção que, sendo identificados e adequadamente aplicados, poderiam evadir custos e solucionar problemas, isto de acordo à classificação do valor de uso/não uso do serviço (Buitrago e Rada, 2005; Costanza et al., 2014).

Estabelecer e gerenciar UCsmar não é algo sem custos, e isso é particularmente verdade para áreas marinhas protegidas longe da costa (Maretti et al., 2019). No Brasil existe uma escassez de investimentos no sistema de unidades de conservação, sobretudo levando em consideração a recente expansão de UCsmar com níveis de financiamento relativamente baixos para sistemas tão vastos (MMA, 2009; Maretti et al., 2019). Nesse sentido, a rentabilidade obtida da valoração de serviços ecossistêmicos nas UCsmar e fundos próprios é importante tanto para a criação e manutenção delas por meio da alocação adequada de recursos humanos, infraestrutura, equipamentos e atividades básicas para uma efetiva proteção dos recursos naturais (Machado, 2017; Mills et al., 2020), assim como recursos para a manutenção das comunidades locais inseridas nelas. O valor monetário pode ser cobrado pela aplicação de impostos a pessoas físicas ou jurídicas pelo acesso a bens e serviços ambientais das UCsmar, compensação ambiental ou da evasão de custos pelo aproveitamento de algum serviço antigamente não tomado em conta. Estes recursos podem ser aplicados então diretamente na conservação de UCsmar e nas comunidades associadas a estas em forma de bolsas, fundos sustentáveis (*blue funding*) ou investimentos para empreendimentos que visem a sustentabilidade dela e benefícios sociais amplos visando reduzir desigualdades.

[18] Valores de uso estão associados à satisfação de preferências e necessidades derivadas do uso de recursos ambientais, e, podem ser de uso direto extrativos (pesca) e não extrativos (turismo), indireto (fixação C) e de opção (bioprospecção). Enquanto valores de não uso ou passivos são gerados de maneira altruísta e sentimental, podem ser classificados como de existência e de herança (Buitrago e Rada, 2005; Figueroa, 2005; Romero e González, 2012).

Outro bom exemplo da aplicação de pagamentos por serviços ecossistêmicos é o programa REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*), onde países industrializados compensam suas próprias emissões de carbono transferindo fundos como créditos de carbono para países em desenvolvimento, os quais impedirão o desmatamento ou a degradação que, de outra forma, teriam ocorrido. De fato, no Brasil, fundos desse programa são recebidos desde o ano 2009, ultrapassando 1 bilhão de USD (dólares americanos) das doações recebidas para o ano 2017 com uma cotação de 51 USD por cada tonelada de CO_2 (cálculo entre os 2005-2015). Dessa maneira, o Brasil pretende reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005 em 2025 e uma redução subsequente das emissões de GEE em 43% abaixo dos níveis de 2005 em 2030 (REDD+, 2016; 2018).

No entanto, apesar do alto potencial que as zonas úmidas costeiras brasileiras têm demonstrado para a captação de carbono azul (Kauffmann et al., 2018), até agora a aplicação desses fundos se tem limitado a ecossistemas terrestres. Portanto, tem-se uma perda de oportunidade significativa neste tema de políticas do carbono azul, principalmente para mitigação em escala nacional e até mesmo global. Enquanto esse mecanismo de ganhos financeiros poderia ser aplicado principalmente para as comunidades inseridas em UCsmar, onde o mangue é, em alguns casos, explorado como recurso. Além disso, as doações poderiam não só substituir entradas econômicas por desmatamentos, mas geraria novas oportunidades para que as comunidades nas UCsmar se organizem e recebam incentivos pela conservação desses espaços essenciais para elas quanto para o resto do mundo. Sabendo que esse e outros mecanismos (PSE, *Voluntary Carbon Markets, Verified Carbon Standard*) têm rendido resultados positivos em melhoras ambientais, sociais e econômicas em diversas populações no mundo (Wylie, Sutton-Grier e Moore, 2016).

Por outro lado, não valorar os ecossistemas marinhos e costeiros e seus serviços, com especial atenção nas UCsmar, pode resultar em falhas na sua conservação, induzindo não só consideráveis consequências econômicas e sociais, mas também gerando perdas relacionadas com a degradação dos ecossistemas e da biodiversidade que podem chegar a ser evidentes em um ponto de não retorno (Kosmus, Renner e Ullrich, 2012). Por exemplo, a falta de valoração de serviços nas UCsmar pode conduzir a estratégias de proteção inadequadas, não priorizando zonas que deveriam ter atenção especial na gestão pela sua função de provisão destes serviços. Mesmo que as UCsmar sejam bem gerenciadas e efetivas nas suas fronteiras legalmente estabelecidas, estas seguem sendo vulneráveis a outros impactos próximos ou distantes delas, como acidentes de óleo, poluição proveniente das cidades, plásticos e excesso de nutrientes que podem chegar pelas correntes e ondas, assim como impactos globais como a chegada de espécies invasoras e impactos das mudanças climáticas. Nesse sentido, as UCsmar devem estar inseridas em um âmbito maior de valorização dos ambientes naturais e na redução de impactos e riscos ambientais no entorno (por exemplo através do planejamento espacial marinho).

A degradação dos serviços ecossistêmicos, como resultado do uso de modelos de desenvolvimento econômico nos quais prevalece a lógica do uso privado dos bens de uso comum, como no caso do mar, pode piorar consideravelmente ao longo do Antropoceno. Isto acarreta, entre outros aspectos, a acentuação da pobreza de alguns grupos humanos, aumento da desigualdade social, perda de serviços ecossistêmicos, e representam um obstáculo para a consecução dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e da década dos oceanos até 2030 (MA, 2005; Naughton-Treves, Holland e Brandon, 2005; Muniz, 2009; Walters et al. 2016). Dessa maneira, ressalta-se ainda mais a importância de lograr uma conservação efetiva e integrada das UCsmar para o desenvolvimento e progresso equitativamente justo, ambiental correto e economicamente sustentável de um país.

Efetividade e governança

As UCsmar são mecanismos eficientes, quando bem gerenciadas, para a conservação das zonas costeiras e dos oceanos e para conseguir/manter os benefícios ecológicos destas, devendo ser utilizadas de forma estratégica para a manutenção de recursos naturais e para a consolidação de atividades socioeconômicas (Lester et al., 2009; Halpern et al., 2009). Entretanto, para que estas finalidades sejam alcançadas, é importante que a efetividade de manejo (Araújo e Bernard, 2016) e a governança (Macedo e Medeiros, 2018; Fassina et al., 2020) em UCsmar sejam analisadas constantemente, pois são processos dinâmicos e políticos ao longo do tempo e, a partir de cada avaliação de gestão, os resultados devem ser comparados aos objetivos pré-estabelecidos por elas na busca de uma melhora no desempenho de sua gerência, dos indicadores e no planejamento de novos objetivos a serem atingidos (Almeida et al., 2016; Brandão et al., 2017).

As avaliações sobre a efetividade de manejo são definidas como o modo de verificar se as UCsmar estão sendo bem manejadas, se estão protegendo valores naturais e culturais e alcançando as metas e objetivos para as quais foram criadas. Essas avaliações respondem aos seguintes temas: *design* de locais ou ecossistemas, adequação dos sistemas e processos de gestão e entrega dos objetivos da área de proteção (Hockings et al., 2006). Assim, um guia geral para avaliar a efetividade e que sofreu modificações ao longo dos anos para ser aplicado nas diferentes realidades e necessidades em todo mundo é o da IUCN-WCPA (Hockings et al., 2006). Este é constituído por seis elementos: contextualização (pressões e ameaças), planejamento (o que se deseja alcançar e como alcançar), entradas (necessidades), processos (como fazer a gestão), saídas (produtos e serviços gerados) e resultados. Devido às várias adaptações que esse modelo de avaliação sofreu (RAPPAM e *Management Effectiveness Tracking Tool-METT*), diversos indicadores surgiram e todos eles podem ser organizados e incluídos nos seis componentes principais. Em várias metodologias utilizadas para avaliar a efetividade, os indicadores podem ser convertidos em escalas qualitativas (muito baixo, baixo, médio, alto e excelente) ou quantitativas (0, 1, 2 e 3; 0, 1, 3 e 5; 0.00, 0.33, 0.67 e 1.00) com scores variando entre 0 e 1. Os dados qualitativos podem ser transformados em quantitativos por meio de escala de 4 ou 5 pontos. Por fim, quando temos valores abaixo de 0.33 a eficácia do manejo é considerada inadequada, quando os valores estão entre 0.33 e 0.67 esta é considerada básica e de 0.67 a 1.00 a efetividade é vista como boa (Leverington et al., 2010). No Brasil, o ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) e órgãos estaduais/municipais ultimamente tem buscado utilizar o Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão – SAMGe, uma ferramenta institucionalizada de análise e monitoramento de gestão das unidades de conservação, de aplicação rápida e resultados imediatos. Serve como subsídio para a elaboração e revisão dos Planos de Manejo e para a tomada de decisão, a partir do preenchimento de um painel de gestão e da espacialização dos dados, avaliando o cumprimento da política pública relacionada à conservação da biodiversidade (SAMGE, 2020).Num estudo global sobre as UC´s foi constatado que os cinco indicadores com maior pontuação individual, ou seja, os considerados satisfatórios para áreas de proteção eficientes foram o status legal (0.85), a marcação dos limites da área de proteção (0.63), as questões de posse (0.61), o *design* adequado (0.65) e a governança e liderança (0.62) (Leverington et al., 2010). Quanto aos aspectos ligados a um manejo eficiente, os seis primeiros foram: a adequação da infraestrutura, equipamentos e instalações; eficácia da administração, incluindo a gestão financeira; programa de comunicação, adequação de informações relevantes e disponíveis para o gerenciamento; adequação de treinamento pessoal e planejamento da gestão. No Brasil, Júnior et al. (2016) realizaram um estudo com o objetivo de identificar fatores relacionados a um manejo eficiente em 54 UCsmar por meio do método RAPPAM aplicados entre 2005 e 2010. Neste trabalho, eles observaram que os cinco principais indicadores associados a uma efetividade adequada foram o alto nível de monitoramento/pesquisa, alto investimento, número de recursos humanos, grande participação social e baixos níveis de conflitos entre gestores e usuários.

Para avaliar as condições das UCsmar no Brasil já foram conduzidos trabalhos em extensas APAs marinhas (Araújo e Bernard, 2016), em manguezais próximos a cidades brasileiras (Almeida et al., 2016) ou em diversas unidades que protegem os recifes de corais brasileiros (Brandão et al., 2017). Para isso, são analisados aspectos sociais, administrativos, financeiros, de governança, participação social e usos legais dentre outros indicadores usando métodos pré-estabelecidos e adaptados (Araújo e Bernard 2016; Almeida et al., 2016). Como resultado do trabalho de Brandão et al. (2017), foi verificado que entre os anos de 2005 e 2015, a principal pressão sofrida nas 11 UCsmar que protegem os recifes brasileiros foi a pesca, ilegal ou tradicional. Dentre as ameaças (pressões futuras) foram a caça ou pesca ilegal, espécies exóticas, mudanças climáticas e o tráfego de embarcações. A média da efetividade de manejo nessas UCsmar aumentou de 55.6 % em 2005 para 60 % em 2015, logo o nível de UCsmar com boa qualidade de gestão se manteve. Resultados com avaliação temporária de efetividade de manejo também foram reportados para manguezais (Almeida et al., 2016). Neste sentido, Almeida et al. (2016), investigaram a efetividade de uma APA próxima a cidade de Fortaleza (Ceará) nos anos de 2003, 2006 e 2012 e encontraram níveis variáveis de 35 %, 50 % e 15 %, respectivamente. Um dos principais motivos para os baixos valores de efetividade de manejo encontrados para o manguezal em estudo é devido a ele encontrar-se em uma das cidades de maior densidade populacional do Brasil, o que aumenta as ameaças para o ecossistema. Em outro estudo realizado na Área de Proteção Ambiental da Costa dos Corais (Nordeste do Brasil) foi possível verificar que houve aumento da efetividade ao longo de 15 anos com média efetividade em 2005 (58 %), baixa efetividade em 2010 (39.5 %) e alta efetividade em 2014 (72 %). Em geral, o fator financeiro foi o que mais contribuiu para a melhora da efetividade nesta APA (Araújo e Bernard, 2016) com o suporte de financiamento de empresas e governamentais (GEF-MAR) com recursos privados e de compensação ambiental.

Pesquisas realizadas em diversas regiões do mundo mostram que o estabelecimento de áreas restritas ao uso (proteção direta – *no-take zones*), bem gerenciadas, antigas (mais de 10 anos), grandes (maiores que 100 km^2) e isoladas por água ou terra melhoram a efetividade de UCsmar. Entretanto, o uso desses fatores, individualmente, não traz respostas para a conservação dessas áreas, mas quando utilizados em conjunto, mostram sua influência para a recuperação de recursos marinhos (Edgar et al. 2014). Também é possível analisar a governança de UCsmar para traçar estratégias que busquem melhores práticas e resultados (Fassina et al. 2020). A governança é um dos principais fatores necessários para assegurar a efetividade de manejo, então, ela se mostra como uma ferramenta para avaliar e desenhar a gestão ambiental. De um modo geral, governança pode ser definida como a junção de instrumentos para tomar as decisões, por quem elas são feitas e como e quais ações serão realizadas. A partir da Geografia Social, podemos analisar, com ênfase, a governança ambiental, que é estabelecida por três componentes: as instituições (leis, políticas, regras e normas), as estruturas (órgãos de tomada de decisão, organizações formais e redes informais) e processos (tomada de decisão, criação de políticas, negociação de valores e resolução de conflitos) (Bennett and Satterfield, 2018) (Figura 17.4). Nesse conjunto, é importante salientar que o processo de tomada de decisão seja caracterizado como inclusivo, participativo e justo e que, também, reconheça os valores, culturas e direitos de todos os interessados, pois, o compartilhamento de poder e vantagens são essenciais para garantir os benefícios socioeconômicos e um manejo ambiental eficiente. No Brasil, a criação e regulação das quatro UCsmar de grande tamanho localizadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e do Arquipélago de Trindade e Martin Vaz constituem um exemplo em que a participação de diversos atores, com diferentes interesses, não foi adequadamente considerada. Assim, houveram mudanças inadequadas (decisão *top-down*) pelas autoridades no *design* final, zoneamento e na categorização dessas áreas de extrema importância para a diversidade biológica e geológica brasileira (Bennett and Satterfield, 2018; Fassina et al. 2020).



Figura 17.4. Esquema dos componentes da governança ambiental.
Fonte: adaptação de Bennett e Satterfield, 2018.

As dimensões humanas são fundamentais na governança de grandes áreas marinhas protegidas e as melhores práticas de gestão podem se enquadrar em oito temas. 1) integração de culturas e tradições; 2) efetivo engajamento de público em geral e dos atores diretos; 3) manutenção dos meios de subsistência e do bem estar social; 4) promoção da economia marinha sustentável; 5) gestão e resolução de conflitos; 6) transparência institucional e compatibilidade de ideias; 7) governança legitimada e apropriada; e 8) justiça social e fortalecimento (Christie et al., 2017). Estes aspectos podem ser trabalhados de forma mais precisa e se tornarem ferramentas para o planejamento, implementação, avaliação e efetividade de áreas marinhas. Além da governança, existem outros diversos obstáculos para as UCs oceânicas. Os desafios são quanto ao monitoramento, a fiscalização, a aplicação de regulações, os custos operacionais e a formação de políticas colaborativas com apoio de diversos grupos (governos, setor privado, pesquisadores, ONGs e comunidade local), e estes, se não forem realizados corretamente, podem torná-las apenas áreas delimitadas legalmente (*paper parks*), mas que não alcançam os princípios de preservação e sustentabilidade (De Santo, 2013; Edgar et al. 2014). Além disso, seu custo no Brasil pode desviar a atenção e recursos financeiros a ecossistemas costeiros relevantes, biodiversos, produtivos e sob forte ameaça de pressão humana que deveriam ser protegidos (Soares e Lucas 2018). Além disso, as áreas oceânicas são importantes economicamente devido à pesca, a mineração, ao turismo e ao transporte de mercadorias. Logo, existem preocupações quanto a restrição de algumas dessas atividades e como isso, pode se tornar um problema para alguns países que tem uma porção significativa da sua economia relacionada a essas atividades. Esse aspecto também pode ser um obstáculo encontrado para a criação e implementação de grandes áreas de conservação marinha, pois gera embates sobre o uso destas (De Santo, 2013; Gruby et al., 2016).

O surgimento de conflitos socioambientais entre administradores e usuários é constante com a criação de UCsmar, e que se devem em grande medida ao estabelecimento de normas carentes

de legitimidade e mecanismos participativos adequados (*bottom-up*), colocando em risco a sobrevivência das comunidades locais usuárias diretas dos recursos ambientais, os recursos naturais e inviabilizando o manejo sustentável (Vivacqua e Vieira, 2005). A partir dos anos 2000, o governo brasileiro tem visto as políticas de participação social como importantes, sendo estas incluídas nos processos de tomada de decisão em UCsmar, com o objetivo de desenhar uma gestão que possa alinhar as necessidades de todos os participantes aos objetivos estabelecidos para a unidade de conservação (Rylands e Brandon, 2005). Casos de sucesso têm sido relatados nas RESEX do Maracanã, de Tracuateua, de Corumbau e na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca. Neste sentido, resultados como a diminuição de infrações dentro de UCsmar, de desacordos com medidas de gestão, de diferenças de expectativas de gerência entre gestores e usuários e o aumento do entendimento e conformidade de leis ambientais foram provocados pela inclusão da comunidade na gestão e por uma boa negociação de conflitos (West, Igoe e Brockington, 2006; Gerhardinger et al. 2011).

Dessa forma, é de extrema importância considerar a participação ativa e interativa da população nas UCsmar brasileiras (Mills et al., 2020), a que usa e a que não usa diretamente o espaço, no planejamento, nas atividades e na tomada de decisões para uma gestão construtiva. Alguns trabalhos realizados em áreas de proteção terrestres mostraram que manter a responsabilidade, a prestação de contas, a coparticipação na formação de políticas e leis como parte das funções da comunidade local pode ser essencial para o manejo de recursos naturais (Taylor, 2009; Snyman, 2012). Assim como a experiência relatada na APA da Baleia Franca, que mostra como a aproximação entre comunidades tradicionais e os tomadores de decisão, a partir do diálogo e da colaboração para realizar uma gestão participativa, se torna uma ferramenta positiva para a governança (Macedo et al. 2013).

Seguindo o conceito de inclusão participativa na gestão, a APA de Anhatomirim é um exemplo de bons resultados dessa prática. Esta foi estabelecida com os objetivos de proteger uma população de golfinhos (*Sotalia guianensis*), patrimônio histórico, parte da floresta atlântica e águas utilizadas pela comunidade local com a pesca, sendo que esta é uma das principais pressões sofridas pelos golfinhos. Na área existem conflitos entre pequenos pescadores, pescadores de médio porte, operadores de escunas e barcos de recreação, pois eles disputam o uso da área e das fontes naturais. Atualmente existem duas áreas zoneadas, em uma existe o “Programa de Monitoramento da Pesca” em que a área não é restrita aos pescadores e eles a utilizam em conjunto com os operadores de escuna para a fiscalização e diminuição da pesca de arrasto propondo a diminuição/modificação no uso de redes e de outras estruturas de captura. Em outra, existe o “Programa de Monitoramento Participativo de Golfinhos”, também realizado com os pescadores e operadores turísticos, e que foi estabelecido em uma área importante para o turismo e para a pesca. Logo, a saída encontrada para esse espaço foi uma regulamentação em que são permitidos escunas e barcos de pesca de pequeno porte e são proibidos barcos recreativos. Dessa maneira, os dois programas estabeleceram uma relação próxima entre as partes interessadas no manejo, propondo soluções, discutindo impactos econômicos e cooperando com os objetivos da APA. Como efeito dessas ações, de uma maior fiscalização e de um esforço de conscientização, os impactos da pesca e da atividade turística têm diminuído (Macedo e Medeiros, 2018).

Salienta-se aqui a necessidade do plano de manejo para as UCsmar (municipais, estaduais e federais) devendo este ser atualizado constantemente. O plano de manejo é um documento técnico imprescindível para implantar ações sustentáveis dos recursos naturais e deve ser elaborado em um prazo máximo de cinco anos após a criação de uma UCsmar, como determinado na lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Somente com o plano de manejo adequado se obtém subsídios para estabelecer normas, restrições para o uso, ações a serem desenvolvidas, manejo dos recursos naturais, zoneamento e medidas para promover a integração da UCsmar à vida econômica e social das comunidades locais costeiras (MMA, 2020). Todavia, é observada a

deficiência na gestão das UCsmar no Brasil tendo em vista que somente 34% delas possuem plano de manejo e outros 66% não possuem (Tabela 17.1). Por outro lado, como ponto positivo, dentre essas unidades com plano de manejo, tem-se a atuação de conselho gestor em quase 80% das áreas (CNUC, 2020), no qual deve contar com representantes dos órgãos públicos, organizações da sociedade civil e da população residente, quando for o caso, promovendo auxílio à gestão da UC na sua gestão, integrando à população e às ações realizadas em seu entorno. Mesmo as UCsmar, que apresentam plano de manejo, muitas vezes os tem de modo desatualizado, pouco aplicável, linguagem técnica e científica complexa e com volumes de texto consideráveis o que dificulta a sua aplicação pelos múltiplos usuários.

Atualmente, um outro modelo de plano de manejo, que pode ser seguido para aplicação nas UCsmar brasileiras, é o elaborado pelo Sistema Nacional de Parques Americanos, o *Foundation Document*. Este é interessante por visualizar as especificidades com um diagnóstico rápido da UC e com isso o documento pode ser elaborado mais rapidamente, com custo menor e focado na realidade de cada unidade de conservação. Para isso, o *Foundation Document* deve responder as seguintes questões: qual o objetivo da unidade, por que ele foi incluído nos sistemas de unidades de conservação, o que o torna importante, quais são seus recursos e valores relevantes, quais os requisitos legais e políticos, regulações especiais e compromissos administrativos que se aplicam a unidade de conservação e quais são as principais necessidades de planejamento e dados da UC (*National Park Service*, 2020). Somente colocando em prática ferramentas para aferir a efetividade da gestão de UCsmar através de indicadores, análises constantes das inter-relações entre os alvos de conservação, implantação e atuação de plano de manejo, e inserção da gestão participativa é que se pode traçar um caminho que conduza para a finalidade esperada das UCsmar, que é a conservação da natureza associada à promoção de seus serviços ecossistêmicos através do uso sustentável dos recursos naturais.

Visão de futuro – áreas prioritárias

O Brasil apesar de possuir uma alta taxa quantitativa de cobertura de unidades de conservação costeiras e marinhas, não possui um sistema representativo e eficiente para a proteção das mesmas (Magris e Pressey 2018; Giglio et al., 2018; Soares e Lucas, 2018), o que denota a importância da ampliação das UCsmar existentes seja pelos poderes públicos municipais, estaduais e federais. Diversos ecossistemas costeiros e marinhos como bancos de rodolitos, bancos de fanerógamas, salgados, recifes de corais mesofóticos e profundos, e, até mesmo, manguezais e recifes de corais rasos estão sub representados no atual sistema de unidades de conservação. Um exemplo, é o recife Amazônico no Norte do Brasil que se situa em zona mesofótica (30-220 m de profundidade) está ameaçado pela expansão da indústria de óleo e gás e, no momento, não está protegido por um mosaico de UCSmar (Francini-Filho et al., 2018; Soares et al., 2019). Neste contexto, o Plano Nacional de Áreas Prioritárias para Conservação é uma valiosa ferramenta de uso das políticas públicas, com diretrizes e estratégias para identificar e criar áreas e ações de modo a garantir a manutenção da biodiversidade. Para definir estas áreas, são consideradas importantes informações da diversidade biológica, como as espécies ameaçadas de extinção, as raras e/ou endêmicas, bem como os serviços ecossistêmicos associados a estes espaços. Informações sobre o impacto antrópico cumulativo, ou mesmo atividades que favoreçam o uso sustentável dos recursos, também precisam ser levados em consideração para cada um desses locais. Um grande ponto a ser ressaltado é que estas áreas, por si só, não se caracterizam como unidades de conservação e nem mesmo possuem o respaldo legal para proteção, desse modo, nelas não são impedidas intervenções humanas (MMA, 2019), porém podem vir a serem importantes espaços protegidos de acordo com as instâncias a criar o mecanismo legal de proteção de novas UCsmar (município, estado, ou governo federal).

Contudo, as informações levantadas para cada uma dessas regiões são de valor inestimável, e após análises através de modelos matemáticos e estatísticos (por exemplo, MARXAN), os resultados funcionam como insumos para orientar e planejar ações, como a criação de novas unidades de conservação e corredores ecológicos, como subsídio do processo decisório quanto a questões ambientais, fiscalização, planos de manejo, programas de proteção, áreas de exclusão de pesca, educação ambiental ou até mesmo um suporte para planejar a implantação de empreendimentos e empresas (MMA, 2019).

Histórico

O processo integrativo como vários setores da sociedade, usando de consultas públicas, encontros e oficinas, foi a principal ferramenta participativa usada para a escolha de áreas com prioridade para a conservação e uso sustentável da biodiversidade. A primeira ação do processo decisório, coordenado pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO, se deu no final da década de 90, e através das decisões tomadas nestas reuniões e dos estudos formulados previamente por autoridades na área, foram indicadas em todo o território nacional as áreas e ações prioritárias para a conservação e manutenção da biodiversidade. Como resultado destes primeiros encontros, foram definidas no total 900 áreas, compreendendo os biomas da Amazônia, Caatinga, Campos Sulinos, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e Zona Costeira e Marinha, para interesse na conservação. Esses primeiros resultados foram validados nacionalmente somente em 2004, sendo de responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente – MMA garantir o acesso desses resultados e assegurar meios e instrumentos para as atualizações dessas áreas e ações de conservação (MMA, 2019).

O primeiro processo de atualização dessas áreas ocorreu em 2006 e contou com o apoio de instituições como Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), SOS Mata Atlântica, Fundo Brasileiro Para a Biodiversidade (FUNBIO), Fundação Biodiversitas, Fundo Global para o Meio Ambiente Caatinga (GEF Caatinga), Cooperação Técnica Alemã (GTZ), Fundo Mundial para Natureza (WWF), *The Nature Conservancy* (TNC), Conservação Internacional - Brasil (CI), Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), Instituto Sócio-Ambiental (ISA), Coordenação das Organizações Indígenas da Amazônia Brasileira (COIAB), Conselho Nacional de Seringueiros (CNS), Grupo de Trabalho Amazônico (GTA) e Associação Plantas do Nordeste (APNE). O processo consistiu em reuniões técnicas para definir os alvos e metas de conservação, a importância desses alvos, e a elaboração de um mapa dessas áreas de importância para a biodiversidade (MMA, 2019). O segundo processo de atualização aconteceu mais de dez anos depois, em 2018, sendo os resultados também estruturados em mapas e material descritivo, com informações sobre a importância biológica e quais as prioridades de ação (MMA, 2019).

Como são definidas as áreas prioritárias para conservação?

A metodologia mais recentemente usada para designar essas áreas prioritárias se baseia no método de planejamento sistemático da conservação (PSC) (Margules e Pressey, 2000), com adaptações principalmente quanto a sistematização das etapas, de modo a otimizarem o processo. O método utilizado consiste em seis fases principais (Figura 17.5) (MMA, 2019), a primeira etapa se baseia em definir sub-áreas, ou unidades de planejamento, através de ordenações regulares, como grades e hexágonos, ou irregulares, como habitat remanescentes. Na segunda etapa do processo, são feitas consultas à base de dados oficiais georeferenciados e

confiáveis, para o levantamento de informações disponíveis sobre a biodiversidade. Se necessário, e havendo disponibilidade de recursos financeiros, são feitas novas expedições de campo para a coleta de novos dados. Em um terceiro momento, os alvos e metas para conservação são definidos. Os alvos são atributos que representam bem a biodiversidade do local e que tenham interesse para a conservação, como ambientes de recifes de corais (rasos, mesofóticos ou profundos). Junto aos alvos, são usados dispositivos que representem a heterogeneidade do ambiente, como dados de diversas fontes, tais como sensoriamento remoto e mapas, que são poderosas ferramentas aliadas a esse processo de conservação. Os especialistas consultados ao longo do processo definem as metas para cada alvo, considerando inúmeros fatores como o grau de ameaça das espécies e perda de habitat. Os produtos finais são mapas de importância biológica que mostram a relevância de cada uma das unidades de planejamento. As categorias de importância biológica definidas são: insuficiente conhecida, alta, muito alta, extremamente alta.

A quarta etapa do processo consiste em definir as oportunidades e ameaças a conservação, e a superfície de custos aliados. A conservação possui custos de implementação, quanto menor o custo para estabelecer uma área, maiores são as chances de executar ações de conservação. As ameaças são entendidas como atividades antrópicas que representam riscos para a conservação e são entendidas como custos positivos. As oportunidades, ou restrições, por outro lado, favorecem as ações de conservação e possuem custos negativos. Na metodologia usada neste processo recentemente adotado (2018), para priorizar a proteção de uma área em detrimento de outra, foi o melhor custo/benefício. Quanto menor o custo para implementação de uma área, maiores são as chances destas áreas receberem prioridades nas ações de conservação. A seleção de áreas prioritárias leva em consideração as espécies e/ou ecossistemas, os custos para implantação e as metas para conservação, dentre outros fatores. É nesta quinta fase em que essas áreas com prioridade para a conservação são identificadas. As áreas selecionadas devem assegurar a representatividade e a persistência dos alvos a serem preservados.



Figura 17.5. Etapas para criação de áreas prioritárias para conservação.
Fonte: Adaptado a partir de Margules e Pressey (2000) e MMA (2019).

Por fim, após estas áreas serem selecionadas com apoio de modelagem (MARXAN), são feitas consultas públicas e reuniões para definir quais são as ações que são prioritárias e o grau de prioridade da implementação, isso dependendo da importância biológica e da necessidade de urgência, consistindo esta etapa na sexta e última fase. Como resultado do último processo de atualização 2018/2019, foram definidas 116 áreas prioritárias no bioma costeiro e marinho, que foram sistematizadas em um mapa de acordo com a sua importância biológica e ações prioritárias para conservação, como pode ser visto na figura abaixo (Figura 17.6). Neste mapa são excluídas as atuais UCsmar pois já são protegidas legalmente. Portanto, trata-se de uma visão de futuro importante, bem embasada e que pode servir de instrumento por diversos entes da república federativa como os poderes públicos municipais, estaduais e federais. A proposta de organizar as áreas com prioridade para conservação é de fundamental importância para a criação de novas UCSmar, já que a interconectividade dos biomas costeiros e marinhos os tornam mais vulneráveis a ameaças antrópicas e rápida degradação.

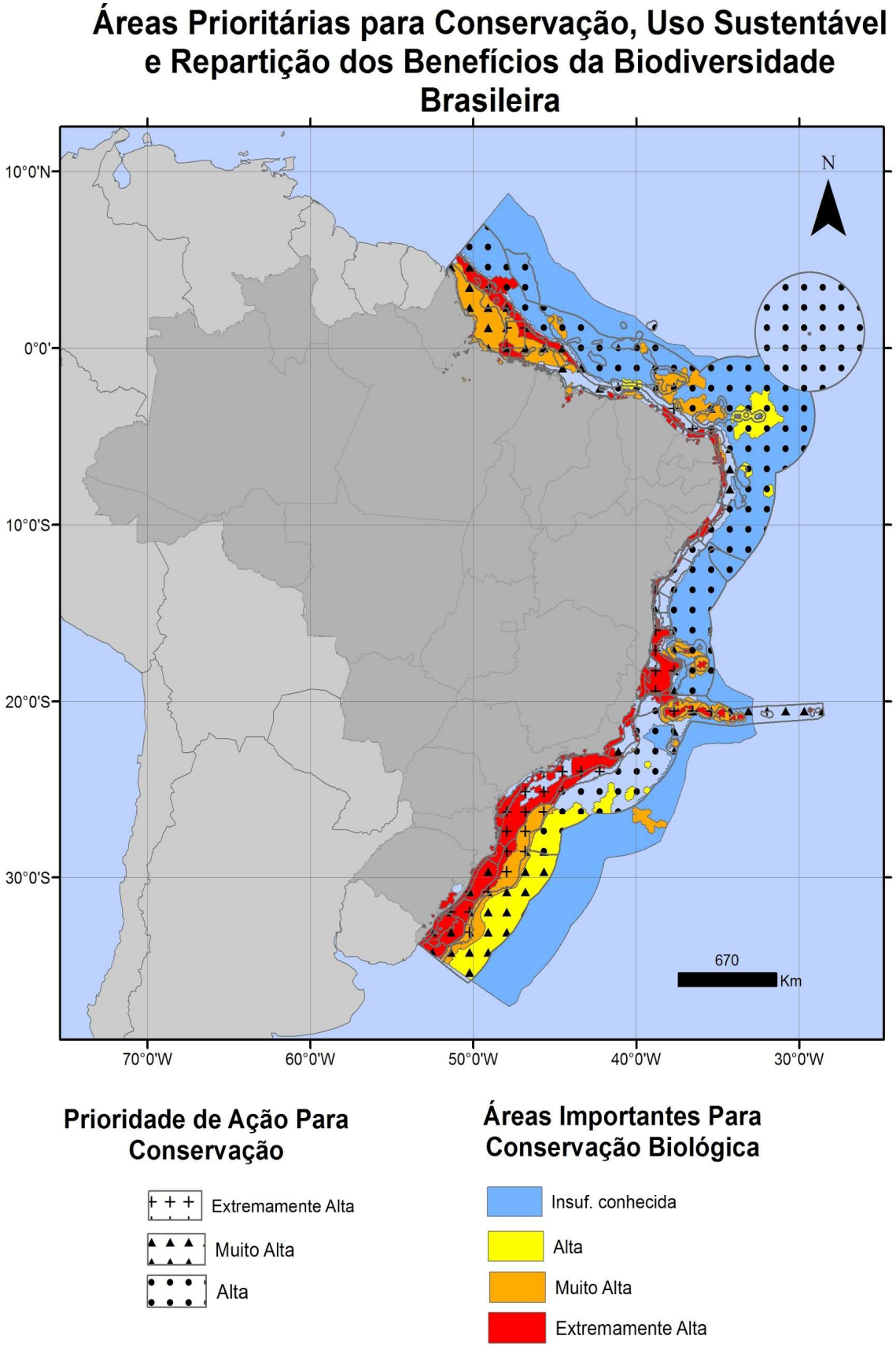


Figura 17.6. Mapa do Brasil com as áreas selecionadas de acordo com a sua importância biológica e ações prioritárias para conservação.

Fonte: Elaborado por PAIVA, V. S., 2020.

Considerações finais

A criação de UCsmar se apresenta como valiosa ferramenta para a preservação de espécies, habitat, culturas e o uso e desenvolvimento sustentável dos recursos naturais, desde que ações direcionadas para alcançar esses objetivos sejam efetivas. O Brasil, por ser signatário de metas e acordos globais, criou muitas unidades de conservação nos últimos anos, inclusive unidades de conservação nos ambientes costeiros e marinhos, causando uma falsa sensação de proteção, já que pouco se avançou na prática e muitas das áreas protegidas estão somente no papel, são mal localizadas, ou não possuem nenhum mecanismo de proteção, autossuficiência financeira e regulamentação, como um plano de manejo atualizado. Esse é apenas um dos fatores que demonstra as dificuldades do caminho percorrido até o momento, com muito ainda a ser feito para a efetividade dos espaços protegidos e representatividade ecológica das UCsmar no território nacional.

Para que o propósito de criação das UCs marinhas seja atingido, vem sendo apontadas algumas ações estratégicas, como o aumento de investimentos na gestão, seja com fiscalização, monitoramento e pesquisas científicas; a necessidade de melhora da vinculação entre governo federal, iniciativa privada, organizações não governamentais e demais instituições (universidades, municípios, estados), para o estabelecimento de estratégias e planos de manejo sintéticos (por exemplo, *Foundation Document*) construído com participação ativa e integrativa com múltiplos atores sociais e focados na gestão com atores sociais locais e descentralizada. Além disso, é necessária a avaliação constante dos processos de governança, que devem se adaptar as condições dinâmicas dos ambientes marinhos e costeiros; e que compreendam a valoração dos serviços ecossistêmicos.

Somente através da inclusão e aprimoramento dessas práticas será possível melhorar a criação, manutenção e gestão das UCsmar como uma forma de manter a riqueza e o patrimônio biológico, social, geológico, arqueológico e cultural dos ecossistemas costeiros e marinhos brasileiros, desde as águas rasas até o mar profundo. Aliados à sustentabilidade, os princípios de preservação marinha devem promover uma gerência eficiente do grande potencial dos recursos naturais do nosso país. É importante, também, que possamos estar atentos às iniciativas promovidas local e internacionalmente como a “Década dos Oceanos” (2021-2030) e os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), para que as experiências de sucesso possam ser compartilhadas, aprimoradas e viabilizadas nas diferentes realidades ecológicas e socioeconômicas do extenso território brasileiro. Por fim, estabelecer relações harmônicas entre o homem e o meio ambiente, uma economia de baixo carbono, a utilização adequada e com repartição de benefícios às comunidades, e a valorização social, cultural e espiritual da natureza como co-elemento da vida humana, são perspectivas/valores que nos ajudarão a assegurar todos os benefícios fornecidos pela natureza além de proteger e conservar a biodiversidade brasileira.

Agradecimentos

As autoras Sandra Paiva, Carolina Bracho, Eliana Matos e Caroline Lucas agradecem pelas Bolsas de doutorado financiadas pela FUNCAP e CAPES. Marcelo de Oliveira Soares agradece a Bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq-Pq2 (COIAM-Oceanografia), programa CAPES-PRINT, FUNCAP (Programa Cientista Chefe) e ao INCT Ambientes Marinhos Tropicais. Os cinco autores dedicam este capítulo (trabalho 3 do nosso grupo de pesquisa) ao início da Década dos Oceanos (2021-2030). Acreditamos que esta década é uma oportunidade única na nossa vida e do planeta para unir as comunidades, ONGs, poder público, setor privado, academia e todos os interessados na conservação dos oceanos e da vida. Com este capítulo na nossa língua materna pretendemos contribuir para a discussão deste tema nas escolas, universidades e pela sociedade visando atingir os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) em especial o 14 (*Life Below Water*).

Referências bibliográficas

ABESSA, D. M.S. et al. Pollution status of marine protected areas worldwide and the consequent toxic effects are unknown. **Environmental pollution**, v. 243, p. 1450-1459, 2018.

AGARDY, T.; DI SCIARA, G. N.; CHRISTIE, P. Mind the gap: addressing the shortcomings of marine protected areas through large scale marine spatial planning. **Marine Policy**, v. 35, n. 2, p. 226-232, 2011.

ALMADA, G. V. de M. B.; BERNARDINO, A. F. Conservation of deep-sea ecosystems within offshore oil fields on the Brazilian margin, SW Atlantic. **Biological Conservation**, v. 206, p. 92-101, 2017.

ALMEIDA, L. T. de et al. Evaluating ten years of management effectiveness in a mangrove protected area. **Ocean e Coastal Management**, v. 125, p. 29-37, 2016.

ALVAREZ-FILIP, L. et al. Flattening of Caribbean coral reefs: region-wide declines in architectural complexity. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 276, n. 1669, p. 3019-3025, 2009.

AMARAL, A. C. Z. et al. Brazilian sandy beaches: characteristics, ecosystem services, impacts, knowledge and priorities. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. SPE2, p. 5-16, 2016.

ANDERSON, B.; M'GONIGLE, M. Contradiction and reinvention in the age of climate change. **Ecological Economics**, v. 84, p. 37-48, 2012.

ANDRADE, A. B.; SOARES, M. de O. Offshore marine protected areas: divergent perceptions of divers and artisanal fishers. **Marine Policy**, v. 76, p. 107-113, 2017.

ARAÚJO, J. L. e BERNARD, E. Management effectiveness of a large marine protected area in Northeastern Brazil. **Ocean e Coastal Management**, v. 130, p. 43-49, 2016.

ARAUJO, G. S. et al. Ecotoxicological assessment of sediments from an urban marine protected area (Xixová-Japuí State Park, SP, Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 75, n. 1-2, p. 62-68, 2013.

BALVANERA, P.; COTLER, H. **Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio**. Conabio, México, p. 185-245, 2009.

BARBOSA, R. V.; DAVIES, A. J.; SUMIDA, P. Y. G. Habitat suitability and environmental niche comparison of cold-water coral species along the Brazilian continental margin. **DEEP-SEA RESEARCH PART I-OCEANOGRAPHIC RESEARCH PAPERS**, v. 154, p. 103147, 2019

BARBOSA-FILHO, M. L. V. et al. Evidence of shifting baseline and Fisher judgment on lane snapper (*Lutjanus synagris*) management in a Brazilian marine protected area. **Ocean e Coastal Management**, v. 183, n. 105025, 2020.

BARRAGÁN, J. M. **Política, Gestión y Litoral: una nueva visón de la Gestión Integrada de áreas Litorales**. Organización de las Naciones Unidades para la educación, la ciência y la cultura (UNESCO). Oficina regional de ciência para América Latina y el Carib**e.** Editorial Tébar Flores, 2014, 685 p.

BENNETT, N. J.; SATTERFIELD, T. Environmental governance: A practical framework to guide *design*, evaluation, and analysis. **Conservation Letters**, 11(6), e12600, 2018.

BERNARDINO, A. F. et al. Benthic estuarine communities in Brazil: moving forward to long term studies to assess climate change impacts. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. SPE2, p. 81-96, 2016.

BERNARDINO, A. F. et al. Submarine canyons support distinct macrofaunal assemblages on the deep SE Brazil margin. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 149, p. 103052, 2019.

BEZERRA, I. M. et al. Genetic diversity and gen flow of the threatened Brazilian endemic parrotfish Scarus trispinosus (Valenciennes, 1840). **Marine Environmental Research**, v. 142, p. 155-162, 2018.

BRANDÃO, C. dos S.; MALTA, A.; SCHIAVETTI, A. Temporal assessment of the management effectiveness of reef environments: The role of marine protected areas in Brazil. **Ocean e Coastal Management**, v.142, p.111-121, 2017.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.985 de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o artigo 225 da Constituição Federal e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 2. ed. Brasília, DF: MMA, 2012, 152 p.

BRUNO, J. F. et al. Climate change threatens the world's marine protected areas. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 6, p. 499, 2018.

BUITRAGO, J.; RADA, M. **Metodología de Valoración de los Servicios Ambientales de los Parques Nacionales; La Laguna de La Restinga, Venezuela**. In: Monografía No. 2 Los Humedales de Iberoamérica. CYTED. Pp. 263-271. 2005.

CDB. **Convention on Biological Diversity**. Disponível em: <https://www.cbd.int/sp/targets/> Acesso em: 25 mar. 2020.

CDB. Convention on Biological Diversity. **Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020, including Aichi Biodiversity Targets**. 2014.

CHAUVENET, A.; BARNES, M. Expanding protected areas is not enough. Science, v. 353, n 6299, p. 551-552.

CHRISTIE, P. et al. Why people matter in ocean governance: Incorporating human dimensions into large-scale marine protected areas. **Marine Policy**, v. 84, p. 273-284, 2017.

CIOMMO, R. C. D.; SCHIAVETTI, A. Women participation in the management of a Marine Protected Area in Brazil. **Ocean e Coastal Management**, v. 62, p. 15-23, 2012.

CLAUDET, J.; LOISEAU, C.; SOSTRES, M.; ZUPAN, M. Underprotected Marine, Protected Areas in a Global Biodiversity Hotspot. **One Earth**, v. 2, p. 380-384, 2020.

CNUC. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>. Acesso em: 19 mar 2020.

COPERTINO, M. S. et al. Seagrass and submerged aquatic vegetation (VAS) habitat off the coast of Brazil: state of knowledge, conservation and main threats. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. SPE2, p. 53-80, 2016.

CORDEIRO, R.T.S. et al. First assessment on Southwest Atlantic equatorial deep-sea coral communities. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 103344, 2020.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997.

COSTANZA, R. et al. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, p. 152-158, 2014.

COUTINHO, R. et al. Studies on benthic communities of rocky shores on the Brazilian coast and climate change monitoring: status of knowledge and challenges. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. SPE2, p. 27-36, 2016.

CUNHA, C. N.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitat**. Cuiabá: EdUFMT, 2015.

DAVIDSON, L. N. K.; DULVY, N. K. Global marine protected areas to prevent extinctions. **Nature ecology e evolution**, v. 1, n. 2, p. 1-6, 2017.

DAWSON, M. N.; GROSBERG, R. K.; BOTSFORD, L. W. Connectivity in marine protected areas. **Science**, v. 313, n. 5783, p. 43-45, 2006.

DE SANTO, E. M. Missing marine protected area (MPA) targets: how the push for quantity over quality undermines sustainability and social justice. **Journal of environmental management**, v. 124, p. 137-146, 2013.

DIEGUES, A. C. S. **O mito moderno da natureza intocada.** São Paulo: HUCITEC, 1994, 169 p.

DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. de A.; OLIVEIRA, D. de. Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil. In: GANEM, Roseli Sena (Org.). **Conservação da Biodiversidade: Legislação e Políticas Públicas**. Brasília: Editora Câmara, 2010.

DUARTE, C. M. et al. Rebuilding marine life. **Nature**, v. 580, n. 7801, p. 39-51, 2020.

EDGAR, G. J. et al. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. **Nature**, v. 506, n. 7487, p. 216-220, 2014.

ELLIFF, C. I.; SILVA, I. Coral reefs as the first line of defense: Shoreline protection in face of climate change. **Marine Environmental Research**, v. 127, p. 148-154, 2017.

ENDO, C. A. K. et al. Low connectivity compromises the conservation of reef fishes by marine protected areas in the tropical South Atlantic. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2019.

ERVIN, J. Rapid assessment of protected area management effectiveness in four countries. **BioScience**, v.53(9), p.833-841, 2003.

FASSINA, C. M.; TELLES, D. H. Q.; MAZZUCO, A. C. A. Governance challenges for the newest Brazilian marine protected areas: Preliminary considerations for stakeholder participation. **Ocean e Coastal Management**, v. 185, p. 105067, 2020.

FENDRICH, A. N.; DA ROCHA, A. G.; RANIERI, V. E. L. Comparison between official priority studies guidelines and Protected Areas created in Brazil. **Land use policy**, v. 82, p. 240-246, 2019.

FERNANDES, L. F. L. et al. Marine zooplankton dynamics after a major mining dam rupture in the Doce River, southeastern Brazil: Rapid response to a changing environment. **Science of The Total Environment**, p. 139621, 2020.

FERREIRA, A.C.; LACERDA, L.D. Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. **Ocean e Coastal Management**, v.125, p.38-46, 2016

FIGUEROA, J. R. Valoración de la biodiversidad: Perspectiva de la economía ambiental y la economía ecológica. **Interciência**. v. 30, n. 2, p. 103-107, feb. 2005. Disponível em <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttextepid=S037818442005000200011elng=esenrm=iso>. Acesso em 20 abr 2020.

FOREST TRENDS, EL GRUPO KATOOMBA e PNUMA (FT). **Pago por servicios ambientales: Primeros pasos en ecosistemas marinos y costeros.** Forest Trends e el Grupo Katoomba. 2010.

FRANCINI-FILHO, R.B. et al. Perspectives on the Great Amazon Reef: Extension, Biodiversity, and Threats. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, p. 142, 2018.

FRANCINI-FILHO, R. B. et al. Remote sensing, isotopic composition and metagenomics analyses revealed Doce River ore plume reached the southern Abrolhos Bank Reefs. **Science of The Total Environment**, v. 697, p. 134038, 2019.

FREITAS, R. R.; CHAMY, P.; CARVALHO D.R. Institutional *design* of small-scale fisheries in marine protected areas applied to sustainable territorial development on the Brazilian coast. **Ocean e Coastal Management**, v. 139, p. 92-101, 2017.

FUNBIO. **Fundo Brasileiro para a Biodiversidade.** Disponível em: <https://www.funbio.org.br/unidades-de-conservacao-marinhas-criadas/>. Acesso em: 25 mar 2020.

GALPARSORO, I.; BORJA, A.; UYARRA, M. Mapping ecosystem services provided by benthic habitat in the European North Atlantic Ocean. Frontiers in Marine Science. v. 1, n. 23, p. 1-23, 2014.

GARCIA, T. M. et al. Microplastics in subsurface waters of the western equatorial Atlantic (Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 150, p. 110705, 2020.

GARRISON, T. Uses and Abuses of the Ocean. *In:* **Essentials of oceanography**. 6° Edição, Brooks/Cole, Belmont, USA. 2012, 379 p.

GERHARDINGER, L. C. et al. Unveiling the genesis of a marine spatial planning arena in Brazil. **Ocean e Coastal Management**, v. 179, p. 104825, 2019.

GERHARDINGER, L.C. et al. Marine protected dramas: the flaws of the Brazilian National System of Marine Protected Areas. **Environmental Management,** v. 47, p. 630–643, 2011. http://dx.doi.org/10.1007/s00267010-9554-7.

GIGLIO, V. J. et al. Large and remote marine protected areas in the South Atlantic Ocean are flawed and raise concerns: comments on Soares and Lucas. **Marine Policy**, v.96, p 13-17, 2018.

GOMES, M. P. et al. Nature and condition of outer shelf habitat on the drowned Açu Reef, Northeast Brazil. In: **Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat**. Elsevier, 2020. p. 571-585.

GROOT, R. et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem Services**, v. 1, p. 50-61, 2012.

GRUBY, R. L. et al. Toward a social science research agenda for large marine protected areas. **Conservation Letters**, v.9(3), p.153-163, 2016.

HAJDU, E. et al. Deep-sea dives reveal an unexpected hexactinellid sponge garden on the Rio Grande Rise (SW Atlantic). A mimicking habitat? **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 146, p. 93-100, 2017.

HALPERN, B. S.; LESTER, S. E.; KELLNER, J. B. Spillover from marine reserves and the replenishment of fished stocks. **Environmental Conservation**, v. 36(4), p. 268-276, 2009.

HALPERN, B. S. et al. Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. **Nature communications**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2015.

HALPERN, B. S. et al. Recent pace of change in human impact on the world's ocean. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2019.

HOCKINGS, M. et al. **Evaluating effectiveness: a framework for assessing the management of protected areas.** 2nd edn, p 105. IUCN, Gland, Switzerland, 2006.

HORTA, P. A. et al. Rhodoliths in Brazil: Current knowledge and potential impacts of climate change. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. SPE2, p. 117-136, 2016.

HOWARD, J. et al. **Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses**. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA, 2014, 184p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil**: Rio de Janeiro, 2011, 268 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2018.

ICMBIO. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/9792-snuc-completa-18-anos-de-criacao>. Acesso em: 20 mar. 2020.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Propostas para revisão do marco regulatório do caranguejo-uçá, vamos melhorar juntos a pesca do caranguejo-uçá?** Projeto Manguezais do Brasil. 2018a, 19 p.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Jovens Protagonistas: descrição da implementação em unidades de conservação com manguezal/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018b, 40 p.

ICMBIO. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/o-instituto-destaque.> Acesso em: 15 abr. 2020.

ICMBio. **Estratégia integrada de monitoramento marinho costeiro: Programa Nacional de Monitoramento da Biodiversidade do ICMBio (MONITORA) - subprograma Marinho e Costeiro** – ICMBio, 1 ed., Brasília, 97pp. 2019.

IUCN World Commission on Protected Areas (IUCN-WCPA). **Establishing Marine Protected Area Networks—Making It Happen. Washington**, D.C.: IUCN-WCPA, National Oceanic and Atmospheric Administration and The Nature Conservancy. 118 p, 2008.

JONES, P. J. S.; DE SANTO, E. M. Viewpoint–Is the race for remote, very large marine protected areas (VLMPAs) taking us down the wrong track? **Marine Policy**, v. 73, p. 231-234, 2016.

JÚNIOR, J. G. C. O. et al. Measuring what matters–Identifying indicators of success for Brazilian marine protected areas. **Marine Policy**, v. 74, p. 91-98, 2016.

KALLIS, G.; KERSCHNER, C.; MARTINEZ-ALIER, J. The economics of degrowth. **Ecological Economics,** v. 84, p. 172-180, 2012.

KAUFFMANN, J. B. et al. Carbon stocks of mangroves and salt marshes of the Amazon region, Brazil. **Biology Letters,** v. 14, n. 20180208, 2018.

KITAHARA, M. V. Species richness and distribution of azooxanthellate Scleractinia in Brazil. **Bulletin of Marine Science**, v. 81, p. 497-518, 2007

KITAHARA, M. V.; CAPITOLI, R. R.; HORN FILHO, N. O. Distribuição das espécies de corais azooxantelados na plataforma e talude continental superior do sul do Brasil. Iheringia. **Série Zoologia** (Impresso), v. 99, p. 223-236, 2009.

KLEIN, C. J. et al. Shortfalls in the global protected area network at representing marine biodiversity. **Scientific reports**, v. 5, p. 17539, 2015.

KOSMUS, M.; RENNER, T.; ULLRICH, S. **Integración de los servicios ecosistémicos en la planificación del desarrollo. Un enfoque sistemático en pasos para profesionales basado en JEEB.** Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo. Alemania. 2012.

LACERDA, L. D.; ESTEVES, F. A. Restingas brasileiras: 15 anos de estudo. In: Esteves, F.A. e Lacerda, L.D. (Org.). **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, v. 1, p. 3-8. 2000.

LEÃO, Z. M. A. N. et al. Brazilian coral reefs in a period of global change: a synthesis. **Brazilian Journal of Oceanograpy**, v.64, p. 97-116, 2016.

LEE, K. H.; NOH, J.; KHIM, J. S. The Blue Economy and the United Nations' sustainable development goals: Challenges and opportunities. **Environment International**, v. 137, p. 105528, 2020.

LESTER, S. E. et al. Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. **Marine Ecology Progress Series**, v. 384, p. 33-46, 2009.

LEVERINGTON, F et al. Management effectiveness evaluation in protected areas – a global study. Second edition. The University of Queensland Brisbane AUSTRALIA, 101 p, 2010.

LINDEGREN, M. et al. A global mismatch in the protection of multiple marine biodiversity components and ecosystem services. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2018.

LOCKWOOD, M. et al. Governance principles for natural resource management. **Society and natural resources**, v. *23*(10), p. 986-1001, 2010.

MACEDO, H. S. et al. Governing wide coastal-marine protected territories: A governance analysis of the Baleia Franca Environmental Protection Area in South Brazil. **Marine Policy**, v. 41, p. 118-125, 2013.

MACEDO, H. S.; MEDEIROS, R. P. Rethinking governance in a Brazilian multiple-use marine protected area. **Marine Policy**. 2018. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.08.019.

MACEDO, H. S. et al. Have you seen the dolphins? Dolphin watching participatory monitoring in a Brazilian multiple-use Marine Protected Area. In: **Marine Protected Areas**. Elsevier, 2020. p. 361-378.

MACHADO, M. Caracterização dos fundos privados para unidades de conservação no Brasil. In: **XII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economía Ecológica.** Sessão temática: Governança e Instituições Ambientais – as múltiplas institucionalidades dos processos, estruturas e funções ecossistêmicas. Universidade Federal de Uberlândia. Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. 19-22 set. 2017.

MAESTRO, M. et al. Marine protected areas in the 21st century: Current situation and trends. **Ocean e Coastal Management**, v. 171, p. 28-36, 2019.

MAGRIS, R. A.; PRESSEY, R. L. Marine protected areas: Just for show? **Science**, v. 360, n. 6390, p. 723-724, 2018.

MAGRIS, R. A.; GIARRIZZO, T. Mysterious oil spill in the Atlantic Ocean threatens marine biodiversity and local people in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 153, p. 110961, 2020.

MARETTI, C. C. et al. Marine and coastal protected and conserved areas strategy in Brazil: Context, lessons, challenges, finance, participation, new management models, and first results. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 29, p. 44-70, 2019.

MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. **Nature**, 405, p. 243-253, 2000.

MAXWELL, S. M. et al. Mobile protected areas for biodiversity on the high seas. **Science**, v. 367, n. 6475, p. 252-254, 2020.

MCLEOD, E.; SALM, R.; GREEN, A.; ALMANY, J. *Design*ing marine protected area networks to address the impacts of climate change. **Frontiers in Ecology and the Environment,** v. 7, 2009. doi:10.1890/070211.

MENEZES, M. O. T.; ARAÚJO, F. S.; ROMERO, R. E. O sistema de conservação biológica do Estado do Ceará: diagnóstico e recomendações. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 5, n. 2, 2010.

MILLS, M. Opportunities to close the gap between science and practice for Marine Protected Areas in Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation,** 2020. Doi: 10.1016/j.pecon.2020.05.002

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**. 2019. Disponível em: <http://areasprioritarias.mma.gov.br.> Acesso em 20 de mar. de 2020.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/plano-de-manejo.html> Acesso em: 25 mar. 2020.

MMA. Ministério do meio ambiente. **Pilares para o plano de sustentabilidade financeira do sistema nacional de unidades de conservação**. 2ª edição. Brasília. 2009.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA). **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, DC. 2005.

MUNIZ, L. Ecologia política: o campo de estudo dos conflitos sócio-ambientais. **Revista Pós Ciências Sociais**, v.6, n.12, 2009.

NATIONAL PARK SERVICES. **Foundation Documents for National Park Units**. Disponível em: <https://parkplanning.nps.gov/foundationDocuments.cfm.> Acesso em: 03 jun. 2020.

NAUGHTON-TREVES, L.; HOLLAND, M.; BRANDON, K. The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. **Annual Reviews of Environments and Resources**. N. 30, p. 219-52, 2005.

NEVES, C. F. A letter to my climate change skeptical neighbor: some thoughts about the coastal zone. **Geo-Marine Letters**, p. 1-5, 2019.

NOVELLI, Y. S. et al. Climate changes in mangrove forests and salt marshes. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. SPE2, p. 37-52, 2016.

ORBACH, M.; KARRER, L. **Marine Managed Areas: What, Why, and Where**. Science and Knowledge Division, Conservation International, Arlington, Virginia, USA. 2010.

OUTEIRO, L. et al. Is it just about the money? A spatial-economic approach to assess ecosystem service tradeoffs in a marine protected area in Brazil. **Ecosystem Services**, v. 38, p. 100959, 2019.

PÁDUA, M. T. J. **Sistema brasileiro de unidades de conservação: de onde viemos e para onde vamos?** In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba: IAP; Unilivre; Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, v. 1. p. 214-236, 1997.

PEREIRA, M.; BONETTI, J. **Comparação preliminar entre feições morfológicas de fundo em Unidades de Conservação marinho costeiras no Brasil: Fernando de Noronha (PE), Abrolhos**

(BA) e Arvoredo (SC). In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. Rio de Janeiro. 21-24 de outubro de 2012. 5p.

PICKAVER, A. H.; GILBERT, C.; BRETON, F. An indicator set to measure the progress in the implementation of integrated coastal zone management in Europe. **Ocean e Coastal Management**, v. 47 (9-10), p. 449-462, 2004.

PINHEIRO, H.T. et al. Fish biodiversity of Saint Peter and Saint Paul´s Archipelago, Mid-Atlantic Ridge, Brazil: new records and a species database. **Journal of Fish Biology**, 2020. Doi: https://doi.org/10.1111/jfb.14484

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Medidas para la gestión ecosistémica de las zonas marinas y costeras**. Series UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 189, 2015, 67 p.

POMEROY, R. S.; PARKS, J. E.; WATSON, L. M. **How is your MPA doing? A guidebook of natural and social indicators for evaluating marine protected area management effectiveness**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambride, UK, 2004, 216 p.

PORTUGAL, A. B. et al. Increased anthropogenic pressure decreases species richness in tropical intertidal reefs. **Marine environmental research**, v. 120, p. 44-54, 2016.

PORTUGAL, A. Br. et al. Structure of macroalgal communities on tropical rocky shores inside and outside a marine protected area. **Marine environmental research**, v. 130, p. 150-156, 2017.

QUEIROZ, L. S. et al. Neglected ecosystem services: Highlighting the socio-cultural perception of mangroves in decision-making precesses. Ecosystem Services. v. 26, p. 137-145, 2017.

REDD+. **REDD+ Brasil**. Nota Informativa, MMA. 8 pp. 2018

REDD+. **ENREDD+ national strategy for reducing emissions from deforestation and forest degradation, and the role of conservation of forest carbon stocks, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks.** Ministry of the Environment, Brasília: MMA, 48 pp. 2016.

RETKA, J. et al. Assessing cultural ecosystem services of a large marine protected area through social media photographs. Ocean e Coastal Management, v. 176, p. 40-48, 2019.

RHORMENS, M.; PEDRINI, A.; GHILARDI-LOPES, N. Implementation feasibility of a marine ecotourism product on the reef environments of the marine protected areas of Tinharé and Boipeba Islands (Cairu, Bahia, Brazil). Ocean e Coastal Management, v. 139, p. 1-11, 2017.

ROMERO, P.; GONZALEZ, C. Elementos para la valoración integral de los recursos naturales: un puente entre la economía ambiental y la economía ecológica. **Gestión y Ambiente**. Medellín, v. 15, n. 1, p. 77-90, mai. 2012.

RYLANDS, A.B.; BRANDON, K. Brazilian protected areas. **Conservation Biology**, v. 19, p. 612–618, 2005.

SANTO, E. M. Missing marine protected area (MPA) targets: how the push for quantity over quality undermines sustainability and social justice. **Journal of environmental management**, v. 124, p. 137-146, 2013.

SANTO, E. M. et al. Protecting biodiversity in areas beyond national jurisdiction: An earth system governance perspective. **Earth System Governance**, v. 2, p. 100029, 2019.

SANTO, E. M. Militarized marine protected areas in overseas territories: Conserving biodiversity, geopolitical positioning, and securing resources in the 21st century. **Ocean e Coastal Management**, v. 184, p. 105006, 2020.

SANTOS, C. F. et al. Integrating climate change in ocean planning. ***Nature Sustainability*** (2020). https://doi.org/10.1038/s41893-020-0513-xSCHAEFFER-.

SANTOS, C. Z.; SCHIAVETTI, A. Spatial analysis of Protected Areas of the coastal/marine environment of Brazil. **Journal for nature conservation**, v. 22(5), p. 453-461, 2014.

SAQUET, M. A.; DA SILVA, S. S. Milton Santos: concepções de geografia, espaço e território. **Geo Uerj**, v. *2*(18), p. 24-42, 2008.

SCHIAVETTI, A. et al. Marine protected areas in Brazil: an ecological approach regarding the large marine ecosystems. **Ocean e Coastal Management**, v. 76, p. 96-104, 2013.

SILVA, A. P. Brazil's recent agenda on the sea and the South Atlantic contemporary scenario. **Marine Policy**, v. 85, p. 25-32, 2017.

SISSINI, M. N. et al. Brazil oil spill response: Protect rhodolith beds. **Science**, v. 367, n. 6474, p. 156-156, 2020.

SNYMAN, S. Ecotourism joint ventures between the private sector and communities: An updated analysis of the Torra Conservancy and Damaraland Camp partnership, Namibia. **Tourism Management Perspectives**, v. 4, p. 127-135, 2012.

SOARES, M.O. et al. Brazilian Marine Animal Forests: A New World to Discover in the Southwestern Atlantic. In: Rossi S., Bramanti L., Gori A., Orejas Saco del Valle C. (eds) Marine Animal Forests. Springer, Cham, 2016, 38 p.

SOARES, M. O. et al. The forgotten reefs: benthic assemblage coverage on a sandstone reef (Tropical South-western Atlantic). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 97, n. 8, p. 1585-1592, 2017.

SOARES, M. O. Climate change and regional human pressures as challenges for management in oceanic islands, South Atlantic. **Marine pollution bulletin**, v. 131, p. 347-355, 2018.

SOARES, M. O.; LUCAS, C. C. Towards large and remote protected areas in the South Atlantic Ocean: St. Peter and St. Paul´s Archipelago and the Vitória-Trindade Seamount Chain. **Marine Policy**, v. 93, p.101–103, 2018.

SOARES, M. O.; TAVARES, T. C. L.; CARNEIRO, P. B. de M. Mesophotic ecosystems: Distribution, impacts and conservation in the South Atlantic. **Diversity and Distributions**, v. 25, n. 2, p. 255-268, 2019.

SOARES, M. O. et al. Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and governmental disaster. **Marine Policy**, v. 115, p. 103879, 2020.

SOARES, M. O. et al. Why do mesophotic coral ecosystems have to be protected? **Science of The Total Environment**, p. 138456, 2020.

SOMMAGGIO, L. R. D. **Unidades de Conservação costeiras e marinhas do Brasil: as políticas públicas e sua representatividade atual segundo a Convenção sobre Diversidade Biológica**. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências (Campus de Rio Claro), 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/155797>. Acesso em: 27 mar 2020.

TAYLOR, R. Community based natural resource management in Zimbabwe: the experience of CAMPFIRE. **Biodiversity and conservation**, v. 18(10), p. 2563-2583, 2009.

TELLES, D. H. Q. Abordagem territorial para a Geografia Marinha: reflexões a partir do planejamento espacial e a gestão integrada. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. *49*, 2018.

TURRA, A. et al. Global environmental changes: setting priorities for Latin American coastal habitat. **Global change biology**, v. 19, n. 7, p. 1965-1969, 2013.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Servicios de los ecosistemas y el bienestar humano. La contribución de la evaluación de los ecosistemas del milenio**. 2010. Disponível em:

<http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Ecosistemas_bienestar.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

UNEP. United Nations Environment Programme. **El estado de la biodiversidad en América Latina y el Caribe. Una evaluación del avance hacia las metas de AICHI para la diversidad biológica.** United Nations Environment Programme. 2016, 140 p.

VIEIRA, R. R. S.; PRESSEY, R. L.; LOYOLA, R. The residual nature of protected areas in Brazil. **Biological Conservation**, v. 233, p. 152-161, mai 2019.

VIVACQUA, M.; VIEIRA, P. Conflitos socioambientais em Unidades de Conservação. **Política e Sociedade**. v. 7, Out 2005.

ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil. Ministério do Meio Ambiente, **Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília.** DF, Brasil, 2008.

WALTERS, C. et al. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. **Science**, v. 351, n. 6269, 2016.

WEST, P.; IGOE, J.; BROCKINGTON, D. Parks and Peoples: the Social Impact of Protected Areas. **Annual Review of Anthropology**, v. 35, p. 251–277, 2006. http://dx.doi.org/10.1146/annurev.anthro.35.081705.12330.

WITTMANN, F. et al. Implementation of the Ramsar Convention on South American wetlands: an update. **Research and Reports in Biodiversity Studies**, 2015.

WYLIE, L.; SUTTON-GRIER, A.E. e MOORE, A. Keys to successful blue carbon projects: Lessons learned from global case studies. **Marine Policy**, v. 65, p. 76-84, 2016.

Eliana Matos Ribeiro é engenheira de pesca e doutoranda em Ciências Marinhas Tropicais pelo Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará (LABOMAR- UFC), Brasil. E-mail: elianamatos@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/4704977551620377

Sandra Vieira Paiva é engenheira de pesca, mestre em Ciências Marinhas Tropicais e doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará. Atualmente, sua pesquisa está voltada para áreas marinhas protegidas e conservação, possui experiência com mergulho e estudo de componentes do bentos, tendo participado de expedições científicas internacionais, em países como México, Estados Unidos e Panamá. E-mail: sandra.vpaiva@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/4050565777794888

Caroline Costa Lucas é bióloga e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará. E-mail: caroline.costalucas@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/6145173019545412

Carolina Bracho Villavicencio é bióloga marinha e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará. E-mail: cbvillavi@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/4508932545299296

Marcelo de Oliveira Soares é biólogo, mestre em Ciências Marinhas Tropicais e doutor em Geociências (UFRGS). Professor do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC), bolsista de produtividade do CNPq (Oceanografia) e Cientista Chefe de Meio Ambiente do estado do Ceará (FUNCAP/SEMA). Pesquisador da Universidade Autônoma de Barcelona e da Universidade de Salento (Lecce, Itália). E-mail: marcelosoaresoares@ufc.br. CV: http://lattes.cnpq.br/0083585852610360

Capítulo 18

Base de Informações e sua influência nas tomadas de decisões de governança no território costeiro brasileiro

Julliet Correa da Costa; Milton Lafourcade Asmus

Introdução

A zona costeira, definida formalmente pelo espaço, ao longo da costa, delimitado no continente pelo município costeiro e no oceano pela extensão do mar territorial (Brasil, 1995), pode ser entendida como um território costeiro, composto por diversos ecossistemas e pela múltiplas atividades socioeconômicas que deles dependem para suprir suas necessidades de recursos e espaços (Brasil, 2004). A complexidade ambiental e o dinamismo dos ecossistemas costeiros, expressados por suas distintas interações, serviços, benefícios e pelos conflitos e impactos decorrentes de seus usos (que geram uma série de problemas ambientais e socioeconômicos), desafiam os sistemas de gestão e aumentam a incerteza nos processos decisórios referentes a estas áreas (Bremer e Glavovic, 2013). Por sua vez, os mecanismos que orientam a gestão e os processos decisórios nos territórios costeiros têm a implementação de políticas públicas e o estabelecimento de estruturas de governança que devem, idealmente, ser dinâmicas e participativas e envolver boa ciência, sociedade civil, políticas governamentais, conhecimentos tradicionais, entre outros elementos. Trata-se de um sistema complexo que demanda, na maioria das vezes, rapidez e eficiência dos entes públicos e processos de gestão envolvidos (Bremer e Glavovic, 2013; Van der Molen, 2018; Charles et al., 2020).

▪ COMO CITAR:
COSTA, J. C. da; ASMUS, M. L. Base de Informações e sua influência nas tomadas de decisões de governança no território costeiro brasileiro. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 438-455. ISBN 978-65-992571-0-0

Governança, em seu sentido mais amplo e atual, está associada à tipos de organizações públicas, voluntárias e/ou privadas, instituições e atividades ou modelos, muitas vezes derivados de uma teoria empírica e/ou normativa. Sendo assim, pode ser compreendida como um conjunto de processos e interesses diferenciados de governar (seja pelo estado, instituições, redes, etc.) um sistema social (ex: território) através de leis, normas, poder ou linguagem de uma sociedade organizada (Bevir, 2011). No que se refere à governança costeira, existe, reconhecidamente, um protagonismo característico das políticas e da administração pública orientando à tomada de decisão (Barragán, 2014). O Estado, normalmente, assume o papel de regular e mediar as convergências e divergências entre os atores e interesses (públicos e privados), e também passa a conduzir a implementação das ações de gestão no território. Neste contexto, diferentes acordos, instituições, organizações e instrumentos de gerenciamento ambiental operam (e se sobrepõem) de forma independente nas distintas divisões político-administrativas dos espaços costeiros (em diferentes jurisdições), onde vários usuários atuam (em diferentes escalas) e apresentam interesses, muitas vezes, discrepantes entre si (Cicin-Sain e Knech, 1998; Burroughs, 2011; Clarke et al., 2013; Barragán, 2014).

No intuito de superar a fragmentação gerada pelas políticas, divisões e instrumentos setoriais, bem como, com objetivo de arbitrar os conflitos por recursos, espaços e serviços oferecidos pelos ecossistemas (serviços ecossistêmicos[1]) que compõem o território considerado, busca-se por uma gestão territorial integrada, multissetorial e transdisciplinar, particularmente necessária em configurações de crises socioambientais, econômicas, políticas e culturais. Uma resposta a esse cenário, entre outras abordagens, é oferecida pelo Gerenciamento Costeiro Integrado (GCI) (tradução livre do inglês *Integrated Coastal Zone Management* - ICZM[2]). O GCI, desde seu início nos anos 1970, vem sendo adotado em várias ações e documentos de orientação política e ambiental no setor intergovernamental internacional, com destaque àqueles estabelecidos por organismos das Nações Unidas, a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD - Rio 92), ademais de manter-se presente no Capítulo 17 da Agenda 21[3] (Asmus e Kitzmann, 2004; Asmus et al., 2006). Neste cenário, países com diferentes níveis de desenvolvimento assumiram-no como marco conceitual e plataforma operacional para ações de planejamento e gestão integrada de usos nos sistemas marinhos e territoriais costeiros (Cicin-Sain e Knecht, 1998; Asmus e Kitzmann, 2004; Asmus et al., 2006; Barragán, 2014).

---

[1] Conforme a Avaliação Ecossistêmica do Milênio – tradução livre do inglês *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005, pg. 9), o termo serviços ecossistêmicos podem ser entendidos como "benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas".

[2] O Gerenciamento Costeiro Integrado – GCI – pode ser entendido como um processo contínuo e dinâmico pelo qual são tomadas decisões e realizadas ações para o uso sustentável, desenvolvimento e proteção das áreas costeiras e recursos marinhos, melhorando a qualidade de vida das populações costeiras e garantindo a preservação dos ecossistemas (Asmus e Kitzmann, 2004; Asmus et al., 2006), sendo necessária, para seu sucesso, uma abordagem multissetorial e integrada (Cicin-Sain e Knecht, 1998).

[3] A Agenda 21 considera em seu capítulo 17 intitulado "*Proteção dos Oceanos, de todos os tipos de mares – inclusive mares fechados e semifechados e das Zonas Costeiras, e proteção, uso racional e desenvolvimento de seus recursos vivos*", o ICZM como um instrumento para promoção do desenvolvimento sustentável, fazendo frente ao fracasso das propostas de até então: "*A despeito dos esforços nacionais, sub-regionais e mundiais, verifica-se que as maneiras como atualmente se aborda o gerenciamento dos recursos marinhos e costeiros nem sempre foi capaz de atingir o desenvolvimento sustentável; e os recursos costeiros, bem como o meio ambiente costeiro, vêm sofrendo um processo acelerado de degradação e erosão em muitos lugares do mundo.*" (Cap. 17 Parágrafo 17.4, UNEP, 1992).

Tomada de decisão, informação, conhecimento

As ações de tomadas de decisão sobre os territórios costeiros podem ser individuais, através de instituições orientadas por uma política governamental formalmente estabelecida, e devem possuir um caráter integrado, levando em conta os componentes físicos e humanos da zona costeira. O significado de integração, no âmbito do GCI, vem sendo constantemente considerado a partir de várias dimensões (Cicin-Sain e Knecht; 1998; Turner, 2000; Nursey-Bray et al., 2014). Cicin-Sain e Knecht (1998), desde um enfoque sistêmico, propõem que tais dimensões incluam, entre outras[4], a integração entre a ciência e política envolvidas no suporte a gestão costeira. Esta integração, tradicionalmente, vem ocorrendo através da inclusão das ciências naturais e sociais aos processos políticos de gestão e tomada de decisão, através da chamada interface ciência-política.

Bremer e Glavovic (2013), a partir da revisão de um extenso corpo de literatura internacional sobre a interface ciência-política no contexto do gerenciamento costeiro integrado e da governança costeira, destacam o debate sofisticado entre acadêmicos e profissionais de GCI sobre a melhor maneira de mobilizar o conhecimento nessa interface. Alguns expoentes mais antigos (Cicin-Sain e Knecht, 1998; Stojanovic, et al., 2004), defendem uma interface baseada em ciência, enquanto outros mais atuais (Cicin-Sain e Knecht, 1998; Leslie e McLeod, 2009 ; Ehler e Douvere, 2009; Coffey e O'Toole, 2012; Clarke et al., 2013) propõem uma interface participativa que admite todas as partes interessadas nas questões costeiras (e seus sistemas de conhecimento), através do estabelecimento de estruturas de governança. O grande número de instituições envolvidas na governança não indica, por si só, fragmentação e falta de coordenação. De fato, a variedade de atores e agentes implica também em uma riqueza maior de fontes de informação. Neste contexto, tomando por base a heterogeneidade mencionada e os desafios e incertezas associados, pode-se considerar as propostas contemporâneas de produção científica que estão aliadas à compreensão da governança e tomada de decisão nos espaços costeiros, em que se promove o envolvimento de diferentes sujeitos no processo de produção de conhecimento conjunto e também na criação de estratégias e políticas para o enfrentamento e/ou solução dos problemas existentes. Isso significaria que o GCI engloba redes dinâmicas de múltiplos subsistemas de conhecimento que se cruzam (cada um dos quais refletindo um conjunto diversificado de valores, visões de mundo e práticas), e que são defendidas em diferentes graus por diferentes indivíduos e organizações (Coffey e O'Toole, 2012). Neste sentido, destacam-se os novos modos de governança costeira focados em redes e colaboração, onde as formas de conhecimento que contribuem para a gestão são sustentadas por diversas bases de informações epistemológicas, psicológicas, culturais e tradicionais (Clarke et al., 2013).

Zermoglio et al. (2005), no contexto da “Avaliação Ecossistêmica do Milênio” (tradução livre do inglês *Millennium Ecosystem Assessment – MEA)*, definiram o conhecimento como "*(...)uma construção da realidade percebida por um grupo, em que os membros do grupo o utilizam para orientar seu comportamento em relação ao outro e ao mundo ao seu redor*" (Ericksen et al., 2005, pg. 89). Tendo em conta essa definição, destaca-se a categorização de Doody (2003), que diferencia dados, informações e entendimento (conhecimento) no âmbito do GCI. De acordo com esse autor, os dados são matéria-prima (frequentemente números), coletados de acordo com um

[4] Dimensões da Integração de acordo com Cicin-Sain e Knecht (1998) : (1) integração entre setores de usos econômicos (por exemplo, entre pesca artesanal e atividade portuária); (2) integração entre as diferentes esferas governamentais (por exemplo, entre governo local e nacional); (3) integração entre os espaços físicos a serem gerenciados e suas atividades incluídas (por exemplo, entre a bacia hidrográfica costeira, área litoral e plataforma continental marinha adjacente); (4) integração entre ciência e política envolvidas no suporte da gestão costeira; e (5) integração entre diferentes estados em áreas fronteiriças.

possível objetivo. Quando contextualizados, eles se tornam informações e, quando tais informações são processadas através da análise de um grupo específico, como cientistas, por exemplo, elas se tornam conhecimentos científicos. Por fim, Fabricius, Scholes e Cundill (2006) diferenciam os conhecimentos formal e informal. O conhecimento formal passa por um conjunto de regras universalmente aceito, em que é qualificado para um uso específico, enquanto o conhecimento informal está sujeito a regras locais ou tradicionais de validação.

A informação, proveniente das diferentes formas de conhecimento, aparece como ferramenta fundamental para os processos decisórios nos espaços e territórios costeiros, uma vez que proporciona uma tomada de decisões mais coerente com as demandas e os anseios dos diferentes atores da governança (principalmente os beneficiários diretos dos sistemas costeiros), e possibilita um planejamento de ações adequadas a uma futura implementação (Nursey-Bray et al., 2014). Desta forma, o progresso em direção a estratégias eficazes de GCI dependeria do aprimoramento da base de conhecimentos dos fenômenos (físicos e humanos) do comportamento costeiro, bem como do desenvolvimento de mecanismos pelos quais esse conhecimento possa informar o processo de tomada de decisão. A tomada de decisão, por sua vez, requer recursos extensivos para conhecimento, informações e engajamento. A incerteza sobre a disponibilidade e provisão destes recursos aparece também como um obstáculo ao desenvolvimento das ações de gestão (Van der Molen, 2018).

Kelly et al. (2019) enfatizaram a existência de “problemas persistentes” nos atuais arranjos de governança marinha-costeira que, por sua vez, acabam inibindo a eficácia das abordagens contemporâneas de gerenciamento integrado, como o GCI, a Gestão com Base Ecossistêmica (GBM) (Leslie e McLeod, 2009) e o Planejamento Espacial Marinho (PEM) (Ehler e Douvere, 2009), em direção a uma governança adequada. Estes autores sugerem que, sem uma avaliação sistêmica e uma série de ajustes nos padrões de ação e regimes institucionais arraigados (inovação do sistema), é provável que as tentativas de integração através destas abordagens não atinjam seus objetivos de implementação. Conforme explorado nos estudos de caso apresentados em seu artigo, dentre as questões que deveriam ser resolvidas por meio de uma gestão integrada e governança adequada, os autores incluem - além da atual fragmentação e a falta de recursos econômicos e humanos - as dificuldades de comunicação e envolvimento das partes interessadas e o uso de informações imperfeitas ou incompletas na tomada de decisão (o que pode levar também a uma análise incorreta dos problemas motivadores).

Nos processos decisórios a qualidade das informações possui extrema relevância, na medida em que, se adequada, diminui a incerteza provocada pelos problemas. Tribbia e Moser (2008) mencionam a desconexão frequente entre a ciência produzida e os tomadores de decisão, ou seja, entre as informações e conhecimentos produzidos pelos cientistas, e as informações e conhecimentos aplicados pelos tomadores de decisão. Em seu artigo, estes autores abordam – diante do argumento quase onipresente de que são necessárias “mais e melhores" informações científicas para qualificar a tomada de decisão – o papel desempenhado pela ciência no apoio aos formuladores de políticas e aos gestores, frente ao planejamento de estratégias de adaptação às mudanças climáticas globais em zonas costeiras. Neste caso, é sabido que os pesquisadores buscam construir uma compreensão detalhada de vários aspectos e processos costeiros (como o aumento do nível do mar e temperatura da água, tempestades, inundações, erosão, mudanças de espécies e habitat), caracterizando assim, os potenciais riscos e ameaças a estes espaços e as comunidades ali presentes. No entanto, por muitas razões, essas informações nem sempre são usadas na política e/ou no gerenciamento destes territórios, sugerindo que a ciência não é a prioridade absoluta sobre outras informações na conjuntura das tomadas de decisões. McNie (2007) resume esse cenário em sua extensa revisão de literatura sobre o tema: “*Cientistas ...podem estar simplesmente produzindo muitas informações inadequadas [enquanto] os usuários podem ter necessidades específicas de informações que não são atendidas*" (McNie, 2007, p. 17).

Cabe considerar que uma parcela de cientistas tem pouco incentivo para fornecer informações a não cientistas e são, frequentemente, levados a publicar seus resultados em periódicos que possuem uma base de audiência limitada. Além disso, muitos pesquisadores, consideram que seu trabalho, mesmo quando explicitamente direcionado a informar políticas, possa ser ignorado em tomadas de decisões (Nursey-Bray et al., 2014). Da mesma forma, por muitas vezes, muitos estudos produzidos se encontram descontextualizados da realidade sem compreender completamente as situações das decisões e o contexto institucional dentro do qual as informações científicas poderiam ser utilizadas. Em contrapartida, os tomadores de decisão preocupam-se com as responsabilidades de seus cargos e nem sempre dispõem do tempo ou incentivo para buscar informações de fontes científicas, mesmo que estas sejam relevantes ao seu trabalho (Tribbia e Moser, 2008). Além de tais restrições, estes autores mencionam que a linguagem técnico-acadêmica não familiar, comum em muitos relatórios científicos, gera enormes obstáculos a serem superados por não especialistas. Assim, esses elementos, ao lidar com questões complexas de integração, como a integração de informações científicas (e dos diferentes sistemas de conhecimento) nos processos que qualificam os caminhos da ação e as políticas para os espaços e territórios costeiros, apresentam-se como falhas contínuas nos atuais sistemas de gestão e governança. Neste contexto, emergem dois desafios, o primeiro relacionado ao estabelecimento de um método que reúna e integre as bases de informações científicas sobre os espaços costeiros (que são diversas e fragmentadas) em um ambiente de governança; e o segundo, mais profundo, refere-se à conciliação de perspectivas (onde elas são inconsistentes) entre os cientistas e tomadores de decisão.

Sabe-se que informações detalhadas ou ''mais informações'' não são suficientes e significativas aos processos decisórios (Tribbia e Moser, 2008) e, todavia, que informações seguem sendo necessárias e “adequadas” (interdisciplinares bem integradas ao processo de decisão) para garantir a sustentabilidade da gestão costeira (Kelly et al., 2019). Isso posto, pergunta-se qual o processo e/ou abordagem poderia ajudar a criar ou garantir uma melhor correspondência entre a ciência produzida e a tomada de decisão?

No contexto das práticas de governança, alguns autores recomendam em seus estudos propostas para melhorar as interfaces entre a produção de conhecimento e o uso real das informações geradas pelos tomadores de decisão, tendo em conta as dicotomias entre a comunidade de gestores (e tomadores de decisão) costeiros e a comunidade científica e, além disso, a falta de incentivos para superar as fronteiras entre essas comunidades (Tribbia e Moser, 2008; Pietri et al., 2011; Bremer e Glavovic, 2013; Van der Molen, 2018). Dentre elas, destaca-se o surgimento de instituições intermediárias – as chamadas “Organizações de Fronteira” (tradução livre do inglês *Boundary Organizations*[5]). As organizações de fronteira são entidades que auxiliam na intermediação e nos processos de coprodução de conhecimentos científicos através de métodos participativos, os quais envolvem a cooperação de diversos atores (cientistas, tomadores de decisão, usuários, atores privados e públicos não estatais, investidores, sociedade civil, etc.) de ambos os “lados da fronteira” e de profissionais que desempenham um papel mediador na facilitação da estrutura política e na promoção do conhecimento que pode ser compreendido e divulgado para diferentes públicos de acordo com suas demandas (Tribbia e Moser, 2008; Pietri et al., 2011; Bremer e Glavovic, 2013; Gustafsson e Lidskog, 2018). A partir de várias formas de responsabilidade e participação, estas organizações assumem tarefas acadêmicas e políticas,

[5] O conceito de Organização de Fronteiras deve ser visto como um conceito guarda-chuva, sinalizando um valor positivo específico e afirmando a todos os envolvidos (e interessados em participar) que o objetivo da organização é unir as esferas da política e da ciência para o propósito de criar uma melhor interface de ciência-política (Gustafsson e Lidskog, 2018a). Estes autores realizaram uma extensa revisão sobre este conceito com exemplos de organizações de fronteira (empíricas e práticas) que facilitam a governança ambiental.

conciliando demandas de responsabilidade pública com a necessidade de tomadas de decisão especializadas. Além disso, muitas vezes, tais entidades fornecem os recursos humanos e financeiros necessários para que a sociedade consiga adotar as medidas em processos de seu dia a dia (Gustafsson e Lidskog, 2018).

Internacionalmente, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (tradução livre do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC)* apresenta-se, provavelmente, como a organização mais utilizada para exemplificar e definir uma organização de fronteira (Gustafsson e Lidskog, 2018a). O IPCC, resumidamente, oferece suporte científico a tomadores de decisão de todo o mundo através de avaliações regulares sobre as mudanças climáticas, suas implicações e possíveis riscos futuros, além de apresentar opções de adaptação e mitigação a populações vulneráveis. Atualmente, possui 195 países membros, dentre eles o Brasil (https://www.ipcc.ch/). Assim como o IPCC, a Plataforma Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (tradução livre do inglês *Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services – IBPES*) é frequentemente descrita como uma organização de fronteira que oferece e facilita a interface entre ciência e política (Gustafsson e Lidskog, 2018b). A IBPES é um órgão independente que busca envolver governos, universidades, organizações científicas, organizações não governamentais, povos indígenas e populações tradicionais, para sintetizar, revisar e avaliar criticamente informações e conhecimentos relevantes sobre biodiversidade, conservação da natureza, qualidade de vida e bem-estar humano (https://www.bpbes.net.br/conheca-a-ipbes/). Aos moldes da IBPES, o Brasil recentemente foi o primeiro país a formular uma plataforma para acompanhamento da biodiversidade e serviços ecossistêmicos, por meio de sua "Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos" (BPBES) (Padgurschi e Joly, 2017). Para os ambientes marinhos e costeiros brasileiros, a fim de preencher as lacunas existentes na interface entre a ciência e as políticas, destaca-se como uma organização de fronteira a recente iniciativa do Painel Brasileiro para o Futuro do Oceano – PainelMar. O PainelMar tem a missão de atuar como uma plataforma colaborativa de indivíduos e organizações (academia, sociedade civil e entidades governamentais) que atuam na interface entre a produção de diferentes tipos de conhecimento e as tomadas de decisão, visando a qualificação e a construção de políticas públicas para o uso sustentável e saúde dos oceanos (Gerhardinger et al., 2018). Sua construção teve início em 2012 durante a fase preparatória de eventos paralelos à Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), e a Cúpula dos Povos ligados ao tema oceano. Desde então, esta organização vem funcionando como um espaço articulador de redes de conhecimento, de organizações e de indivíduos comprometidos com a sustentabilidade dos oceanos e suas regiões costeiras (https://painelmar.com.br/). Tais iniciativas possuem um papel no âmbito da governança costeira brasileira, pois apresentam-se como uma oportunidade de conexão de diferentes conhecimentos, facilitando, estruturando e integrando o sistema de informações às tomadas de decisão no contexto da governança costeira.

A argumentação precedente, até então, estabelece três premissas definidas: (1) diferentes bases de informações (de diferentes sistemas de conhecimento) podem (e devem) informar a tomada de decisão costeira; (2) quando se trata de informações científicas, muitas vezes estas não subsidiam adequadamente a tomada de decisões devido às persistentes discrepâncias conceituais e de necessidades entre cientistas e tomadores de decisão, e (3) arranjos de interação ciência-tomada de decisão (como organizações de fronteira), podem desempenhar papéis importantes no estabelecimento de redes que facilitem a produção de informações por meio da colaboração de diferentes atores (e acordos) que podem viabilizar a divulgação e o uso deste conhecimento na tomada de decisões.

Integração

A discussão acadêmica sobre a produção do conhecimento para tomada de decisão no âmbito costeiro vem sendo construída, frequentemente, sob dois enfoques distintos: o enfoque do conhecimento científico, e o enfoque do conhecimento tradicional. Essa separação dicotômica dos sistemas de conhecimento eventualmente agrava a falta de integração ciência-política na prática, especialmente considerando que cada enfoque em si engloba múltiplas, e não necessariamente convergentes, formas de conhecimento e interpretação (Nursey-Bray et al., 2014). Considerando-se o modo como as informações são entendidas e usadas pelos tomadores de decisão, bem como sua diversidade de fontes e fragmentação, torna-se importante e significativo pensar nas formas de integração destes diferentes sistemas.

O trabalho de Raymond et al. (2010) apresenta uma série de desafios para a integração de diferentes formas de conhecimento no contexto da gestão de problemas ambientais complexos. Estes autores analisam diversas perspectivas ontológicas e epistemológicas sobre a integração do conhecimento nas práticas de gestão, e argumentam que não existe uma abordagem ideal para integrar o conhecimento local e científico, e sim uma necessidade de mudança na ciência que desenvolve os produtos de integração. Embora a integração de vários sistemas de conhecimento seja desejável, seria aconselhável primeiramente focar nos processos interativos (sistemáticos, reflexivos, cíclicos) entre os diferentes sistemas de conhecimento, para que as múltiplas visões e métodos sejam considerados em relação à resolução de um problema comum (Raymond et al., op. cit.). Os referidos autores propõem uma estrutura conceitual (também chamada de processo) composta por temas e perguntas que podem auxiliar pesquisadores e gestores ambientais a enfrentar os desafios da integração dos diferentes conhecimentos envolvidos em projetos de gestão ambiental. As perguntas são enquadradas em quatro áreas, incluindo: (1) identificação do conhecimento existente; (2) envolvimento dos diferentes conhecimentos; (3) avaliação, e (4) integração dos conhecimentos.

Reconhecendo que existem muitas formas de conhecimento, que estas formas são relevantes e diferentes para cada situação, e que podem ser influenciadas pelas perguntas de pesquisa e circunstâncias, Coffey e O'Toole (2012) identificaram quatro tipos de conhecimento separados – científico, gerencial, leigo e tradicional – que podem informar conjuntamente a tomada de decisão relacionada ao GCI. Os autores concluíram que as relações entre esses conhecimentos são dinâmicas e multidirecionais ao invés de lineares, e neste sentido, propuseram um modelo genérico que inclui também uma série de perguntas de pesquisa orientadoras a provocar as inter-relações entre várias formas de conhecimento costeiro. São elas: (1) qual é a questão de interesse e como é representada? (2) quem são as partes interessadas no assunto? (3) quais processos e instituições estas partes interessadas representam? (4) ao fazê-lo, que formas de conhecimento são utilizadas, de que maneiras e com que propósitos? (5) como essas formas de conhecimento influenciam e podem influenciar o GCI? (6) quais barreiras, filtros, restrições e/ou facilidades influenciam a inclusão / exclusão de diferentes formas de conhecimento e com que efeito? e (7) como estes podem ser abordados ou incentivados?

Modelos de inter-relações, como o exemplo anterior, são iniciativas ilustrativas e podem ser elaborados antes de abordar-se a discussão das lacunas e a incorporação do conhecimento na tomada de decisão. É um possível caminho no sentido de minimizar a maneira fragmentada pela qual os estudos dos diferentes sistemas de conhecimento vêm sendo desenvolvidos nos espaços acadêmicos, de governança, e nas práticas de gestão.

Interdisciplinaridade

Independente do sistema de conhecimento analisado (científico ou tradicional), no meio acadêmico-científico as disciplinas, historicamente, funcionam de maneira isolada e tendem a abordar uma temática e/ou um problema específicos, atendendo-os de forma distanciada, não interativa, não interdisciplinar e muito menos transdisciplinar (Jollivet e Pavé, 2000). Dessa forma, a interdisciplinaridade acadêmica, de forma bastante resumida, pode ser vista como a participação de várias teorias, métodos e disciplinas num campo comum de pesquisa e/ou como um trabalho de pesquisa integrado por especialistas de diferentes áreas do conhecimento. O campo da ciência do GCI, conceitualmente, busca compreender as interações complexas e dinâmicas entre os sistemas naturais e humanos, a fim de administrá-las e preservá-las de forma sustentável (Cicin-Sain e Knecht, 1998). A ciência interdisciplinar é endossada no GCI como um meio eficaz de reunir conhecimentos, ferramentas e métodos entre disciplinas e comunicá-los de modo a torná-los acessíveis para os tomadores de decisão costeiros em diferentes contextos institucionais (Bremer e Glavovic, 2013). Neste contexto, a interpretação dos problemas e impactos que ocorrem nos espaços costeiros demandam o entendimento de diversos sistemas de conhecimento e disciplinas, variando das ciências naturais às ciências sociais e humanas. Pode-se apontar uma série de desequilíbrios associados às pesquisas costeiras e oceânicas ditas interdisciplinares. Estes desequilíbrios se manifestam, principalmente, no grau de importância que as ciências naturais possuem frente às ciências sociais em abordagens e instrumentos de gestão importantes, como o GCI, EBM e o estabelecimento de áreas marinhas protegidas (Christie, 2011). Algumas medidas equitativas sugeridas seriam a aplicação igualitária de recursos (humanos e financeiros) aos componentes de ciências naturais e sociais dentro dos estudos interdisciplinares, e a necessidade do reconhecimento das ciências sociais (compreensão de processos humanos, éticos, culturais) como essenciais para o entendimento dos problemas costeiros e oceânicos, incentivando a sua consideração na elaboração de políticas e ferramentas de gestão ambientais, marinhas e costeiras (Christie, *op. cit*.).

Através da percepção de um problema de maneira compartilhada por diferentes disciplinas, inicia-se um processo de interdisciplinaridade. A construção de um modelo pode facilitar o diálogo interdisciplinar, esboçando uma representação teórica do sistema estudado. Modelos são usados como: (1) elementos da linguagem e da reflexão científica; (2) objetos e instrumentos do pensamento conceitual; (3) formas de representação matemática e numérica; e (4) podem ser vistos como mediadores em estudos interdisciplinares (Jollivet e Pavé, 2000). Um modelo frequentemente utilizado como suporte ao GCI, no sentido de facilitar o entendimento de características e mudanças nos sistemas costeiros, através de uma perspectiva interdisciplinar, é a estrutura DPSIR (*Driving-Pressure-State-Impact-Response*). O DPSIR explicita as relações de causa-efeito que ocorrem em sistemas complexos sujeitos à ação humana. A ideia geral por trás do modelo é de que as atividades humanas ou forças motrizes (*drivers*) (ex: atividades antrópicas, usos, etc.) originam diversos aspectos/pressões significativas *(pressures*) que podem alterar o estado dos ecossistemas costeiros (*state*), bem como, produzir impactos significativos nestas áreas (*Impact*) que necessitam de iniciativas e respostas de gestão (*response*) (Mateus e Campuzano, 2008). O DPSIR é suficientemente flexível para ser conceitualmente utilizado em várias escalas espaciais e hierarquias tratadas na gestão costeira. Consequentemente, pode ser usado como uma ferramenta de comunicação entre cientistas de diferentes disciplinas, por um lado, e por gestores, formuladores de políticas e diferentes usuários, por outro (Von Bodungen e Turner, 2001). Tornando-se um modelo capaz de integrar a ciência interdisciplinar e informar os processos decisórios (Bremer e Glavovic, 2013).

Transdisciplinaridade e conhecimento tradicional

O entendimento dos processos costeiros através da integração de diferentes disciplinas pode facilitar o fluxo de informações entre a ciência produzida e os gestores/formuladores de política. No entanto, como já mencionado, a representação binária dos diferentes conhecimentos (científico e tradicional) no âmbito da governança, dificulta a sua integração nas políticas e mina o acesso a várias informações que teriam mérito na aplicação prática da gestão e resolução de problemas costeiros (Nursey-Bray et al., 2014). A definição, representação e transformação desses problemas exige interação teoria-prática e aprendizado mútuo. No campo epistemológico, a colaboração ativa dos diferentes atores na governança costeira (principalmente os beneficiários diretos dos serviços ofertados por sistemas costeiros) nos remete a ideia de transdisciplinaridade. A transdisciplinaridade pode ser considerada essencialmente diferente da interdisciplinaridade (Lang et al., 2012). Na transdisciplinaridade o objeto de estudo transcende as delimitações das disciplinas. Nesta, existe uma interação fundamental entre os diversos níveis de conhecimento científico e empírico, onde a ideia de disciplina perde sua especificidade, dando lugar a um trânsito de conhecimentos não aderentes a métodos ou conceitos preestabelecidos, mas que se produz e reproduz à luz da conjunção entre tais conhecimentos (Calloni, 2006). Portanto, a linguagem, os conceitos e as metodologias usados na transdisciplinaridade não são apenas fenômenos científicos, mas produzidos em conjunto na interação entre ciência e prática, capazes de serem aplicados na política sob eventual consideração. O diálogo entre o conhecimento tradicional costeiro e o conhecimento científico se insere nesse contexto. Esta potencial interação pode contribuir para o desenvolvimento de estudos integrados, e fornece a possibilidade de respostas efetivas para a gestão dos problemas já mencionados nos espaços costeiros. Há exemplos em que o conhecimento local e comunitário é tomado em conta em ações de GCI. São ações frequentemente classificadas como “ciência cidadã”, “participação” ou “consulta à comunidade”. Infelizmente, não raramente essa participação comunitária assume um caráter meramente “politicamente correto”, sem que influencie significativamente no estabelecimento de políticas ou tomadas de decisões gerando os benefícios desejados (Nursey-Bray et al.,2014).

Independentemente do nível com que é considerado, é evidente e razoável a importância do “conhecimento tradicional” no caminho da colaboração com cientistas e na tomada de decisão. Em diferentes âmbitos, e com peso maior ou menor, o conhecimento tradicional ajuda a entender processos, na forma de coprodução, ou colaboração (Clarke et al., 2013). Há vários espaços para tal, e alguns exemplos podem ser considerados para ilustrar este processo. Por exemplo, na definição da base de informações para gerir a pesca artesanal em territórios costeiros, o conhecimento aportado por pescadores artesanais foi consideravelmente importante (Costa e Asmus, 2018). Em alguns casos, imagine-se que, o entendimento do padrão comportamental de alguns estoques (cardumes) possa ser explicado ou previsto com base no conhecimento de processos metabólicos das espécies consideradas, o que pode tomar um tempo considerável por meio do procedimento científico tradicional. Esse entendimento poderia ser acelerado, complementado e qualificado pela observação, por vezes por longos períodos de tempo, de pescadores artesanais sobre o comportamento desses estoques (Reis-Filho, 2019). Trata-se de um processo que qualifica o suporte à definição de políticas e à tomada de decisão referente a este setor.

Para além disso, há, da mesma forma, uma questão que remete à legitimidade da gestão, mesmo em casos onde a participação não altere claramente sua eficiência ou eficácia. Via de regra, uma gestão participativa tende a ter uma maior aceitação e implementação entre os atores sociais envolvidos ou interessados no objeto ou tema sob discussão e gestão (Raymond et al., 2010). No entanto, mesmo ao considerar-se os aspectos supramencionados, as decisões sobre o planejamento e uso dos sistemas costeiros (sua política e gestão), mesmo que informadas por

conhecimentos científicos e tradicionais, possuem um caráter político, no sentido de que ocorrem sob a influência de múltiplos interesses ecológicos, econômicos e sociais (Kelly et al., 2019).

Enfoque Sistêmico

Ao considerarmos a solução de problemas concretos, a transdisciplinaridade pode ser tomada como um princípio científico reflexivo, integrador, e orientado a métodos, que visa a solução ou transição de problemas sociais e, concomitantemente, problemas científicos relacionados, diferenciando e integrando o conhecimento de vários campos científicos e sociais (Lang et al., 2012). No contexto do GCI, é possível adotar paradigmas alternativos de pesquisa e gerenciamento para fornecer abordagens transdisciplinares que analisem os "problemas persistentes" (Kelly et al., 2019) e que levem a debates sobre a necessária governança e a real integração. Resolver problemas persistentes demanda um processo de transformação que envolva uma mudança nos padrões de ação arraigados e nas estruturas em que eles ocorrem (inovação do sistema). Ao identificarmos e abordarmos esses problemas persistentes, podemos fornecer uma base mais forte para ações transformadoras (Kelly et al., 2019).

A teoria geral dos sistemas ou "enfoque sistêmico na ciência" (Von Bertalanffy, 1968; Odum, 1983) pode ser tomada como uma escola acadêmica consolidada, com inúmeras aplicações, incluindo a análise ambiental (Odum, 1993). Mais recentemente, nota-se uma crescente aplicação do enfoque (eco)sistêmico na gestão de territórios marinhos e costeiros, como àquela proposta pela gestão com base ecossistêmica (GBE) (Agardy, 2011). O enfoque ecossistêmico, não deve ser entendido como uma dualidade entre ciência básica e aplicada, na verdade ele integra os conhecimentos, criando uma estrutura de análise, onde é necessário qualificar e descrever seus componentes e processos através de uma percepção integrada. Nessa lógica, coisas isoladas não têm sentido e a soma das partes é mais do que a soma de suas características isoladas, numa definição de "propriedades emergentes" (Ogata, 1978). No enfoque sistêmico há espaço para modelos de aplicação (em gestão costeira, entre outros), passíveis de serem construídos e qualificados com informações advindos da ciência (pura ou aplicada) e de conhecimentos tradicionais (Leslie e McLeod, 2009).

Uma abordagem ecossistêmica para a gestão costeira parte do princípio de que o sistema costeiro é composto por ecossistemas e seus processos entre componentes físicos e bióticos, com a participação includente da sociedade e das atividades socioeconômicas ali estabelecidas. Há nesse território uma miríade de interações antropogênicas complexas, que demandam abordagens transdisciplinares para a sua compreensão, algo que se torna uma tendência crescente na gestão com base ecossistêmica (Slocombe,1998).

Vários componentes de diferentes disciplinas ambientais e setores sociais são combinados para fornecer uma análise mais holística e baseada no sistema do funcionamento e gerenciamento dos espaços e território costeiro. Para apoiar uma gestão sustentável a longo prazo, é essencial uma forte integração de políticas em termos de objetivos, base de conhecimento, métodos e ferramentas, bem como engajamento e troca de conhecimento (Asmus et al., 2018). Dentre as estratégias desenvolvidas para atingir essa integração, há uma tendência mundial em adotar iniciativas de gestão com base ecossistêmica – tradução livre do inglês ecosystem-based management (EBM) (Leslie e McLeod, 2009). A GBE – entre seus diferentes conceitos – gerencia as atividades humanas que usam e provocam impacto nos ecossistemas (costeiros e marinhos), e considera estes efeitos nas tomadas de decisões (Gavaris, 2009), buscando integrar informações de múltiplas áreas do conhecimento, como as ciências ecológicas, econômicas, sociais, culturais, conhecimento tradicional, e através de processos interdisciplinares procura viabilizar a

implementação de uma gestão efetiva e adequada ao contexto de cada local (Agardy et al., 2011). O conceito de serviços ecossistêmicos atua como um dos pilares básicos para esta abordagem, pois reflete diretamente os valores e benefícios que as atividades – e sociedade – obtém destes ambientes (Santos-Martin et al., 2015), o que pode contribuir para a melhoria das estratégias de gestão, na medida em que a diversidade de interações humano-naturais (negativas e/ou positivas) passam a ser melhor compreendidas, e os benefícios (e o risco de perdas) da manutenção dos ambientes melhor gerenciados (Costa e Asmus, 2018).

O conceito de serviço ecossistêmico pode ser considerado um "conceito de fronteira", na medida em que permite que pesquisadores de diferentes disciplinas, formuladores de políticas, gestores e outras partes interessadas desenvolvam uma linguagem comum (Hauck et al., 2013) direcionando o conhecimento relevante para seu campo de interesse (Jordan e Russel, 2014). Este conceito reúne cada vez mais especialistas, representantes de políticas e outras partes interessadas na tomada de decisão (Hauck et al., 2013).

A realidade brasileira do GCI parece ainda distante de uma gestão com base ecossistêmica. Com base nessa premissa, e na busca de um modelo capaz de estabelecer diretrizes para o estabelecimento de uma GBE com potencialidade de desenvolvimento no Brasil e em outras unidades administrativas com paralelismo de condições, Asmus et al. (2018) propõem um quadro lógico para tal proposição. O modelo sugerido por esses autores estabelece um procedimento composto por seis etapas concebidas como:

(1) Identificação dos ecossistemas como "Unidades de Gestão": fase onde os ecossistemas que compõem o sistema costeiro são identificados, com detalhamento de seus principais componentes e processos.

(2) Mapear, modelar, simular os ecossistemas: processo pelo qual é registrada a distribuição dos ecossistemas e elaborada a sua representação na forma de um modelo conceitual ou numérico de simulação.

(3) Identificar e classificar os serviços ecossistêmicos: passo fundamental do processo, em que os serviços ecossistêmicos (a serem eventualmente geridos) são identificados e classificados.

(4) Definir valores e qualidade dos serviços: fase em que tentasse valorar os serviços providos pelos ecossistemas por métodos variados que podem incluir monetarização ou um valor social dos serviços. Há nessa fase a preocupação não só com a determinação de valor, mas também com a qualidade dos serviços.

(5) Identificar os espaços de gestão: tenta-se, nessa etapa, prospectar quais componentes e processos dos ecossistemas considerados são passíveis de gestão, normalmente através da regulação de atividades que os influenciam ou controlam.

(6) Integrar com políticas e instrumentos: finalmente, nessa fase, tenta-se explorar espaços e âmbitos na política de GCI e de seus instrumentos (por exemplo, ordenamento territorial) capazes de adotarem os produtos e procedimento de base ecossistêmica.

Um esquema demonstrativo do modelo proposto pode ser observado na Figura 18.1:

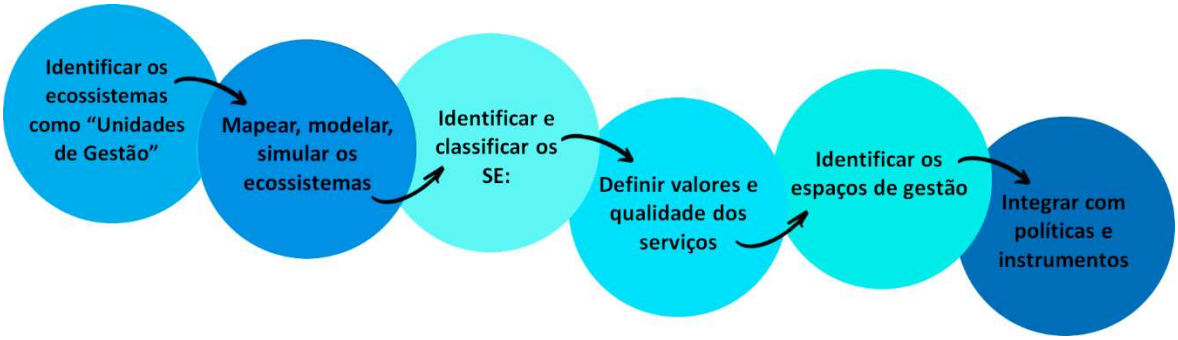


Figura 18.1. Esquema do roteiro metodológico para gestão com base ecossistêmica.
Fonte: adaptado de Asmus et al. (2018).

A análise de funções e processos dos ecossistemas que geram serviços para a sociedade torna-se essencial para as tomadas de decisões relacionadas com tentativa de melhorar, controlar ou recuperar tais serviços e seus benefícios sociais. Seguindo essa lógica, classificam-se como principais beneficiários os atores que estejam ligados de forma direta aos serviços ecossistêmicos oferecidos. Ou seja, sujeitos que possuem relação de dependência (moradia e renda) com os ecossistemas analisados, e que seriam os primeiros a sofrerem as consequências da perda de tais serviços, ocasionada por impactos e prejuízos ambientais e/ou conflitos entre as atividades que compartilham os ecossistemas (Asmus et.al, 2018).

Um caso demonstrativo

Costa e Asmus (2018) apresentam uma base de informações integradas para a gestão da atividade de pesca artesanal no baixo estuário da Lagoa dos Patos (BELP), RS, Brasil. O conhecimento desta pesquisa foi construído coletivamente baseado em dados e informações científicas e, também, no saber tradicional de pescadores artesanais da região.

O estudo de caso expressa, através de uma perspectiva sistêmica integrada, às diferentes relações entre a atividade de pesca artesanal e os ecossistemas do BELP. Ele evidencia que é possível, planejar um modelo de gestão (independentemente de o setor responsável ser um órgão público e/ou privado) focado nos diferentes componentes e nos principais processos e controles ecológicos (ecossistemas), socioeconômicos (atividade pesqueira) e institucionais (mercado e governança), onde se reconhecem os efeitos (negativos e/ou positivos) resultantes das perdas de serviços ecossistêmicos e, consequentemente, dos benefícios para os pescadores e outros atores da cadeia produtiva. A pesquisa apresenta indícios necessários (e possíveis) para novas mudanças na mentalidade, legislação e nos meios de fazer a gestão deste setor.

Tanto a ciência quanto os gestores públicos procuram soluções eficientes para garantir a sustentabilidade ambiental e social, porém, os meios para que isso ocorra continuam sendo controversos e setorizados. O sistema da pesca artesanal da tainha no BELP – assim como poderia ter sido outra atividade nos ambientes costeiros – foi o exemplo utilizado para demonstrar como é possível estabelecer uma base de informações integradas para gestão com base ecossistêmica,

além de oferecer possibilidades para outros debates e experiências dentro deste mesmo contexto.

A Figura 18.2 apresenta o modelo que sintetiza a base ecossistêmica para o caso mencionado acima. O modelo, baseado em informações científicas e em conhecimento tradicional aportado pela comunidade de pescadores artesanais envolvidos na atividade, seguiu a abordagem de Odum (1983; 1993) sobre os fluxos energéticos em sistemas complexos. Foi elaborado como um diagrama conceitual para demonstrar os fluxos dos principais serviços (e processos) fornecidos pelos ecossistemas do BELP e como eles compõem a base que dá suporte à atividade de pesca artesanal da região.

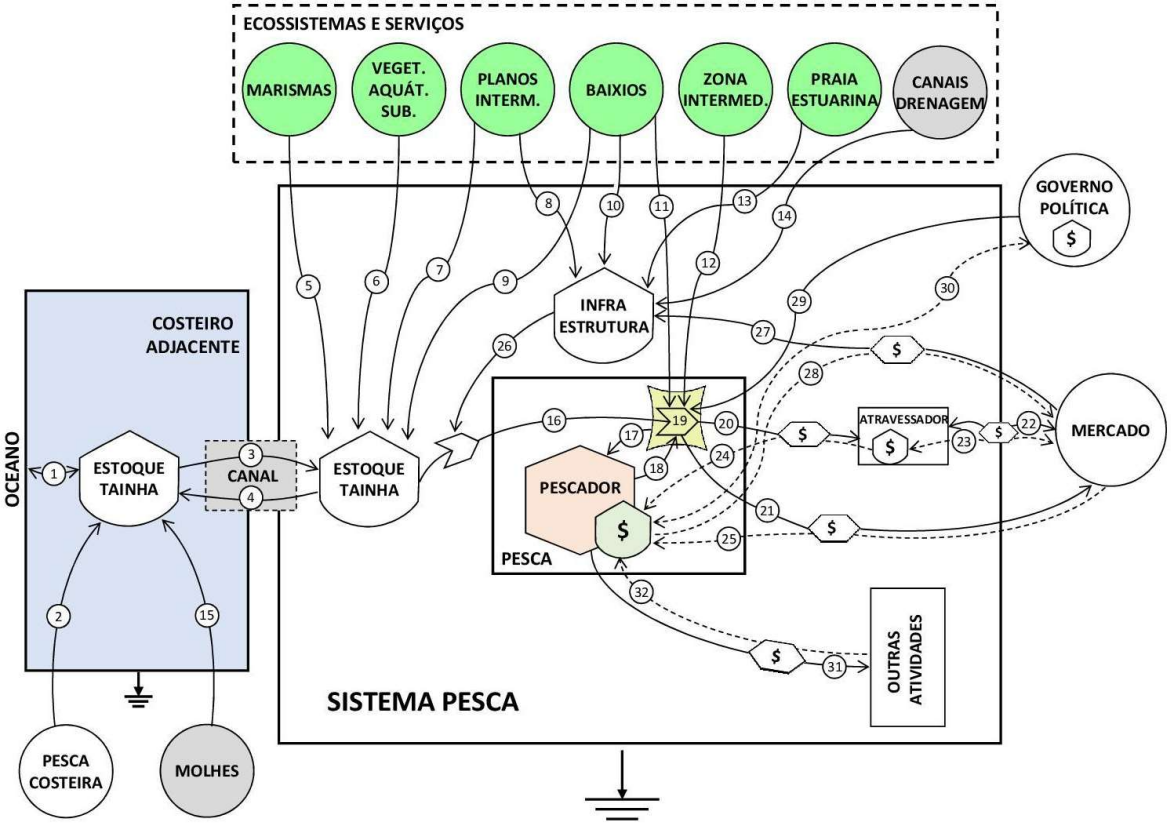


Figura 18.2. Modelo conceitual representando os principais componentes e processos mapeados no sistema da Pesca Artesanal da Tainha no BELP (SISTEMA PESCA).
Fonte: Costa e Asmus (2018).

Resumidamente, o "Sistema Pesca" apresenta em sua estrutura central o estoque de tainha, a infraestrutura de suporte à pesca, a pesca propriamente dita (pescador, estoque financeiro, processo interativo da captura) e o papel do atravessador no comércio da captura. Nesse modelo a atividade da pesca é viabilizada por uma série de ecossistemas estuarinos e seus serviços. Este conjunto de ecossistemas atuam como controles e fontes de benefícios para o funcionamento dos elementos principais de todo o sistema (processos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14). Outros controles desses elementos são o governo, que atua na regulamentação da atividade (principalmente no estoque) por meio das políticas de controle, crédito, licenciamento e fiscalização através das instituições responsáveis (MMA, IBAMA) (processos 29 e 30), e o mercado (consumidor e fornecedor) que recebe a produção pesqueira diretamente do pescador (processo 21) ou atravessador (processo 22) e fornece insumos (bens e serviços), favorecendo a prática da

atividade (processos 25 e 27). A ação da pesca propriamente dita (captura) conecta uma série de processos com os ecossistemas, com o estoque, com o governo e com o mercado (processo 19). Finalmente, o pescador também obtém o seu sustento de outras atividades, visto que, a pesca nessa região enfrenta uma grande crise ecológica e social (processo 32).

Modelos como esse integram a informação disponível e facilitam a análise dos principais processos de influência, interações e controles (ambientais, sociais e institucionais) da atividade pesqueira artesanal (e seus diferentes componentes), servindo como uma plataforma para identificar futuros espaços de gestão e planejamento e também sua possível integração com as políticas públicas e os instrumentos de suporte. (Costa e Asmus, 2018).

Perspectivas no Brasil

O Brasil possui uma Lei Nacional de Gerenciamento Costeiro – Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988 – que introduziu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC I e II). O PNGC II prioriza a descentralização das ações desenvolvidas, incorporando uma série de instrumentos técnicos orientados à obtenção de resultados, nos quais os 17 estados costeiros devem elaborar suas ações de planejamento e gestão em sintonia com as diretrizes propostas pela coordenação nacional do GERCO[6] (Costa et al., em prep.).

O mecanismo de implementação dos instrumentos de gerenciamento costeiro, ainda hoje, se estabelece a partir da adoção de práticas essencialmente voluntárias e descontínuas pelos estados, o que por muitas vezes, acaba resultando em diversos gargalos para a implementação de instrumentos, programas e agendas orientadas pela esfera federal (MMA, 2015). Tal quadro acaba afetando a iniciativa, o andamento e a estabilidade das ações em gestão costeira, de um modo geral (Costa et al., em prep.).

A zona costeira brasileira apresenta-se como um espaço interessante para analisar as interações entre a produção de informações técnico-científicas e a política. Há nela uma elevada complexidade definida por aspectos que incluem: uso intenso, interesses conflitantes, intensidade de pesquisas e número de estruturas e processos de governança. É, portanto, um sistema complexo que demanda uma análise completa e multissetorial e integrada para o seu adequado planejamento e gestão, o que pode ser obtido numa perspectiva sistêmica. No entanto, ainda são incipientes e pontuais as ações recentemente implementadas, voltadas à melhoria das interações entre ciência da gestão costeira e a tomada de decisão (Gerhardinger et al., 2018). Nesse sentido, a gestão com base ecossistêmica (GBE), poderia contribuir diretamente com uma nova e desejável perspectiva da política governamental de gerenciamento costeiro brasileira. Não é uma tarefa fácil, mas há iniciativas que demonstram ser promissoras. Por exemplo, nos dois últimos anos, por iniciativa da coordenação nacional do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (GERCO), em parceria com algumas universidades, desenvolveu-se uma série de ensaios metodológicos, no sentido de avaliar e atualizar alguns dos instrumentos de suporte à política de GCI. Tais iniciativas aportaram propostas e resultados interessantes no que se refere ao Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) (Nicolodi et al., 2018) e ao Macrodiagnóstico

[6] De acordo com Decreto Federal nº 5.300/2004, consideram-se os seguintes instrumentos para gestão da zona costeira brasileira: 1) Plano de Ação Federal da Zona Costeira – PAF – ZC; 2) Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro – PEGC; 3) Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro – PMGC; 4) Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro – SIGERCO; 5) Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira – SMA; 6) Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira - RQA-ZC; 7) Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro – ZEEC; e 8) Macrodiagnóstico da zona costeira.

da Zona Costeira na Escala da União (Nicolodi et al, 2018a). São passos iniciais de uma caminhada não necessariamente fácil. No entanto, com a progressiva apropriação dos fundamentos e práticas da GBE pelos atores envolvidos no GCI brasileiro e com bases de informações e conhecimentos integrados e disponíveis, vislumbra-se um caminho mais robusto e factível para um planejamento e gestão adequados do território costeiro.

Agradecimentos

Essa é uma contribuição do Grupo Gestão Marinha e Costeira Ecossistêmica (GMC-Eco).

Referências bibliográficas

AGARDY, T.; DAVIS, J.; SHERWOOD, K.; VESTERGAARD, O. **Taking Steps toward Marine and Coastal Ecosystem-Based Management: An Introductory Guide.** UNEP Regional Seas Reports and Studies, v.189, Nairobi, Quênia, 2011. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/13322/GLOCIEBM.pdf?sequence=1eisAllowed=y. Acesso em: 18 mai. 2020.

ASMUS, M.L. KITZMANN, D. Gestão costeira do Brasil: estado atual e perspectivas In: ECOPLATA – Programa de apoyo a la gestión integrada en la Zona Costera Uruguaya, 2004. Montevideo, Uruguai. **Anais**. Montevideo: Universidad Nacional de Mar del Plata, Ecoplata, 2005.

ASMUS, M.L.; KITZMANN, D.; LAYDNER, C.; TAGLIANI, C.R.A. Gestão Costeira no Brasil: Instrumentos, Fragilidades e Potencialidades. **Gestão Costeira Integrada** n.5 p.52-57; 2006.

BARRAGÁN, J.M. **Política, Gestión y Litoral: una nueva visión de la gestión integrada de áreas litorales.** Madrid, Spain: Editor Tébar Flores, 2014. 685p

BEVIR, M. Governance as theory, practice, and dilemma. In: BEVIR, M. (Ed.). **The Sage handbook of governance.** Londres: Sage Publications, 2011. Cap 1 p. 1-16.

BRASIL. Decreto no 1.530, de 22 de junho de 1995. Declara a entrada em vigor da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, concluída em Montego Bay, Jamaica, em 10 de dezembro de 1982. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1995. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1995/decreto-1530-22-junho-1995-435606-norma-pe.html. Acesso em: 25 mai. 2020.

BRASIL. Decreto nº 5.300, de 07 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei nº 7.661/88, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2004. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2004/decreto-5300-7-dezembro-2004-535018-norma-pe.html. Acesso em: 25 mai. 2020.

BREMER, S.; GLAVOVIC, B. Mobilizing knowledge for coastal governance: re-framing the science–policy interface for integrated coastal management. **Coastal Management**, v. 41, n. 1, p. 39-56, 2013.

BURROUGHS, R. Managing Coastal and Ocean Spaces. In: **Coastal Governance**. Island Press, Washington, DC, 2011. p.163-183.

CALLONI, Humberto. **Os sentidos da interdisciplinaridade**. Seiva Publicações, Pelotas, 2006, 78p.

CLARKE, B; STOCKER, L; COFFEY, B.; LEITH, P.; HARVEY, N.; BALDWIN, C.; BAXTER, T.; BRUEKERS, G.; GALANO, C.D.; GOOD, M.; HAWARD, M. ; HOFMEESTER, C. ; DE FREITAS, D.M; MUMFORD, T.; NURSEY-BRAY, M.; KRIWOKEN, L.; SHAW, J.; SMITH, T. ; THOMSEN, D.; WOOD, D.; CANNARD. T. Enhancing the knowledge–governance interface: coasts, climate and collaboration **Ocean Coastal Management.**, v.86, p. 88-99, 2013.

CHARLES, A.; LOUCKS, L.; BERKES, F.; ARMITAGED, D. Community science: A typology and its implications for governance of social-ecological systems. **Environmental Science e Policy**, v. 106, p. 77-86, 2020.

CICIN-SAIN, B.; KNECHT, R. **Integrated coastal and ocean management: concepts and practices**. Island Press, Washington, D.C., 1998. p. 517.

COFFEY, B.; O'TOOLE, K. Towards an improved understanding of knowledge dynamics in integrated coastal zone management: a knowledge systems framework. **Conservation and Society**, v. 10, n. 4, p. 318-329, 2012.

DABELKO, G. D. Speaking their language: how to communicate better with policymakers and opinion shapers–and why academics should bother in the first place. International Environmental Agreements: Politics, **Law and Economics**, v. 5, n. 4, p. 381-386, 2005.

DOODY, J. P. Information required for integrated coastal zone management: Conclusions from the European demonstration programme. **Coastal Management**, v. 31, n. 2, p. 163-173, 2003.

EHLER, C., AND DOUVERE, F. **Marine Spatial Planning: A Step-by-Step Approach Toward Ecosystem-based Management**. (Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No 6. Paris: UNESCO, 2009. Disponível em: http://msp.ioc-unesco.org/msp-guides/msp-step-by-step-approach/. Acesso em: 18 mai. 2020.

ERICKSEN, P. H.; WOODLEY, G.; CUNDILL, W. V.; REID, L.; VICENTE, C.; RAUDSEPP-HEARNE, J.; MOGINA,; P. OLSSON. Using multiple knowledge systems in sub-global assessments: benefits and challenges, p. 85-117. In: CAPISTRANO, D.; LEE, M.; RAUDSEPP-HEARNE, C.; SAMPER, C. (EDITORS). **Findings of the Sub-global Assessments Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment.** Vol. 4. Ecosystems and human well-being: multiscale assessments. Island Press, Washington, DC, 2005, 402 p.

FABRICIUS, C.; SCHOLES, R; CUNDILL, G. "Mobilizing knowledge for integrated ecosystem assessments". In **Bridging scales and knowledge systems: Concepts and applications in ecosystem assessment**, Edited by: REID, W. V.; BERKES, F.; WILBANKS, T. J.; CAPISTRANO, D. Washington, DC: Island Publishing., 2006. p.165–181.

GAVARIS, S. Fisheries management planning and support for strategic and tactical decisions in an ecosystem approach context. **Fisheries Research**, v. 100, n. 1, p. 6-14, 2009.

GERHARDINGER, L. C., QUESADA-SILVA, M., GONÇALVES, L. R., e TURRA, A. Unveiling the genesis of a marine spatial planning arena in Brazil. **Ocean e Coastal Management**, v. 179, p. 104825, 2019.

GUSTAFSSON, K M.; LIDSKOG, R. Boundary organizations and environmental governance: Performance, institutional *design*, and conceptual development. **Climate Risk Management**, v. 19, p. 1-11, 2018a.

GUSTAFSSON, K. M.; LIDSKOG, R. Organizing international experts: IPBES's efforts to gain epistemic authority. **Environmental Sociology**, v. 4, n. 4, p. 445-456, 2018b.

HAUCK, J.; SCHWEPPE-KRAFT, B.; ALBERT, C.; GÖRG, C.; JAX, K.; JENSEN, R.; FÜRST, C.; MAES, J.; RING, I.; HÖNIGOVÁ, I.; BURKHARD, B.; MEHRING, M.; TIEFENBACH, M.; GRUNEWALD, K.; SCHWARZER, M.; MEURER, J.; SOMMERHÄUSER, M.; PRIESS, J.A.; SCHMIDT, J.; GRÊT-REGAMEY, A. The promise of the ecosystem services concept for planning and decision-making. **GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society**, v. 22, n. 4, p. 232-236, 2013.

JOLLIVET, M. e PAVÉ A. O Meio Ambiente: Questões e Perspectivas para a Pesquisa. In: VIEIRA, P.F e WEBER, J. (Orgs). Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento. Novos Desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 2000, p. 53-112.

JORDAN, A.; RUSSEL, D. Embedding the concept of ecosystem services? The utilization of ecological knowledge in different policy venues. **Environment and Planning C: Government and Policy**, v. 32, n. 2, p. 192-207, 2014.

KELLY, C.; ELLIS, G.; FLANNERY, W. Unravelling persistent problems to transformative marine governance. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, p. 213-228, 2019.

LANG, D. J.; WIEK, A.; BERGMANN, M.; STAUFFACHER, M.; MARTENS, P.; MOLL, P.; SWILLING, M; THOMAS, C. J. Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. **Sustainability science**, v. 7, n. 1, p. 25-43, 2012.

LESLIE, H. M. e MCLEOD, K. L. **Ecosystem-based management for the oceans**. Washington: Island Press, 2009, 392p.

MCNIE, E. C. Reconciling the supply of scientific information with user demands: an analysis of the problem and review of the literature. **Environmental science and policy**, v. 10, n. 1, p. 17-38, 2007.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de gerenciamento costeiro: 25 anos do gerenciamento costeiro no Brasil**. Brasília, DF, 2015,181p.

NICOLODI, J. L.; ASMUS, M.L.; TURRA, A.; POLETTE, M. Avaliação dos Zoneamentos Ecológico-Econômicos Costeiros (ZEEC) do Brasil: proposta metodológica. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 44, 2018.

NICOLODI ET AL. (Org.). **Uma nova proposta metodológica para o Macrodiagnóstico da Zona Costeira na Escala da União com enfoque sistêmico.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2018, Documento Técnico.

NURSEY-BRAY, M. J.; VINCE, J.; SCOTT, M.; HAWARD, M.; O'TOOLE, K.; SMITH, T.; HARVEY, N.; CLARKE, B. Science into policy? Discourse, coastal management and knowledge. **Environmental Science e Policy,** v. 38, p. 107-119, 2014.

ODUM, H.T. **Systems Ecology**. New York: Willey Interscience, 1983, 644p.

ODUM, H.T. **Ecology and Our Endangered Life-Support Systems**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, 1993, 301p.

OGATA, K. **Systems Dynamics.** Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J, 1978, 784p.

PADGURSCHI, M. C. G.; JOLY, C. A. Brief history of the Brazilian Platform on Biodiversity and Ecosystem Services/BPBES. **Biota Neotropica**, v. 17, n. 1, 2017.

PIETRI, D.; MCAFEE, S.; MACE, A.; KNIGHT, E.; ROGERS, L.; CHORNESKY, E. Using science to inform controversial issues: A case study from the California Ocean Science Trust. **Coastal Management**, v. 39, n. 3, p. 296-316, 2011.

RAYMOND, C. M.; FAZEY, I; M.; REED, M.S.; STRINGER, L.C.; ROBINSON, G.M; EVELY, A.C Integrating local and scientific knowledge for environmental management. **Journal of environmental management**, v. 91, n. 8, p. 1766-1777, 2010.

REIS-FILHO, J. A. Historical perspective of artisanal encircling gillnet use at the Brazilian coast: Changes in fishing behaviour is mirrored by dwindling stocks. **Fisheries Management and Ecology**, v.20, p. 155-166, 2019.

SANTOS-MARTÍN, F.; MONTES, C.; ALCORLO, P.; GARCÍA-TISCAR, S.; GONZÁLEZ, B.; VIDAL-ABARCA, M. R.; SUÁREZ, M. L.; ROYO, L.; FÉRRIZ, I.; BARRAGÁN, J. M.; CHICA, A.; LÓPEZ, C.; BENAYAS, J. De la gestión de los recursos pesqueros a la gestión de los ecosistemas: La aproximación de los servicios de los ecosistemas aplicada a la gestión pesquera. **Ambienta**, n.111, p.74-87, 2015.

SLOCOMBE, D. S. Defining goals and criteria for ecosystem-based management. **Environmental management**, v. 22, n. 4, p. 483-493, 1998.

VAN DER MOLEN, F. How knowledge enables governance: The coproduction of environmental governance capacity. **Environmental science e policy**, v. 87, p. 18-25, 2018.

TRIBBIA, J.; MOSER, C.S. More than information: what coastal managers need to plan for climate change. **Environmental science e policy**, v. 11, n. 4, p. 315-328, 2008.

TURNER, R. K. Integrating natural and socio-economic science in coastal management. **Journal of Marine Systems,** v.25, n.3-4, p.447-460, 2000.

VON BERTALANFFY, L. **General System Theory**. New York: Braziller,1968, 289p.

VON BODUNGEN, B.; TURNER, R. K. Science and integrated coastal management. **Dahlem University Press, Berlin ISBN**, v. 393, p. 4504-02, 2001.

Julliet Correa da Costa é Oceanógrafa e Mestre em Gerenciamento Costeiro pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Atualmente, é doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e pesquisadora no Laboratório de Gestão Costeira Integrada (LAGECI) da UFSC. Membro da Rede PainelMar e do Programa Horizonte Oceânico Brasileiro (HOB), em que colabora como especialista em gestão costeira, planejamento espacial marinho, serviços ecossistêmicos e seus benefícios para o bem-estar humano. E-mail: julliet.oceano@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/5132928252709799

Milton Lafourcade Asmus é Oceanógrafo e Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e Doutorado em Ciências do Mar pela University of South Carolina (USA). É, atualmente, Secretário de Relações Internacionais e Professor do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (IO-FURG). Asmus é membro do The Global Forum on Oceans, Coasts, and Islands e atua como Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Coordena o Grupo Gestão Marinha e Costeira Ecossistêmica (GMC-Eco) com atuação focada em Gerenciamento Costeiro Integrado, Ecologia de Sistemas, Ecologia de Estuários e Gestão com Base Ecossistêmica. E-mail: docasmus@furg.br CV: http://lattes.cnpq.br/4703631703420031

Capítulo 19

Planejamento Espacial Marinho

Tiago B. R. Gandra; Jarbas Bonetti; Marinez E. G. Scherer

Introdução

Até o século 19, o espaço oceânico era utilizado principalmente para duas atividades: transporte marítimo e pescarias, mas nas últimas décadas os usos humanos no mar vêm crescendo tanto em intensidade quanto em diversidade. A abordagem individualizada por setores econômicos para a gestão do espaço marinho não é mais capaz de resolver conflitos entre usuários, uma vez que não costuma lidar com *trade-offs* (relação de compromisso na qual se abre mão de algum bem ou serviço para se obter um bem ou serviço distinto) entre os setores, nem levar em consideração os efeitos cumulativos no ambiente marinho (Ehler, 2017). Desta forma, a competição pelo espaço e recursos marinhos é reconhecidamente um desafio e o surgimento de atividades baseadas em novas premissas (Economia Azul) pode amplificar esta competição.

Embora o conceito de Planejamento Espacial Marinho (PEM) tenha surgido há cerca de 40 anos (Day, 2002), este termo (*Marine Spatial Planning* ou *Maritime Spatial Planning*, no original em língua inglesa) aparece em artigos científicos desde 2003, como um instrumento de gestão integrada que visa compatibilizar as atividades humanas no mar, bem como conservar os ecossistemas marinhos, seus recursos e serviços ecossistêmicos. As primeiras iniciativas de PEM estavam relacionadas com o zoneamento de áreas de proteção marinha, como exemplo no Parque Marinho da Grande Barreiras de Corais na Austrália. Porém, mais recentemente foram impulsionadas pela necessidade de desenvolvimento de novas atividades econômicas nas áreas marinhas, em especial para implantação de parques de geração de energia *offshore*, como no Mar Báltico, na Europa.

▪ COMO CITAR:
GANDRA, T. B. R.; BONETTI, J.; SCHERER, M. E. G. Planejamento Espacial Marinho. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 456-472. ISBN 978-65-992571-0-0

O Planejamento Espacial Marinho requer a análise de dados ambientais e socioeconômicos de forma espacialmente explícita para determinar onde os conflitos de uso ocorrem atualmente e poderão ocorrer no futuro, considerando diferentes cenários de gestão (Coccoli et al., 2018). Segundo o manual da Comissão Oceanográfica Internacional da UNESCO:

> *"O Planejamento Espacial Marinho é definido como um processo público de análise e alocação da distribuição espacial e temporal das atividades humanas no mar para atingir objetivos ecológicos, econômicos e sociais definidos por meio de um processo político."* (Ehler e Douvere, 2009, p.18).

É importante ressaltar que o PEM é um processo de planejamento contínuo e interativo para fomentar o gerenciamento sustentável dos oceanos e sua governança (Frazão-Santos et al., 2019). O PEM não é somente um plano consolidado em um documento, tampouco apenas um conjunto de dados, mapas e o zoneamento resultante da integração destes elementos. Como processo público e político, o PEM prevê uma série de etapas (*steps*): definição de autoridades e competências, obtenção de recursos financeiros, organização da participação social, definição das condições existentes e futuras, adoção formal e aprovação do plano pelo poder público, e finalmente sua implementação, monitoramento, avaliação e adaptação (Ehler e Douvere, 2009) (Figura 19.1). Esses passos não são necessariamente sequenciais e alguns deles podem ocorrer de forma simultânea. Idealmente, deve ter metas e objetivos alcançáveis e possíveis de serem medidos, possibilitando sua avaliação e adaptação para o aprimoramento do PEM nas próximas rodadas do ciclo de planejamento.

Em 2019, iniciativas relacionadas ao PEM estavam em fase de desenvolvimento em 70 países, aproximadamente 50% dos países costeiros do mundo, embora a maior parte se encontre em suas fases iniciais, uma vez que apenas 25 países possuem Planos de Gestão Espacial Marinha implementados ou aprovados por seus governos (Frazão Santos et al., 2020). Alguns países estão em fase de pré-planejamento (estabelecimento de autoridades e competências, levantamento de recursos financeiros) e outros já encerraram o primeiro ciclo de planejamento, reavaliaram a primeira versão de seus planos e passaram para a consulta pública e implementação de sua segunda versão. Por exemplo, o PEM na Bélgica teve sua primeira versão implementada em 2003 e a segunda entrou em fase de consulta pública em 2018. Ressalta-se que todos os países que compõem a Comunidade Europeia têm a obrigação de desenvolver seus PEMs até março de 2021, conforme estabelece a Diretiva Europeia 89/2014 (European Union, 2014) que estabelece diretrizes para o ordenamento do espaço marítimo.

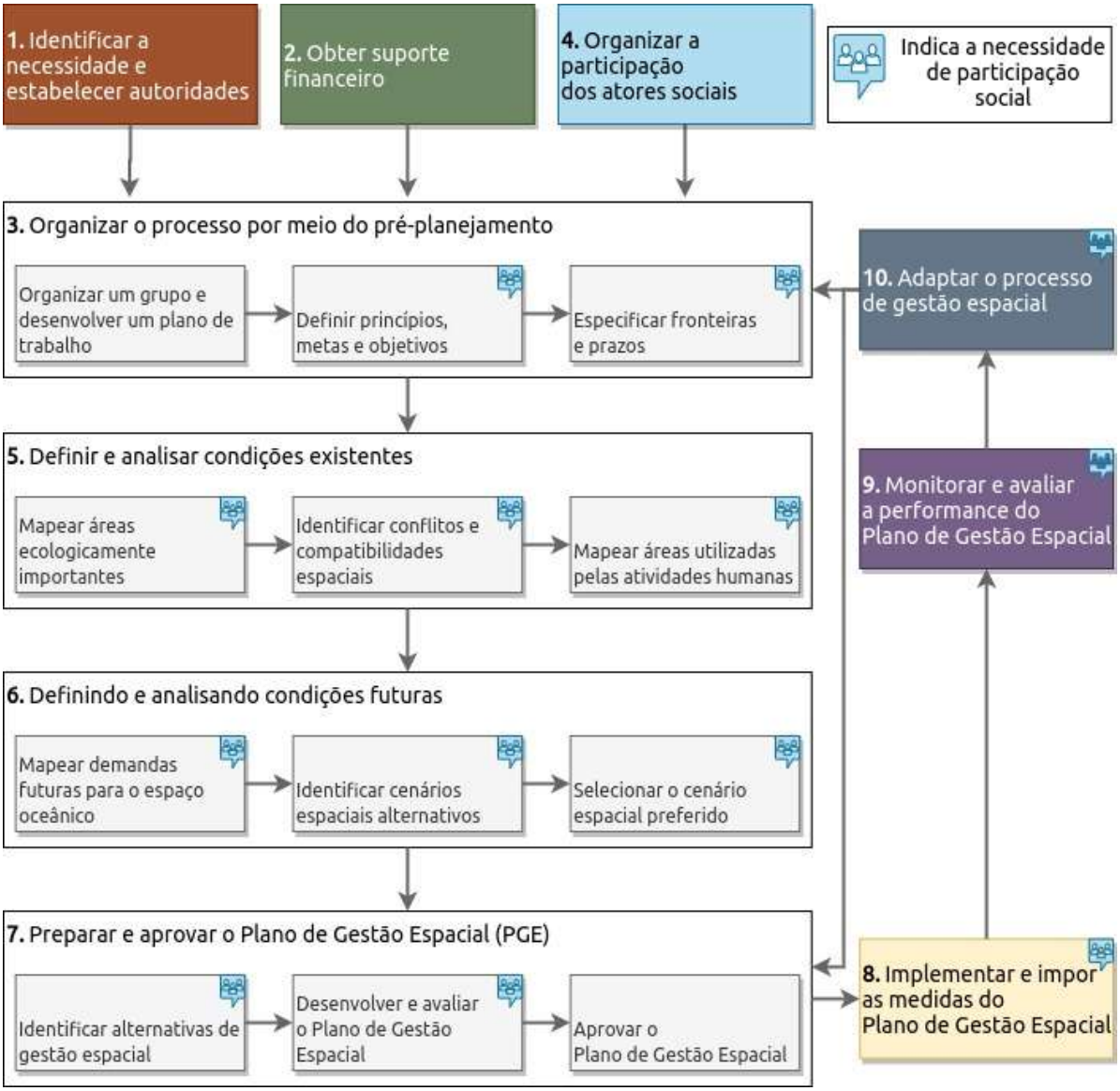


Figura 19.1. Abordagem sequencial voltada à implantação do Planejamento Espacial Marinho.
Fonte: Adaptado de Ehler e Douvere, 2009.

As experiências de PEM apresentam metodologia e escala espacial variadas, em alguns casos abrangendo toda a área marinha sob jurisdição do país, em outros com abrangência local ou regional. Há um certo consenso de que não existe fórmula única para o PEM e que as realidades de cada país ou região vão definir de que forma ele poderá acontecer. Teoricamente, o PEM deve partir de seis princípios norteadores (Ehler e Douvere, 2009):

- Baseado em Ecossistemas: O planejamento e gestão devem fundamentar-se em uma base ecossistêmica, reconhecendo que os diversos ecossistemas sustentam e, muitas vezes, modulam os usos e atividades humanas no mar.
- Integrado: tanto entre os diferentes setores econômicos, quanto nos níveis de gestão, no caso do Brasil as esferas Federal, Estadual e Municipal.
- Espacialmente Explícito**:** O PEM deve reconhecer e delimitar áreas marinhas de forma objetiva e mensurável.

- Adaptativo: Deve ser capaz de aprender pelas experiências passadas.
- Estratégico: Deve ser focado no longo prazo, prevendo alterações nas pressões, atividades humanas e sistemas ecológicos.
- Participativo: Diferentes atores sociais devem ser envolvidos em quase todas as fases do PEM.

A aplicação destes princípios é um desafio. Por exemplo, existe uma grande desconexão entre a definição científica de gestão com base ecossistêmica (GBE) e a sua implementação na prática; ou seja, a conversão dos conceitos e princípios-chave da GBE em metas operacionais para a gestão (Arkema et al., 2006).

O interesse científico e a produção bibliográfica sobre Planejamento Espacial Marinho cresceram especialmente após 2008, quando foi publicada uma edição especial sobre o assunto na revista científica Marine Policy (Elsevier), atingindo aproximadamente 200 artigos no ano de 2018 (Figura 19.2) na base SCOPUS[1] (n = 1360). Muitos destes artigos tratam do relato de experiências e iniciativas de PEM, que em sua maioria começaram após 2005. No Brasil, nota-se igualmente um crescimento do número de publicações sobre PEM com participação de pesquisadores brasileiros (total de 41 artigos). Apenas 8 destes apresentam o PEM como assunto principal do artigo e usam um caso brasileiro (em nível nacional, regional ou local) como assunto central. A maior parte dos artigos identificados apenas utiliza o PEM como justificativa ou como possível aplicação do tema principal do artigo (mapeamento de habitat ou unidades geomorfológicas, distribuição de espécies, atividades humanas no mar, etc.).

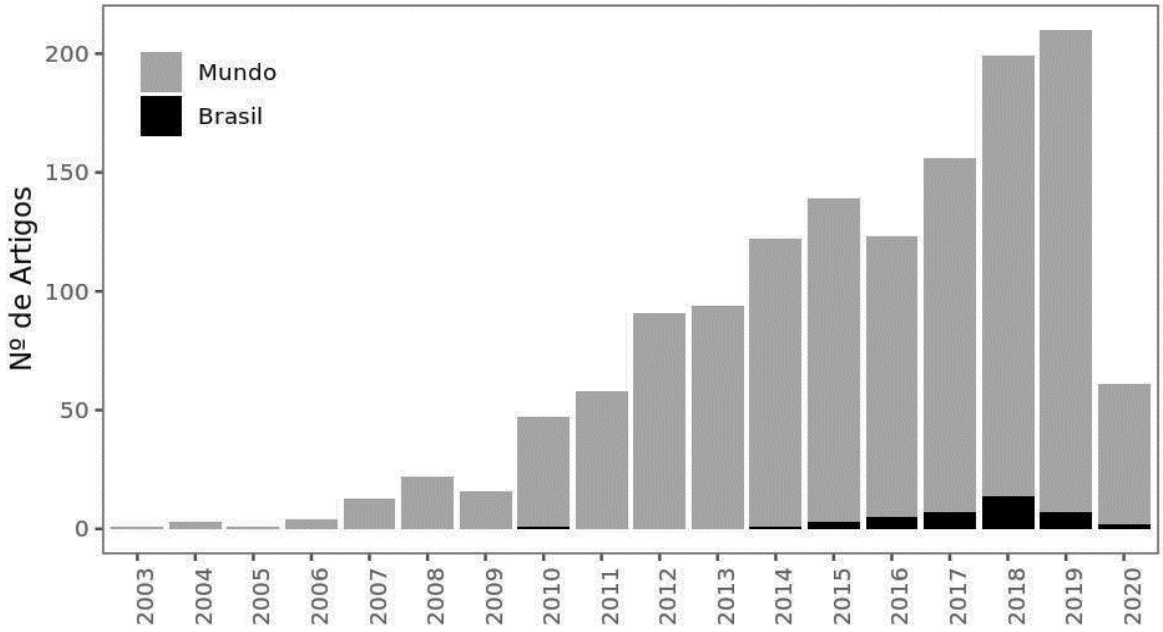


Figura 19.2. Número de artigos científicos disponíveis na base Scopus relacionados ao Planejamento Espacial Marinho.

Fonte: os autores.

[1] www.scopus.com

O PEM no Brasil

O Brasil possui uma zona econômica exclusiva de 3,6 milhões de km² que, somada à extensão da plataforma continental definida nos termos da Convenção das Nações Unidas para o Direito do Mar (UNCLOS), totaliza 5,7 milhões de km² (equivalente à 67% da área terrestre). Essa porção do território brasileiro tem sido denominada Amazônia Azul e nela se desenvolvem uma série de usos e atividades humanas, tais como pesca, turismo e exploração mineral (Silva, 2013). O uso e ocupação da Amazônia Azul tende a se intensificar, demandando ações de planejamento e gestão que objetivem minimizar conflitos e simultaneamente promover a conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos (incluindo seus serviços ecossistêmicos), base para as próprias atividades humanas.

No Brasil, podemos considerar que o processo de elaboração do PEM iniciou em 2011, tendo como marco zero uma sessão do Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO), com a participação de representantes da UNESCO[2], que destacaram a importância de iniciar uma agenda pública para o PEM (Gerhardinger et al., 2018). Em 2014, ocorreu em Brasília um seminário intitulado "Planejamento Integrado do Espaço Marinho", com a troca de experiências nacionais e internacionais (De Freitas et al., 2014). Desde então, o PEM obteve avanços pontuais em pequenas áreas do extenso litoral brasileiro, principalmente em iniciativas de caráter acadêmico. É necessário reconhecer que iniciativas locais de PEM têm sido desenvolvidas, dentre as quais pode ser citado o Projeto Babitonga Ativa (desenvolvido na Baía da Babitonga - SC), com ações de mobilização social, envolvimento de atores, mapeamento participativo, diagnóstico fundiário, socioeconômico e ambiental, integrados em um Sistema de Informações geoespaciais (Gerhardinger et al., 2018). Embora seja importante reconhecer que iniciativas locais são valiosas para o aprendizado, formação de atores e proposição de alternativas metodológicas, essas experiências são ainda desconectadas de uma abordagem nacional integrada para o PEM e não são respaldadas por políticas públicas ou instrumentos legais.

Uma análise das iniciativas governamentais nacionais mostra que alguns passos para o Planejamento Espacial Marinho foram discutidos no nível federal, mas que ainda falta experiência em relação à implementação, execução e integração de iniciativas subnacionais no processo de PEM, o que fez com que Gerhardinger et al. (2019) classificassem o período entre 2014 e 2019 como uma fase de dormência do PEM no Brasil. Conforme ilustrado anteriormente, de acordo com Ehler e Douvere (2009), que elaboraram um manual de apoio para a implementação do PEM fomentado pela UNESCO, o PEM é um processo composto por dez passos. Nessa perspectiva, considera-se que o Brasil já superou a fase de identificação da necessidade e definição da autoridade (passo 1) e atualmente está na fase inicial de articulação e estruturação do PEM, de forma simultânea com as fases de obtenção de recursos financeiros (passo 2) e pré-planejamento (passo 3). Em 2019, o antigo Grupo de Trabalho em Uso e Conservação de Áreas Marinhas (GT-UCAM) foi transformado no Grupo de Trabalho para o PEM (GT-PEM), composto por representantes técnicos dos 15 ministérios que atualmente compõem a Comissão Interministerial de Recursos do Mar (CIRM).

Nos últimos anos houve esforços do governo brasileiro, através da CIRM, na capacitação de membros do GT-PEM para fomentar e acelerar o processo de PEM no Brasil. Isto se deu principalmente através da contratação de organizações internacionais para a formação de atores em cursos de imersão como o *Blue Planning in Practice*, promovido pela GIZ[3] em 2017 e o Curso de Capacitação em Planejamento Espacial Marinho e Economia Azul - MSP Roadmap, pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO[4] (COI-UNESCO), em 2019.

[2] Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e Cultura (UNESCO)

[3] Sociedade Alemã de Cooperação Internacional (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ)

[4] www.mspglobal2030.org

A CIRM tem direcionado esforços para a harmonização e inserção de dados marinhos na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE[5]) desde 2019, com o objetivo de subsidiar a fase de análise das condições existentes para o PEM brasileiro. Porém, uma análise dos repositórios brasileiros mostrou que existem poucas camadas de informação marinhas na INDE, com grandes lacunas espaciais e temporais, especialmente quando se trata de dados biológicos e relacionados aos temas habitat e biótopos e zonas de restrição, manejo e regulação (Gandra et al., 2018).

Condições existentes: mapeamento de habitat marinhos e atividades humanas

Uma das condições básicas no processo de PEM é o reconhecimento e análise do estado atual do ambiente costeiro-marinho e de seus usos, que constituem elementos de base para o desenvolvimento da Fase 5 de acordo com o esquema apresentado na Figura 19.1. Dentre os diversos dados necessários e independentemente da escala considerada, as fronteiras das unidades de planejamento precisam ser definidas, devendo preferencialmente seguir limites representativos entre ecossistemas, baseadas no padrão biogeográfico local, distribuição de variáveis oceanográficas e caracterização do relevo submarino (Gilliland e Laffoley, 2008). A essa representação é, geralmente, superposta a distribuição espacial das áreas utilizadas para o desenvolvimento de atividades humanas com vistas à identificação de conflitos e posterior construção de cenários futuros.

De modo geral não há muita variabilidade nos procedimentos técnicos empregados na elaboração de mapeamentos dos usos econômicos do espaço marinho-costeiro, estando os maiores obstáculos relacionados à pouca disponibilidade desses dados. Um aspecto que pode gerar alguma dificuldade diz respeito aos modelos de dados que habitualmente expressam as atividades humanas. Por exemplo, poços de exploração de petróleo podem ser representados como pontos, rotas de navegação como linhas e sítios de cultivo de organismos marinhos como polígonos. A harmonização desses dados muitas vezes demanda sua transformação e representação de forma alternativa a fim de viabilizar uma posterior análise integrada. Gandra et al. (2017), por exemplo, determinaram a intensidade de usos existente na zona econômica exclusiva Sul do Brasil com base na representação probabilística dos usos utilizando o “Estimador de Densidade Kernel”. Desta forma, obtiveram representações contínuas - no domínio espacial da área de estudo - para todos os descritores selecionados.

O mapeamento de sistemas ambientais que possuem características biofísicas semelhantes é, igualmente, um passo essencial para a PEM, uma vez que esses sistemas são utilizados como unidades de planejamento para as quais são definidos os serviços ecossistêmicos, benefícios e atores beneficiados, bem como identificados os conflitos entre os diferentes usos e atividades por parte da sociedade. Sua representação espacial, todavia, não é trivial, inexistindo consenso quanto à melhor forma de mapeamento dos ecossistemas marinhos. Assim, uma discussão mais detalhada relativa a esse processo será feita a seguir.

Dos 14 princípios básicos da gestão com base ecossistêmica (Long et al., 2014) na qual se fundamenta o desenvolvimento do PEM, três estão intimamente relacionados com o mapeamento de sistemas ambientais: (1) a consideração das conexões entre os ecossistemas, (2) a utilização de escalas espaciais e temporais adequadas, e (3) a definição das fronteiras entre os ecossistemas. A realização de um mapeamento de ecossistemas é requisito em diversas etapas do PEM, podendo ser considerado um “ponto de passagem obrigatória” entre os envolvidos no gerenciamento e uso do espaço marinho, uma vez que mapas são elementos através dos quais

[5] inde.gov.br

gestores, cientistas e setores da sociedade impõem e firmam acordos “travados no espaço” (Smith e Brennan, 2012).

Idealmente, tais mapeamentos deveriam delimitar as superfícies dos habitat ocupados pelos principais grupos da fauna e flora marinhos. O mapeamento de habitat marinhos possui uma série de desafios e diferenças significativas quando comparado ao domínio terrestre. A coleta de dados em áreas marinhas é mais custosa e complexa, o que faz com que dados sejam mais escassos tanto no tempo quanto no espaço. Além disso, no meio marinho os limites entre habitat são de difícil determinação, uma vez que a dinâmica dos processos costeiros e oceânicos desfavorece o estabelecimento de fronteiras rígidas, sobretudo na coluna d’água. Outra distinção entre os sistemas terrestres e marinhos é o fato destes últimos apresentarem uma expressão tridimensional, o que cria o desafio de se representar os habitat em termos de sua distribuição espacial não apenas em planta, mas igualmente em volume (Carr et al., 2003).

Na ausência de dados biológicos de qualidade e espacialmente representativos, variáveis abióticas são comumente utilizadas como *proxy* (indicadores) para o particionamento espacial dos oceanos (Pereira e Bonetti, 2018). Desta forma, descritores físicos (por exemplo tipo de sedimento, batimetria, morfologia de fundo, penetração de luz) são por vezes empregados como base para a definição de sistemas ambientais marinhos (Roff et al., 2003; Verfaillie et al., 2009; Galparsoro et al., 2012, entre outros) uma vez que modulam a distribuição da biota e, em última instância, dos usos antrópicos no mar. Este conceito é habitualmente expresso pelo termo em inglês *surrogacy* (barriga de aluguel), que pode ser definido como um método empírico para determinação de variáveis mensuráveis que melhor descrevem as comunidades biológicas em um determinado espaço e tempo, agindo como preditores para a ocorrência de espécies (e habitat) em áreas inexploradas ou com carência de dados (Harris, 2012; Paquette et al., 2016).

Devido ao aspecto heterogêneo dos dados ambientais marinhos, principalmente quanto à fonte, temporalidade, escala espacial e disponibilidade, somado à existência de lacunas espaciais e temporais, têm sido propostas diferentes metodologias de classificação espacial com o objetivo de efetuar compartimentação do espaço marinho. A necessidade básica reside na construção de mapas categóricos que expressem a variabilidade das condições abióticas potencialmente favoráveis ao estabelecimento de classes ambientais específicas. Neste sentido, o mapeamento indireto de habitat marinhos através da integração de variáveis físicas tem sido utilizado como meio para sintetizar dados em apoio à implantação de PEMs (Wright e Heyman, 2008).

É possível dividir os métodos de classificação de habitat marinhos em duas grandes categorias: subdivisão e agregação. A subdivisão parte de uma estratégia *top-down*, em que a área de interesse é compartimentada em porções menores a partir de descritores relevantes, enquanto a agregação consiste no agrupamento de áreas com características (biológicas ou físicas) semelhantes, segundo a distribuição destes descritores na área de estudo, numa abordagem *bottom-up*.

Para a camada de fundo marinha (o compartimento bentônico), Roff e Taylor (2000) pioneiramente desenvolveram uma proposta de classificação hierárquica baseada em variáveis geofísicas (relevo submarino, tipo de substrato, temperatura, estratificação, exposição a ondas e correntes). Ainda na perspectiva de classificação hierárquica, um sistema de classificação (*European Nature Information System* - EUNIS) foi desenvolvido pela União Europeia como fruto da harmonização de diferentes métodos de caracterização da paisagem marinha e costeira, combinando características abióticas em chaves de classificação (Davies et al., 2004). Essas duas propostas baseiam-se no emprego de classes pré-estabelecidas, determinadas a partir da definição, a priori, de um sistema de classificação dos potenciais habitat marinhos. Nesta estratégia, são definidos, para cada nível de subdivisão ecológica, descritores e limiares para os valores de cada variável selecionada. Posteriormente, e partindo de uma premissa distinta, Verfaillie et al. (2009) sugeriram um protocolo baseado em análise estatística para a seleção e

tratamento integrado de variáveis abióticas. A partir dessa estratégia obtém-se igualmente um agrupamento de zonas relevantes do ponto de vista ecológico, todavia através de uma abordagem na qual não ocorre a pré-determinação de classes, sendo estas identificadas com base na análise integrada das variáveis consideradas ecologicamente relevantes para o estabelecimento de habitat.

Em relação à coluna d'água (compartimento pelágico), diversos métodos e descritores já foram utilizados para a classificação de unidades espaciais funcionais visando a análise das condições ambientais, identificação dos padrões espaço-temporais dos ecossistemas, modelagem ecossistêmica e gestão e conservação dos oceanos (Krug et al., 2017). Os métodos mais antigos de particionamento dos oceanos foram baseados em classificação supervisionada embasada pela revisão de literatura e opinião de especialistas. Como exemplos deste tipo de abordagem podemos citar os produtos *Large Marine Ecosystems* (LME), proposto por Sherman (1991, 2014) e o *Marine Ecoregions of the World* (MEOW), por Spalding et al. (2007). Posteriormente, métodos de aprendizagem não-supervisionada que reconhecem padrões inerentes através da exploração dos dados multivariados (por exemplo análise de agrupamento) ou de base probabilística (como a abordagem *fuzzy*) começaram a ser mais comuns para a categorização das águas oceânicas, particularmente as de superfície (Krug et al., 2017). Este tipo de abordagem estatística é mais objetiva, facilmente replicável e apropriada para grandes conjuntos de dados, quando comparada aos métodos supervisionados e baseados na opinião de especialistas. Ainda mais recentemente, algoritmos de aprendizagem de máquina (*machine learning*) como o de mapas auto-organizáveis (*Self Organizing Maps* - SOM) estão sendo testados e utilizados para a classificação de unidades ecológicas nos oceanos, incluindo a variação sazonal destas unidades em diferentes estratos de profundidade (Neumann et al., 2019).

Poucos trabalhos propuseram o particionamento dos oceanos levando em consideração as suas características tridimensionais, dentre os quais podemos citar o método proposto por Sayre et al. (2018). Nele, os autores utilizaram uma classificação não-supervisionada de parâmetros abióticos (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, nitrato, fosfato e silicato) para a definição de Unidades Ecológicas Marinhas em estratos de profundidade variável. Assim, para cada estrato de profundidade foi produzido um mapa bidimensional de unidades ecológicas, detalhando de maneira mais abrangente o ambiente marinho.

Uma proposta metodológica para a Fase 5 do PEM no sul do Brasil

Os métodos de classificação hierárquica tradicionais (ex. Roff e Taylor, 2000; Davies et al., 2004) apresentam pontos de subjetividade em três etapas:

(1) seleção de variáveis abióticas ecologicamente relevantes;

(2) estabelecimento de limiares para classificação das variáveis contínuas em classes significativas em termos ecológicos e

(3) combinação das classes das diversas variáveis abióticas, que resultam nas classes finais do que serão denominadas no exemplo a ser apresentado de "Zonas Ecológicas Marinhas" (uma aproximação em larga escala do mapeamento de habitat).

Recentemente foi apresentada uma proposta metodológica para a particionamento marinho em zonas relevantes do ponto de vista ecológico, subdividindo a Zona Econômica-Exclusiva no Sul do Brasil (ZEESB) em Zonas Ecológicas bentônicas (ZEB) e pelágicas (ZEP) (Gandra, 2020). O termo zonas ecológicas marinhas foi utilizado para apresentar áreas que expressam variabilidade natural em suas características abióticas, de forma que constituam zonas com a menor variância interna e

maior variância externa dos descritores analisados, quando comparadas com outras zonas. Esta proposta se baseou em análise estatística multivariada para a seleção e tratamento das variáveis escolhidas.

O esquema apresentado foi composto por 4 passos: (1) obtenção e tratamento de variáveis abióticas, (2) análise de Componentes Principais (PCA), (3) análise de Agrupamento, e (4) descrição e validação das zonas ecológicas marinhas. Este capítulo não pretende fazer uma discussão detalhada da metodologia proposta, que pode ser encontrada em Gandra (2020).

Os descritores utilizados para a setorização marinha foram baseados na literatura, e diferentes para o compartimento bentônico e pelágico. Para o pelágico, foram utilizados:

(1) batimetria,
(2) salinidade,
(3) profundidade da camada de mistura,
(4) temperatura,
(5) velocidade de corrente,
(6) concentração de clorofila,
(7) oxigênio dissolvido,
(8) concentração silicato,
(9) fosfato,
(10) nitrato,
(11) material em suspensão total,
(12) profundidade da zona eufótica,
(13) radiação fotossinteticamente ativa e
(14) distância da costa.

Para o compartimento bentônico, os descritores utilizados foram:

(1) percentual de silte-argila,
(2) percentual de areia,
(3) percentual de cascalho,
(4) batimetria,
(5) declividade,
(6) orientação da vertente na componente norte-sul e
(7) leste-oeste,
(8) índice de posição batimétrica de fina escala e
(9) de ampla escala,
(10) rugosidade,
(11) velocidade de corrente no fundo,
(12) temperatura no fundo,
(13) concentração de clorofila,
(14) oxigênio dissolvido,
(15) concentração de nitrato,
(16) fosfato e
(17) silicato no fundo,
(18) luz no fundo,
(19) material em suspensão total e
(20) distância da costa.

A técnica de análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para redução da colinearidade e da dimensionalidade dos descritores, visando diminuir a redundância entre as variáveis. Foram utilizadas as três primeiras componentes principais (PC) para o compartimento pelágico e as seis primeiras PC para o bentônico, definidas pelo método Kaiser-Guttman (Kaiser, 1992). Todos os

descritores abióticos originais foram (em maior ou menor grau) representados nas PC selecionadas para cada compartimento.

Para a classificação não supervisionada, foi utilizada a análise de agrupamento (*cluster*) pelo método k-médias, com o número de classes definida pelo Índice Calinski-harabasz, resultando em sete Zonas Ecológicas Bentônicas e dez Zonas Ecológicas Pelágicas (Figura 19.3). Deve-se ressaltar que as classes identificadas e representadas por cores não se referem efetivamente a habitat mapeados, e sim à integração de variáveis bióticas que podem contribuir para o seu estabelecimento tendo, portanto, sido denominadas sequencialmente por números.

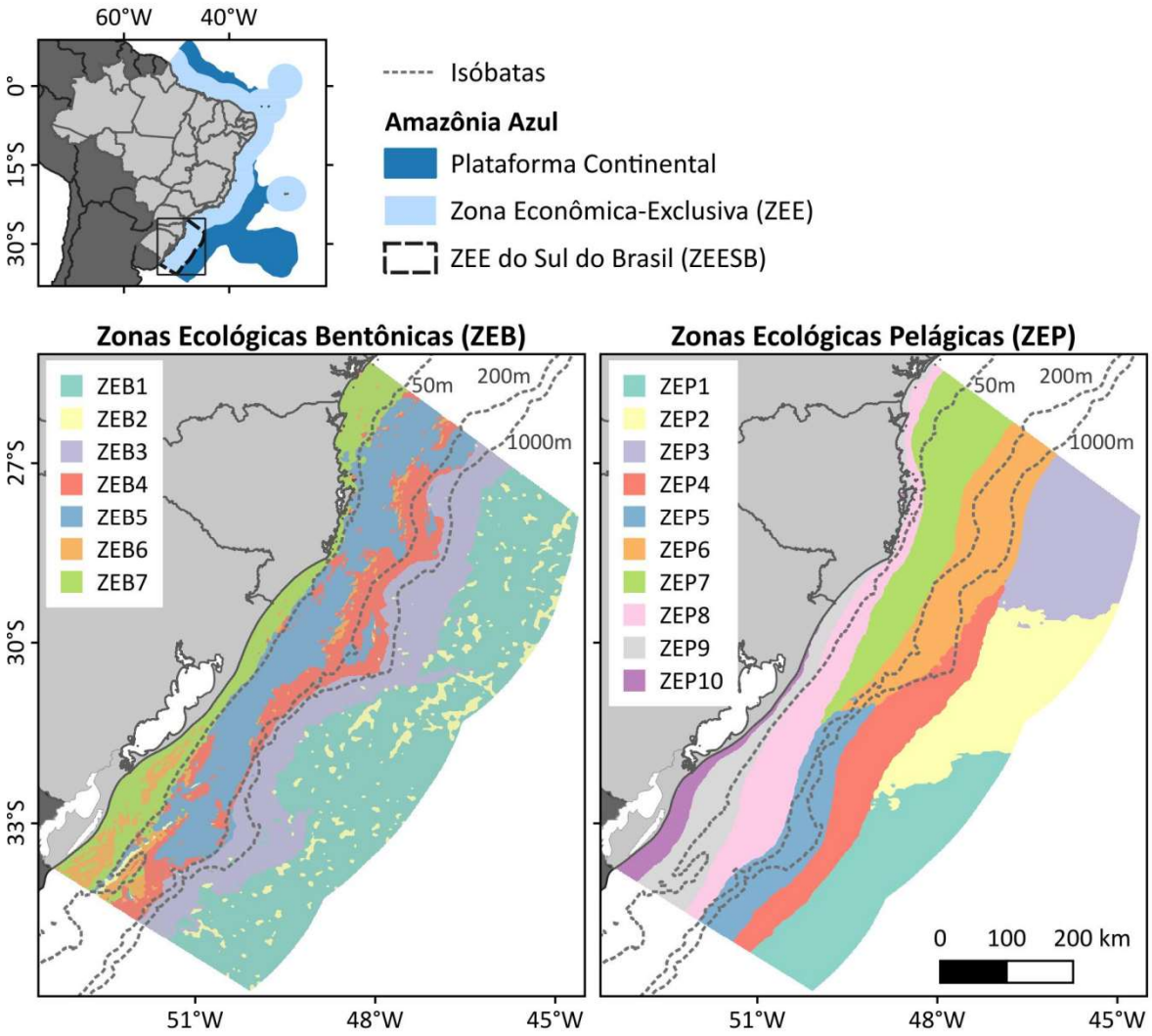


Figura 19.3. Mapa das Zonas Ecológicas bentônicas (ZEB) e pelágicas (ZEP) na Zona Econômica-Exclusiva do Sul do Brasil.

Fonte: Gandra, 2020.

Em uma segunda etapa, as Zonas Ecológicas Marinhas serviram de base para a quantificação de usos e atividades humanas no mar e para o cálculo de um Índice de Resiliência Ecológica (IRE), baseado em métricas de paisagem, em uma tentativa de estabelecer uma base ecossistêmica para o PEM nessa área.

Informações sobre as atividades humanas no mar foram obtidos de fontes diversas. Foram utilizados dados de rastreamento de embarcações de pesca do Programa de Rastreamento de

Embarcações Pesqueiras por Satélite[6] (PREPS), analisados para as quatro principais modalidades de pesca industrial na região: emalhe de superfície, arrasto, espinhel pelágico e cerco. Para quantificar a intensidade de uso para navegação comercial, foram empregados dados de rastreamento por *Automatic Identification System* (AIS) armazenados na plataforma *Marine Traffic*[7]. Para a atividade de mineração, foram utilizados os polígonos de áreas potenciais para a mineração divulgados pelo Serviço Geológico Brasileiro[8] (CPRM), bem como os blocos de mineração em licenciamento, obtidos do Sistema de Informações Geográficas de Mineração[9] (SIGMINE). Para a análise da atividade de extração de petróleo e gás, foram resgatados os blocos de exploração ofertados em 15 rodadas (leilões) e disponibilizados pela Agência Nacional do Petróleo[10] (ANP). Por se tratar de dados de diferentes naturezas e formatos, o processamento e análise de cada tipo de atividade humana no mar se deu de formas distintas, conforme detalhado em Gandra (2020).

Embora a zona econômica exclusiva do Sul do Brasil (ZEESB) não seja a área mais marinha com maior densidade de usos no Brasil, sendo inferior, por exemplo, à intensidade de usos na Bacia de Campos e Bacia de Santos, a análise dos usos e atividades na ZEESB mostrou que grande parte do setor possui sobreposição de usos (Figura 19.4). Foram consideradas atividades atuais (pesca e navegação) e potenciais (mineração e extração de petróleo e gás). Atividades marinhas costeiras (ex. turismo, esportes náuticos, maricultura) não foram incluídas devido à incompatibilidade de escala. Quatro dos principais portos brasileiros se encontram na ZEESB (Paranaguá, Rio Grande, Itajaí e São Francisco do Sul), que é uma das áreas de pesca mais importantes do Brasil (Haimovici et al., 1997), com uma produção que representava quase 30% da extração de recursos marinhos no país em 2011 (Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011).

[6] www.preps.gov.br
[7] www.marinetraffic.com
[8] www.cprm.gov.br
[9] sigmine.dnpm.gov.br
[10] www.anp.gov.br

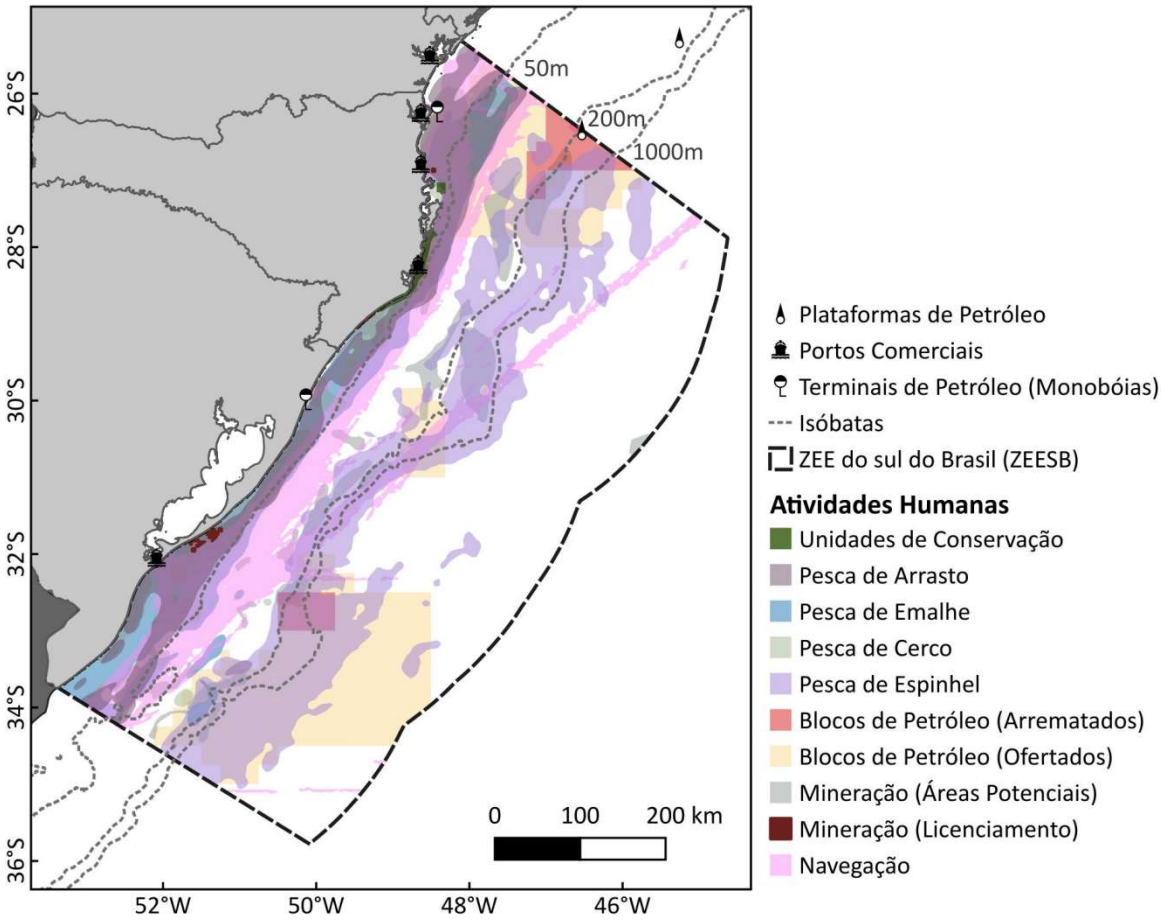


Figura 19.4. Distribuição espacial dos usos e atividades humanas na Zona Econômica-Exclusiva do Sul do Brasil (ZEESB).

Fonte: Gandra (2020).

As Zonas Ecológicas mais próximas à costa são mais densamente utilizadas na ZEESB, o que corrobora com o encontrado por Galparsoro et al. (2014), que analisaram a distribuição espacial de serviços ecossistêmicos no Oceano Atlântico Norte, apontando que principalmente os serviços culturais e de regulação estão fortemente relacionados à distância da costa e profundidade, sendo mais intensos em baixas profundidades. No compartimento bentônico da ZEESB, o índice de utilização chega a mais de 200% nas zonas bentônicas ZEB7 e ZEB6, principalmente pelas atividades de navegação, mineração e pesca (emalhe e arrasto de fundo). Ao mesmo tempo, a ZEB6 é caracterizada por alta rugosidade de fundo, alto percentual de cascalho na composição sedimentar e a presença de feições convexas associadas parcéis biogênicos conhecidos na plataforma continental interna do Rio Grande do Sul. O Índice de Resiliência Ecológica calculado por agregação de métricas de paisagem também aponta que a ZEB6 tem baixa resiliência, uma vez que é uma zona marinha fragmentada, com pequena área (comparativamente) e forma complexa. No compartimento pelágico as zonas ZEP9 e ZEP10 são mais densamente utilizadas. Por exemplo, a pesca de emalhe cobre mais de 80% da ZEP10 (64% da ZEP9), o que é somado com as atividades de pesca por cerco (70% na ZEP9) e arrasto (53% na ZEP9).

A quantificação da diversidade de usos e da resiliência ecológica, para cada zona ecológica marinha, permitiu a proposição de áreas prioritárias para a gestão, que são aquelas com maior diversidade de usos e atividades humanas, sobrepostas às áreas com menor resiliência ecológica. Foram apontadas 4 áreas prioritárias para a gestão na ZEESB (Figura 19.5), todas localizadas na plataforma continental interna (profundidade menor que 50 m).

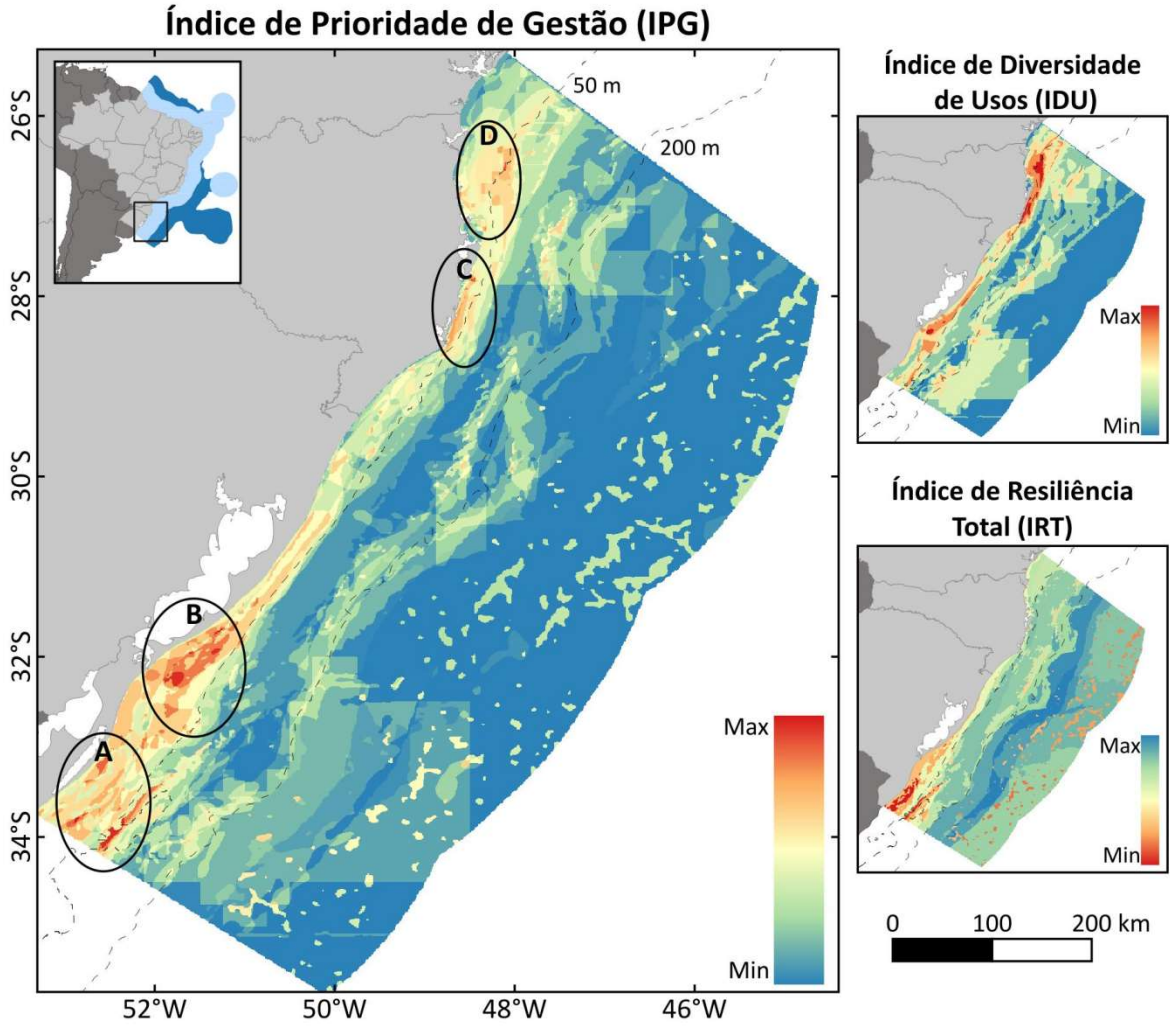


Figura 19.5. Índice de Diversidade de Usos, Índice de Resiliência Ecológica e Índice de Prioridade de Gestão para a Zona Econômica-Exclusiva do Sul do Brasil. As 4 áreas apontadas como prioritárias para a gestão são: (A) Albardão, (B) Desembocadura da Lagoa dos Patos, (C) APA da Baleia Franca e (D) Litoral Norte de Santa Catarina.

Fonte: Gandra (2020).

As áreas indicadas como prioritárias para a gestão são também áreas onde é necessário um maior esforço de coleta de dados, uma vez que nelas o PEM deve ter um maior detalhamento em relação à escala espacial de análise (maior escala cartográfica) e resolução temporal (sazonalidade). Além disto, aponta para a necessidade de uma abordagem tridimensional, levando em consideração as faixas de profundidade em que as atividades humanas ocorrem. Essas áreas têm maior complexidade de gestão, uma vez que apresentam maior potencial de conflitos entre setores econômicos e menor resiliência ecológica às mudanças antrópicas ou naturais.

Próximos passos para o PEM no Brasil

A delimitação de zonas ecológicas marinhas é o primeiro passo para o mapeamento e quantificação de serviços ecossistêmicos (Galparsoro et al., 2014) e serve de base para a gestão com base ecossistêmica. A avaliação de *trade-offs* e a valoração dos serviços ecossistêmicos é um caminho para qualificar a negociação entre setores econômicos, bem como para equilibrar a necessidade de conservação dos ecossistemas marinhos e seus serviços (Lester et al., 2013). Porém, este tipo de avaliação é dependente do mapeamento de ecossistemas (ou zonas ecologicamente relevantes) e suas relações com as atividades humanas atuais e futuras, o que demanda investimento em pesquisa e aplicação de metodologias semelhantes à que foi descrita neste capítulo, tendo-se em consideração as dificuldades apontadas quanto ao mapeamento direto de habitat marinhos.

A enorme extensão da Amazônia Azul, além da diversidade de ecossistemas marinhos, atividades econômicas e atores envolvidos, fazem com que seja bastante complexa a elaboração inicial de um PEM com abrangência nacional. Por outro lado, é preciso tomar precauções para que planos regionais não sejam substancialmente distintos entre si em relação às metodologias e produtos gerados, gerando uma "colcha de retalhos" de difícil compatibilização. Assim, é recomendável iniciar os esforços de implantação do PEM por áreas piloto, nas quais se possa testar, adequar e melhorar os procedimentos de maneira a serem replicados em outras áreas do país, contribuindo para a construção de um PEM nacional único, coeso e eficaz.

Referências bibliográficas

ARKEMA, K. K.; ABRAMSON, S. C.; DEWSBURY, B. M. Marine ecosystem-based management: from characterization to implementation. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 4, n. 10, p. 525–532, 2006.

CARR, M. H.; NEIGEL, J. E.; ESTES, J. A.; ANDELMAN, S.; WARNER, R. R.; LARGIER, J. L. Comparing Marine and Terrestrial Ecosystems: Implications for the *Design* of Coastal Marine Reserves. **Ecological Applications**, v. 13, n. 1, p. 90–107, 2003.

COCCOLI, C.; GALPARSORO, I.; MURILLAS, A.; PINARBAŞI, K.; FERNANDES, J. A. Conflict analysis and reallocation opportunities in the framework of marine spatial planning: A novel, spatially explicit Bayesian belief network approach for artisanal fishing and aquaculture. **Marine Policy**, v. 94, p. 119–131, 2018.

DAVIES, C. E.; MOSS, D.; HILL, M. O. **EUNIS Habitat Classification Revised 2004**. European Environment Agency, 2004.

DAY, J. C. Zoning - lessons from the Great Barrier Reef Marine Park. **Ocean e Coastal Management**, v. 45, n. 2–3, p. 139–156, 2002.

EHLER, C. N. Marine spatial planning: An idea whose time has come. In: YATES, K. L.; BRADSHAW, C. J. A. (Eds.). **Offshore Energy and Marine Spatial Planning**. 1st Edition, London: Taylor e Francis, 2017. p. 6–17.

EHLER, C. N.; DOUVERE, F. **Marine spatial planning: A step-by-step approach toward Ecosystem-based Management**. Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme, 2009.

EUROPEAN UNION. Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 establishing a framework for maritime spatial planning. **Official Journal of the European Union**, v. 2014, n. April, 2014.

FRAZÃO SANTOS, C.; EHLER, C. N.; AGARDY, T.; ANDRADE, F.; ORBACH, M. K.; CROWDER, L. B. Chapter 30 – Marine Spatial Planning. In: SHEPPARD, C. (Ed.). **World Seas: an Environmental Evaluation**. London: Elsevier, 2019. p. 571–592.

FRAZÃO SANTOS, C.; AGARDY, T.; ANDRADE, F.; CALADO, H.; CROWDER, L. B.; EHLER, C. N.; GARCÍA-MORALES, S.; GISSI, E.; HALPERN, B. S.; ORBACH, M. K.; PÖRTNER, H.-O.; ROSA, R. Integrating climate change in ocean planning. **Nature Sustainability**, 2020.

GALPARSORO, I.; CONNOR, D. W.; BORJA, A.; AISH, A.; AMORIM, P.; BAJJOUK, T.; CHAMBERS, C.; COGGAN, R.; DIRBERG, G.; ELLWOOD, H.; EVANS, D.; GOODIN, K. L.; GREHAN, A.; HALDIN, J.; HOWELL, K.; JENKINS, C.; MICHEZ, N.; MO, G.; BUHL-MORTENSEN, P.; PEARCE, B.; POPULUS, J.; SALOMIDI, M.; SÁNCHEZ, F.; SERRANO, A.; SHUMCHENIA, E.; TEMPERA, F.; VASQUEZ, M. Using EUNIS habitat classification for benthic mapping in European seas: Present concerns and future needs. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 12, p. 2630–2638, 2012.

GALPARSORO, I.; BORJA, A.; UYARRA, M. C. Mapping ecosystem services provided by benthic habitat in the European North Atlantic Ocean. **Frontiers in Marine Science**, v. 1, n. July, 2014.

GANDRA, T. B. R.; BONETTI, J.; SCHERER, M. E. G. Utilização do software de apoio à decisão MARXAN para a priorização de áreas de conservação na Zona Econômica-Exclusiva no Sul do Brasil. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. Anais...Santos: INPE, 2017.

GANDRA, T. B. R.; BONETTI, J.; SCHERER, M. E. G. Onde estão os dados para o Planejamento Espacial Marinho (PEM)? Análise de repositórios de dados marinhos e das lacunas de dados geoespaciais para a geração de descritores para o PEM no Sul do Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 44, p. 405–421, 2018.

GANDRA, T. B. R. **Diretrizes metodológicas para o Planejamento Espacial Marinho (PEM) no Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

GERHARDINGER, L. C.; GORRIS, P.; GONÇALVES, L. R.; HERBST, D. F.; VILA-NOVA, D. A.; DE CARVALHO, F. G.; GLASER, M.; ZONDERVAN, R.; GLAVOVIC, B. C. Healing Brazil's Blue Amazon: The Role of Knowledge Networks in Nurturing Cross-Scale Transformations at the Frontlines of Ocean Sustainability. **Frontiers in Marine Science**, v. 4, n. January, 2018.

GERHARDINGER, L. C.; QUESADA-SILVA, M.; GONÇALVES, L. R.; TURRA, A. Unveiling the genesis of a marine spatial planning arena in Brazil. **Ocean e Coastal Management**, v. 179, n. February, p. 104825, 2019.

GILLILAND, P. M.; LAFFOLEY, D. Key elements and steps in the process of developing ecosystem-based marine spatial planning. **Marine Policy**, v. 32, n. 5, p. 787–796, 2008.

HAIMOVICI, M.; CASTELLO, J. P.; VOOREN, C. M. Fisheries. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. (Eds.). **Subtropical convergence environments: the coastal and sea in the Southwestern Atlantic**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1997. p. 183–196.

HARRIS, P. T. Surrogacy. In: HARRIS, P. T.; BAKER, E. K. (Eds.). **Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat**. London: Elsevier, 2012. p. 93–108.

KAISER, H. F. On Cliff's Formula, the Kaiser-Guttman Rule, and the Number of Factors. **Perceptual and Motor Skills**, v. 74, n. 2, p. 595–598, 1992.

KRUG, L. A.; PLATT, T.; SATHYENDRANATH, S.; BARBOSA, A. B. Ocean surface partitioning strategies using ocean colour remote Sensing: A review. **Progress in Oceanography**, v. 155, p. 41–53, 2017.

LESTER, S. E.; COSTELLO, C.; HALPERN, B. S.; GAINES, S. D.; WHITE, C.; BARTH, J. A. Evaluating tradeoffs among ecosystem services to inform marine spatial planning. **Marine Policy**, v. 38, p. 80–89, 2013.

LONG, R. D.; CHARLES, A.; STEPHENSON, R. L. Key principles of marine ecosystem-based management. **Marine Policy**, v. 57, p. 53–60, 2015.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura (2011)**. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), 2011.

NEUMANN, B.; MIKOLEIT, A.; BOWMAN, J. S.; DUCKLOW, H. W.; MÜLLER, F. Ecosystem Service Supply in the Antarctic Peninsula Region: Evaluating an Expert-Based Assessment Approach and a Novel Seascape Data Model. **Frontiers in Environmental Science**, v. 7, p. 157, 2019.

PEREIRA, M. L. M.; BONETTI, J. Caracterização geomorfológica do relevo submarino de áreas marinhas protegidas brasileiras com base em técnicas de análise espacial. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, p. 127–147, 2018.

PAQUETTE, M. L.; BONETTI, C.; BITENCOURT, V. e BONETTI, J. Spatial patterns of benthic foraminifera as a support to the oceanographic characterisation of Arvoredo Biological Marine Reserve (South Atlantic, Brazil). **Marine Environmental Research**, n. 114, p. 40-50, 2016.

ROFF, J. C.; TAYLOR, M. E. National frameworks for marine conservation - A hierarchical geophysical approach. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 10, n. 3, p. 209–223, 2000.

ROFF, J. C.; TAYLOR, M. E.; LAUGHREN, J. Geophysical approaches to the classification, delineation and monitoring of marine habitat and their communities. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 13, n. 1, p. 77–90, 2003.

SAYRE, R. G. et al. A three-dimensional mapping of the ocean based on environmental data. **Oceanography**, v. 24, n. 3, p. 162–173, 2017.

SHERMAN, K. The Large Marine Ecosystem Concept: Research and Management Strategy for Living Marine Resources. **Ecological Applications**, v. 1, n. 4, p. 349–360, 1991.

SHERMAN, K. Toward ecosystem-based management (EBM) of the world's large marine ecosystems during climate change. **Environmental Development**, v. 11, p. 43–66, 2014.

SILVA, A. P. O novo pleito brasileiro no mar: A plataforma continental estendida e o projeto Amazônia Azul. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 56, n. 1, p. 104–121, 2013.

SMITH, G.; BRENNAN, R. E. Losing our way with mapping: Thinking critically about marine spatial planning in Scotland. **Ocean e Coastal Management**, v. 69, p. 210–216, 2012.

SPALDING, M. D. et al. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. **BioScience**, v. 57, n. 7, p. 573, 2007.

WRIGHT, D. J.; HEYMAN, W. Introduction to the special issue: Marine and Coastal GIS for Geomorphology, habitat mapping, and marine reserves. **Marine Geodesy**, v. 31, n. 4, p. 223–230, 2008.

VERFAILLIE, E.; DEGRAER, S.; SCHELFAUT, K.; WILLEMS, W.; VAN LANCKER, V. A protocol for classifying ecologically relevant marine zones, a statistical approach. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 83, n. 2, p. 175–185, 2009.

Tiago Gandra é oceanógrafo, Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Professor nos Cursos Técnicos em Geoprocessamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS). É especialista em análise espaço-temporal de dados em softwares livres, utilizando este instrumental em diversas áreas do conhecimento.
E-mail: tiago.gandra@riogrande.ifrs.edu.br CV: http://lattes.cnpq.br/8370478243309846

Jarbas Bonetti é geógrafo, Mestre em Oceanografia Geológica e Doutor em Ciências (Geografia Física), ambos pela Universidade de São Paulo. Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), onde coordena o Laboratório de Oceanografia Costeira - LOC. Seus principais interesses científicos referem-se ao emprego de técnicas de análise espacial no mapeamento da geodiversidade marinha e avaliação da vulnerabilidade costeira. É um dos autores do capítulo “Developments in Marine Spatial Planning” no “Regular Process for Global Reporting and Assessment of the State of the Marine Environment”, publicado em 2020 pela Organização das Nações Unidas (DOALOS/ONU).
E-mail: jarbas.bonetti@ufsc.br. CV: http://lattes.cnpq.br/0024793279904352 e ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4564-251X

Marinez Eymael Garcia Scherer é bióloga, Doutora em Ciências do Mar pela Universidade de Cádiz, Espanha e Professora Associada da Universidade Federal de Santa Catarina, onde coordena o Laboratório de Gerenciamento Costeiro Integrado - LAGECI. É treinadora certificada em Planejamento Espacial Marinho, tendo treinado equipes no Brasil, Suriname e Argentina. Faz parte de um grupo temático de especialistas para apoiar o Grupo Global de Especialistas em Planejamento Espacial Marinho (COI-UNESCO) durante a redação do Guia Internacional para o Planejamento Espacial Marinho.
E-mail marinez.scherer@ufsc.br CV: http://lattes.cnpq.br/7926211518184443 e ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3059-0019

Capítulo 20

Geopolítica do Atlântico Sul

Marcos L. de Almeida

Introdução

A união de ciências exatas com ciências sociais é sempre um desafio para o intelecto humano, na medida em que enseja a descoberta de conexões de uma realidade existencial ainda muito além da nossa compreensão.

À medida que a civilização se organiza e o avanço das tecnologias descortinam novas possibilidades de visão e de interpretação dos fenômenos da natureza, nela incluído o ser humano, nos deparamos com uma complexidade cada vez maior, principalmente pela característica transicional desses fenômenos e a dificuldade intrínseca de encaixá-los na variável tempo, com a alternância natural dos observadores e dos instrumentos de observação em uma série histórica consistente.

O constante atrito entre as diversas visões científicas nos leva à busca de uma visão completa que nos permita a compreensão não apenas dos fenômenos, mas da natureza como um todo, uma visão holística. Nesse sentido, o reconhecimento de que todos os modelos e teorias científicos são aproximados e limitados é fundamental para a compreensão da ciência contemporânea.

De acordo com Kuhn (1997 *apud* Capra e Luidgi, 2014, p. 25-26), as rupturas revolucionárias da ciência ocorrem com quebras de continuidade chamadas “mudança de paradigma”, em que o paradigma científico inclui conceitos, técnicas e, também, valores. De modo que "os valores não são periféricos à ciência, nem às suas aplicações à tecnologia, mas constituem sua própria base e sua força motriz".

▪ COMO CITAR:
ALMEIDA, M. L. de. Geopolítica do Atlântico Sul. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 473-490. ISBN 978-65-992571-0-0

De modo que os valores não são periféricos à ciência, nem as suas aplicações à tecnologia, mas constituem sua própria base e sua força motriz. (Capra e Luidgi, 2014, p. 26)

Ao tratarmos do mar, podemos verificar que o desenvolvimento das ciências do mar, ou melhor seria dizer, das ciências no mar, estão literalmente mergulhadas em valores antes restritos aos domínios terrestres, mas cuja percepção foi sendo ampliada à medida que os povos foram sendo beneficiados pela exploração do mar.

Há, porém, alguns paradigmas que parecem aguardar a mudança de valores para então romperem a linearidade da ciência, tal como acontece com o mar. Apesar de ocupar cerca de setenta e um por cento da superfície do planeta e abrigar uma quantidade e diversidade biológica imensamente maior que a superfície terrestre emersa, o trato das questões relativas ao mar ainda não assume a relevância devida, talvez pelo fato de o homem não viver no mar.

Se considerarmos que as primeiras realizações das ciências do mar ocorreram no primeiro século a. C. – por exemplo, no que concerne ao relevo do fundo do mar, a variação do contorno dos continentes e dos oceanos, e ao mecanismo do quebrar das ondas, pelo cientista grego Strabão (60 a. C.) –, é relevante destacar que um maior impulso somente ocorreu após o lançamento da obra de Matthew Fontaine Maury, intitulada "A Geografia Física do Mar"[1], em 1855, e com a famosa expedição de exploração do alto mar pelo navio *Challenger*, que partiu de Porthsmouth em dezembro de 1872. (Carrington, 1960, p. 228-231)

Quais foram as transformações políticas, sociais, econômicas e tecnológicas que mais influenciaram o desabrochar das ciências do mar em um lapso de dezenove séculos? Quais valores sofreram mais impacto das mudanças de paradigmas ocorridas nesse intervalo?

Pode-se dizer que o trabalho de Rudolf Kjellén, no contexto da teoria geral do Estado, muito contribui para tal análise, aliado aos de Ratzel, Haushofer e Maull, dentre outros. Refere-se às oscilações das ideias de poder do Estado, embora as concepções sofram influência de cada época, sintonizadas com as variadas correntes de opinião na história da civilização.

O desenvolvimento do trabalho de Kjellén levou a várias teorias sobre a relação do Estado e o seu solo, as quais confluíram para a concepção da Geopolítica. Em síntese, poder-se-ia defini-la como o estudo dos processos políticos que ocorrem em correlação com o solo, que busca, de modo científico, delinear as diretrizes da política nacional e internacional do Estado. (Backheuser, 1948, p. 67)

Há autores que preferem uma distinção na análise da interação das diversas contribuições das ciências exatas e sociais, atribuída à disciplina de Geografia Política, que usaria uma moldura integrada, regional e espacial. Esse enfoque permitiria compreender e responder adequadamente ao entrelaçamento de tendências subjacentes à maioria das crises atuais dentro dos Estados – frequentemente enraizadas na pobreza, desigualdade social, intolerância racial, abuso crônico dos direitos humanos e disputas territoriais locais – que se prestariam às teorias geopolíticas (Demko e Wood, 1999, p. 5).

No entanto, uma análise mais depurada nos permite considerar que, atualmente, os termos Geografia Política e Geopolítica se aproximam conceitualmente, apesar de haver uma tendência analítica mais descritiva na primeira e, na outra, mais pragmática para aplicação nas relações internacionais.

O intuito deste breve trabalho, diante da magnitude do tema, é apenas apresentar ao leitor a complexidade da integração do mar aos conceitos trabalhados na Teoria Geral do Estado e, por conseguinte, na Geopolítica – bem como da interligação entre as diversas ciências atualmente

[1] "*The Physical Geography of the Sea*"

reconhecidas no contexto dos espaços marítimos – e apresentar, de modo sucinto, a Geopolítica do Mar, com ênfase para a parcela do oceano *design*ada como Atlântico sul.

O mar, a Geografia e a política internacional

A visão sobre o mar tem se alterado ao longo da história, desde a sua configuração como um obstáculo lendário e místico até a de um bem comum de relevância inestimável para a vida no planeta. No entanto, é interessante, do ponto de vista geopolítico, a argumentação de que "o tratamento tradicional dado ao alto mar como um bem comum não derivava da ab-rogação do princípio de soberania do Estado. Ele meramente refletia a falta de percepção sobre a necessidade de se exercer um controle sobre tão vasto e ilimitado recurso"[2], feita por Murphy (1999, p. 236, tradução nossa).

É nesse sentido que analisaremos a contextualização do mar pela Geografia e a sua inserção nas relações internacionais, recordando a observação de Spykman: "*Geografia é o fator mais fundamental nas políticas de relações exteriores dos Estados porque é a mais permanente*."[3] (Gray, 1977, p. 1)

Nesse mister, é importante perceber que o termo Estado não possui, ainda, uma compreensão geral correta, sendo geralmente substituído por país, cujo conceito possui uma raiz geográfica, concernente ao respectivo território. No contexto das relações internacionais, porém, a relevância do Estado se destaca, especialmente quando discutimos soluções para diversas questões, tais como: governança global; impacto das transformações globais no conceito de fronteiras; conflitos territoriais e nacionalistas remanescentes no século XXI; impactos sociais dos avanços tecnológicos; e degradação dos recursos naturais.

No tocante às fronteiras, considerando-se as quatro finalidades básicas para sua delimitação – distinguir o que é de quem; proteger o território nacional; isolar o Estado; e facilitar o intercâmbio –, Ratzel destaca que somente o mar atende as quatro finalidades, pois separa os territórios, protege de modo particular em vista da dificuldade de uma invasão por via marítima, isola quando for de interesse impedir o contato com o estrangeiro, e ao mesmo tempo é o grande conector de povos. (Backheuser, 1948, p. 96-97)

Observando-se as transformações havidas no mundo desde a Segunda Grande Guerra Mundial, podemos observar que alguns conceitos sofreram transformações complexas. Cohen (1999, p. 43-44) se refere a um novo conceito de Geopolítica, muito além do estudo aplicado das relações entre o espaço geográfico e a política e do mero expansionismo do Estado em termos geográficos. Essa nova Geopolítica, segundo Cohen, possui seu foco na evolução deste mundo político como um sistema interdependente em várias escalas – desde a nacional e transnacional até a local. Envolve o estudo geopolítico das forças econômica, social e política transnacionais, bem como o impacto das mudanças tecnológicas nos movimentos populacionais. Além disso, sua análise da interdependência dos processos econômicos, culturais, sociais e políticos, dentro de um ambiente espacial em transformação, o leva a concluir que essa nova Geopolítica pode influenciar as considerações estratégicas militares e colocar a competição econômica no mesmo nível das disputas de poder militar.

[2] *The traditional treatment of the open ocean as a "commons" did not grow out of an abrogation of the principle of state sovereignty. It merely reflected the lack of any perceived need to exercise control over such a vast and limitless resource.*

[3] *Geography is the most fundamental factor in the foreign policy of states because it is most permanent. [Nicholas J. Spykman]*

Entretanto, nas análises e considerações geopolíticas sobre o mar, ainda persiste em vários autores uma visão restrita sobre o reino marítimo da Geopolítica, no tocante à dependência do comércio e da importância para a Defesa. Isso foi chamado de "cegueira de envolvimento" por Anatol Rapoport, que significa dizer que há uma tendência de alguns especialistas focarem de modo bastante restrito apenas em sua área de expertise, o que acaba por ignorar a extensão do conhecimento para outras áreas de uma teia das ciências. (Booth, 1985, p. 5)

Essas análises com visões restritas nos revelam, também, uma carência de informações sobre o potencial do mar para fornecer recursos naturais em substituição ou complementação àqueles obtidos do reino continental, o que pode ser consequência da complexidade e custo das pesquisas científicas no mar, bem como da baixa viabilidade econômica, no presente, da exploração dos recursos marinhos.

Não obstante, é muito importante considerar que uma premissa da paz mundial, da convivência harmônica entre as nações, reside no respeito ao direito de todos os Estados continuarem existindo e com um meio ambiente saudável, o que se tornaria inviável diante de uma catástrofe ecológica que afetasse todas as nações. Podemos dizer que desta premissa deriva a preocupação das grandes potências e dos países desenvolvidos com o desenvolvimento sustentável, já que nenhum Estado conseguiria desenvolver-se isoladamente e que o alastramento da pobreza, a deterioração do meio ambiente e o crescimento populacional estão inextricavelmente relacionados.

O Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento[4] – também conhecido por "Brundtland *Report*" – é muito esclarecedor nesse tema, revelando a importância de políticas comuns para o enfrentamento de problemas comuns:

> 10. O crescimento não estabelece limites em termos de população ou de uso dos recursos além dos quais ocorreria um desastre ecológico. Os limites diferem para o uso de energia, de material, de água e de terra. Muitos deles se manifestarão por si mesmos na forma de elevação de custos e diminuição de retornos, em vez de uma perda súbita na base de recursos. O conhecimento acumulado e o desenvolvimento tecnológico podem melhorar a capacidade de produção da base de recursos. Mas há limites últimos, e a sustentabilidade requer que bem antes de serem atingidos, o mundo garanta acesso equitativo ao recurso limitado e reoriente os esforços tecnológicos para aliviar o impacto presumido.
>
> 11. Obviamente, o crescimento e o desenvolvimento envolvem mudanças no ecossistema físico. Todo ecossistema, em qualquer lugar, não pode ser preservado intacto. Uma floresta pode ser depredada em uma parte de uma bacia hidrográfica e ampliada em outro lugar, o que não é uma coisa ruim, se a exploração tiver sido planejada e os níveis de erosão do solo, os regimes hídricos e as perdas genéticas tiverem sido levados em conta. Em geral, não é preciso esgotar os recursos renováveis, como florestas e peixes, desde que sejam usados dentro dos limites de regeneração e crescimento natural. Mas a maioria dos recursos renováveis faz parte de um ecossistema complexo e interligado, e é preciso definir a produtividade máxima sustentável uma vez levados em conta os efeitos da exploração sobre todo o sistema.
>
> 12. Quanto aos recursos não-renováveis, como minerais e combustíveis fósseis, o uso reduz o estoque disponível para as futuras gerações. Mas isto não significa que esses recursos não devam ser usados. Em geral, as taxas de uso devem levar em conta a criticidade do recurso, a disponibilidade de tecnologias que minimizem sua depredação, e as chances de se encontrarem substitutos. (...) No caso de minerais e combustíveis fósseis, deve-se dosar a taxa de diminuição dos estoques e o empenho na reciclagem e no uso econômico, para garantir que o recurso não se esgote antes de substitutos aceitáveis estarem disponíveis. O desenvolvimento sustentável requer que a taxa de destruição de recursos não-renováveis considere a exclusão do mínimo possível de opções para o futuro.

[4] *World Commission on Environment and Development (WCED)*

> (...)
>
> 14. Os chamados bens livres, como o ar e a água, também são recursos. As matérias primas e a energia dos processos de produção são apenas parcialmente convertidos em produtos utilizáveis. O resto se transforma em resíduos. O desenvolvimento sustentável requer que os impactos adversos sobre a qualidade do ar, da água e de outros elementos naturais sejam minimizados, de modo a manter a integridade do ecossistema.
>
> 15. Em essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual a explotação dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão todos em harmonia e reforçam tanto o potencial presente e futuro de modo a atender às necessidades e aspirações humanas. (WCED, 1987, p. 42-43, tradução nossa)

Em termos práticos relativos ao mar, esse imenso ecossistema, o Relatório de Brundtland nos diz que de nada adianta os países desenvolvidos terem as melhores práticas possíveis para manter os ecossistemas marinhos saudáveis e um consumo de recursos não-renováveis com taxas restritas para garantir seus usos pelas gerações futuras, se os países em desenvolvimento não adotarem políticas que também sejam sustentáveis.

Não fosse a conformação do sistema internacional moderno – em que a prevalência dos interesses nacionais, a supremacia da soberania estatal e a diversificação das fontes de poder geram constantes controvérsias entre os interesses dos diversos países, inclusive ideológicos – seria fácil chegar a um consenso sobre a forma e sob qual autoridade se determinariam as quotas para utilização dos recursos naturais em geral. Se em espaços comuns, como nos oceanos, é viável se construírem alguns consensos por intermédio de organizações multilaterais e regionais, o mesmo não ocorre com frequência quando os recursos ou os processos ocorrem dentro dos limites nacionais.

É nesse sentido que o Direito Internacional se apresenta como uma "técnica de paz", segundo Mirkine, não sendo hoje uma simples abstração, mas sim uma realidade do mundo moderno que flexibiliza as concepções radicais de soberania, uma vez que nenhum Estado sobreviveria absolutamente isolado (Cunha, 1973, p. 39).

No entanto, enquanto Krasner (2009) preserva a soberania convencional no tocante aos Estados bem governados, também deixa claro que, "*no futuro, uma melhor governança doméstica, em Estados mal governados, falidos ou ocupados, requererá a transcendência de regras aceitas, inclusive com a criação de soberania compartilhada em determinadas áreas*." (Krasner, 2009, p. 232).

Apenas no século 20 que as atenções para o mar começaram a se intensificar, de modo a se elaborar uma codificação relativa aos direitos sobre os recursos dos oceanos. E embora se tenha chegado, em 1958, a quatro Convenções sobre aspectos específicos do mar, somente em 1982 se conseguiu aprovar a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), que representa um marco significativo, até hoje, para a gestão e uso dos oceanos.

A CNUDM trata dos seguintes espaços marítimos: águas interiores, águas arquipelágicas, mar territorial, zona econômica exclusiva, plataforma continental, alto mar e área (Figura 20.1); cada um com seu regime jurídico específico. Cabe mencionar que a zona contígua não foi incluída dentre os espaços marítimos, uma vez que o Estado não possui soberania, direitos de soberania, direitos exclusivos ou jurisdição nesse espaço, que serve unicamente para medidas preventivas com relação ao mar territorial, além de, normalmente, sobrepor-se à zona econômica exclusiva.

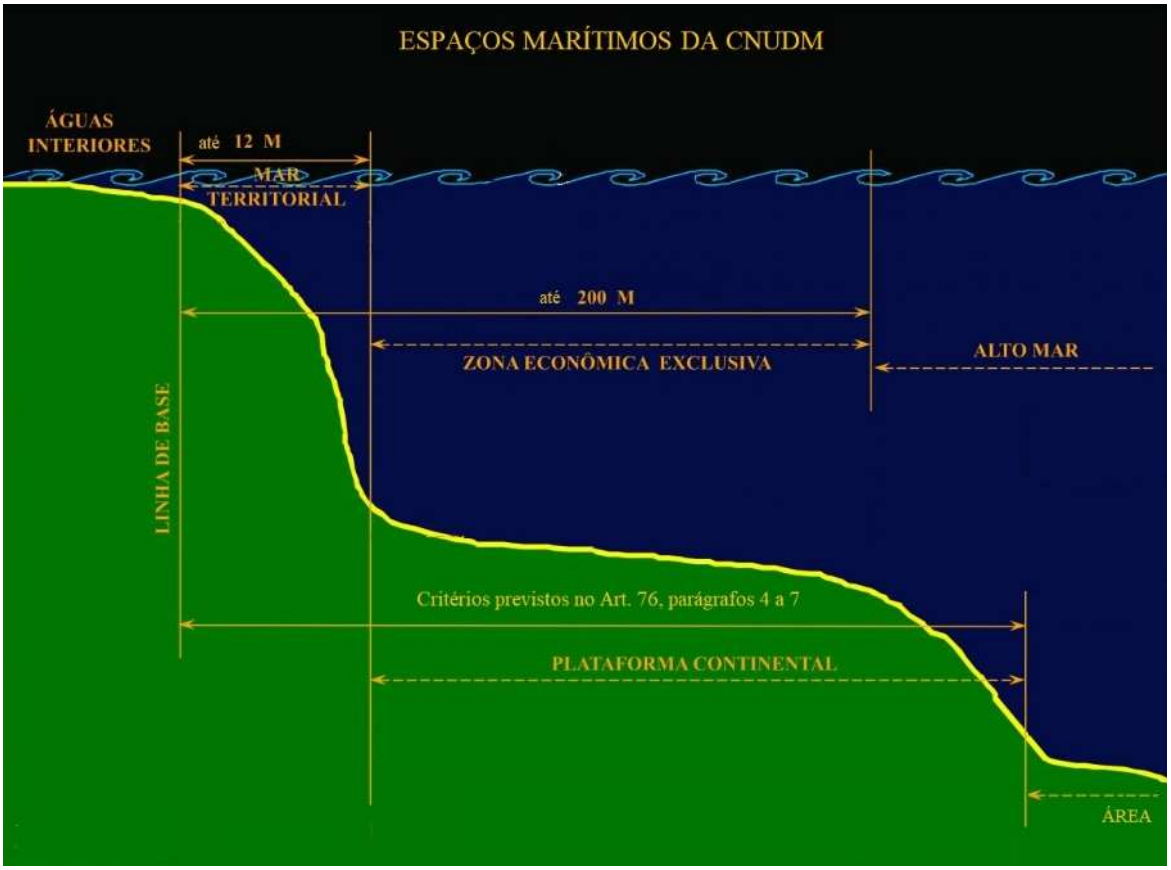


Figura 20.1. Ilustração dos Espaços Marítimos, conforme a CNUDM.
Fonte: DHN (com alterações feitas pelo autor)

Quanto aos espaços marítimos tratados pela CNUDM, sem entrar nas diversas peculiaridades do Direito do Mar, é relevante destacar que cabe ao Estado costeiro a delimitação do mar territorial, da zona econômica exclusiva e da plataforma continental, em conformidade com a Convenção. No caso da plataforma continental, as informações dos limites exteriores que ultrapassem as 200 milhas náuticas, contadas a partir das linhas de base, devem ser submetidas pelo Estado costeiro à Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC) – órgão independente criado pela CNUDM e submetido aos seus dispositivos (*Treaty Body*) – à qual cabe exclusivamente fazer recomendações ao Estado costeiro sobre questões relacionadas com o estabelecimento dos limites exteriores da sua plataforma continental.

Embora a declaração do presidente norte-americano Truman reivindicando jurisdição e controle sobre os recursos naturais da plataforma continental contígua, em 1945, tenha tido um efeito catalizador das atenções e provocado uma onda de reivindicações exageradas sobre a largura do mar territorial – até então sem consenso no âmbito internacional –, foi também responsável por introduzir a plataforma continental no domínio do direito internacional. (Thomas, 1999, p. 83) No entanto, para a correta compreensão do significado do termo, faz-se necessário o esclarecimento de Kapoor (1986),

> *"Em primeiro lugar é preciso reconhecer que a plataforma geológica continental não é a mesma da plataforma jurídica. (...) a plataforma geológica é uma parte da margem continental que envolve os continentes como uma extensão submersa."* Kapoor (1986, p. 62, tradução nossa).

A controvérsia maior, porém, ficou por conta da Área – que significa o leito do mar e o fundo oceânico e seus subsolos, além dos limites das jurisdições nacionais – que teria aumentado sua importância estratégica ao longo da III Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, da qual resultou a CNUDM. Segundo Booth (1985, p. 126-128), estrategicamente mais importante do que a gestão da mineração do fundo oceânico era a questão do controle dos sistemas de detecção de submarinos e outras atividades militares, que supostamente estariam ou poderiam ser instalados no fundo dos oceanos.

A Parte XI da CNUDM, que trata da área, teve tantas controvérsias que foi necessária uma iniciativa, em 1990, do Secretário-Geral das Nações Unidas – depositário fiel da CNUDM – voltada à universalização da Convenção, por meio de consultas informais, que resultou na aprovação do Acordo relativo à Implementação da Parte XI da CNUDM, em 1994 – mesmo ano em que a Convenção entrou em vigor. (United Nations, 1997, p. 208-213)

Ao considerarmos que toda a superfície terrestre já foi descoberta e se encontra dividida politicamente entre os diversos Estados que formam a sociedade internacional, diferentemente do passado – quando houve vários movimentos de descobertas de novas terras –, verificamos que, atualmente, só restam duas opções para novas partilhas e descobertas: o Oceano e a Antártica. É com base nessa constatação que desenvolveremos o enfoque sobre a Geopolítica do Mar.

A Geopolítica do Mar e o Atlântico Sul

Ao adentrarmos na análise da Geopolítica do Mar, faz-se importante destacar, como Backheuser o faz,

> (...) que os Estados, apesar da mutabilidade das gerações e até dos governos, parecem, no fundo, permanecer os mesmos em seus objetivos políticos, ao menos os de ordem territorial, os quais só de longe em longe sofrem alterações substanciais. (...) Êsse modo de ser dos Estados é tanto do presente como do passado. E acaso é visto melhor nos tempos idos que nos atuais, pois nos dias presentes cada ambicioso imperialista, "conquistador de espaço", sabe ardilosamente camuflar os seus propósitos de expansão. (Backheuser, 1945, p. 29-30)

As transformações globais se refletem de diversas formas documentais e podem ser visualizadas nas alterações conceituais, designatórias, analíticas e representativas nos documentos, livros, mapas etc. Um exemplo bastante esclarecedor se verifica nos contrastes e alinhamentos entre as visões políticas que predominavam em um período e as visões posteriores, p. ex.:

> *"(...) A fraqueza tecnológica da China e a falta de desenvolvimento industrial em geral dão à União Soviética um espaço para respirar; mas, eventualmente, bem mais de um bilhão de chineses devem vir a colocar em sério risco toda a posição soviética no Extremo Oriente*." (Gray, 1977, p. 38, tradução nossa)[5]

Atualmente, as mudanças ocorridas na China e a desintegração da União Soviética demonstram a criticidade de algumas transformações, quer sejam derivadas de políticas governamentais, de revoluções tecnológicas ou fenômenos sociais.

[5] "(…) *China's technological weakness and general lack of industrial development affords the Soviet Union a breathing space; but eventually, well over a billion Chinese must come to place at serious risk the entire Soviet position in the Far East*."

Outro exemplo são as alterações nas rotas marítimas, que acarretaram diversos impactos sociais, econômicos e culturais. Como podemos observar na Figura 20.2, a abertura do Canal de Suez, em 1869, e do Canal do Panamá, em 1914, representaram significativas alterações logísticas e econômicas, ao mesmo tempo em que criaram áreas com alto valor estratégico e, portanto, vulneráveis.



Figura 20.2 Rotas marítimas anteriores e posteriores aos canais do Panamá e Suez.
Fonte: http://eldibpandi.com/suez-canal-regulations-on-tolls/

Recentemente, ocorreram novas alterações nas rotas marítimas (Figura 20.3), devido ao surgimento de áreas marinhas degeladas no Ártico, que abrem novas possibilidades para o comércio marítimo internacional, entre outras atividades que passam a ser viáveis. Isso significa dizer que o Ártico ganha uma nova perspectiva e, portanto, com novos valores estratégicos e políticos.

Como a maior porção terrestre continental situa-se no hemisfério norte, é natural que haja um fluxo de tráfego marítimo mais intenso do que no hemisfério sul. As rotas marítimas no hemisfério sul, além de contemplarem os Estados nele situados, destinavam-se a contornar o Cabo da Boa Esperança, o Cabo Horn ou se destinavam ao continente antártico. Essas rotas propiciavam o comércio e as trocas culturais nos portos de escala dos navios. Com o desimpedimento das barreiras geográficas que forçavam as rotas para o sul, com a abertura dos canais de Suez e do Panamá, o espaço geopolítico do Atlântico Sul perdeu uma parcela de sua relevância, com o consequente enfraquecimento da cadeia produtiva relativa às atividades que lhes eram decorrentes.

Com a abertura do Ártico para a navegação, outras transformações começam a ocorrer, juntamente com as suas consequências positivas e negativas, inclusive uma provável redução das rotas no Índico e no canal de Suez.

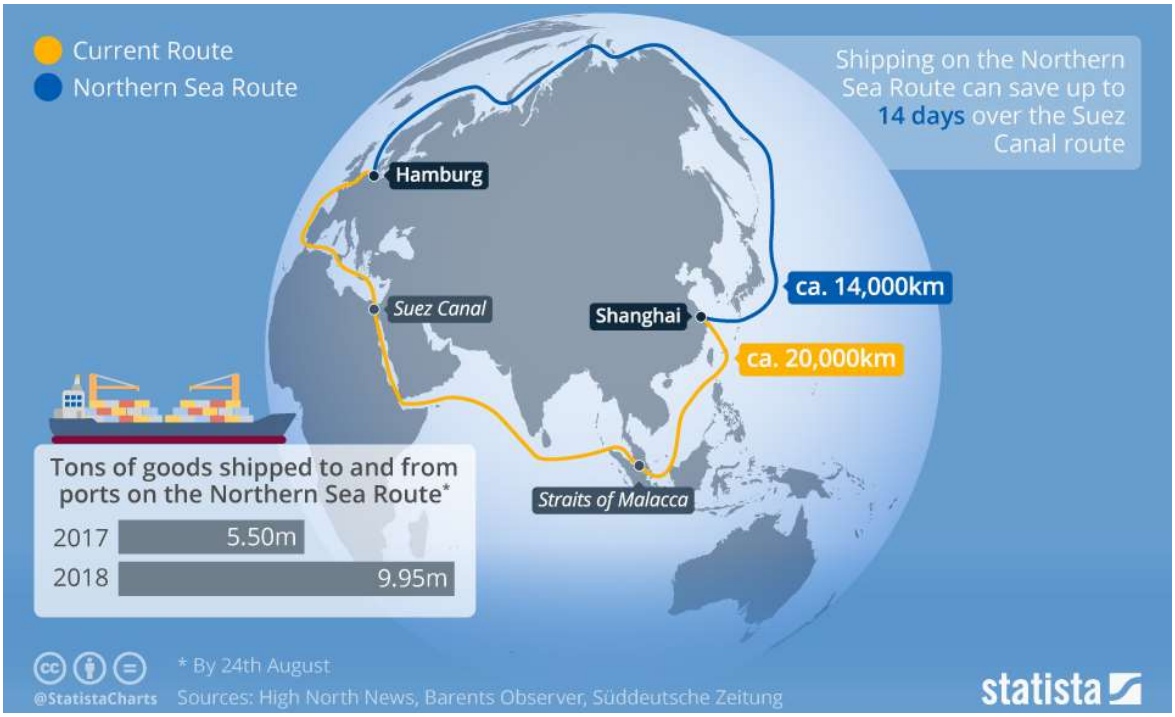


Figura 20.3. Rota marítima pelo Ártico, como alternativa a do canal de Suez.

Fonte: https://www.statista.com/chart/15279/northern-and-southern-sea-routes-between-europe-and-east-asia/

As duas Guerras Mundiais ocasionaram expressivas alterações no mundo, especialmente nas divisões político-geográficas que espelham as diversas áreas de influência dos Estados desenvolvidos e/ou poderosos. Se observarmos o mapa da Figura 20.4, relativo aos alinhamentos políticos após a I Guerra Mundial, em 1919, podemos constatar as várias áreas de influência na África e na Ásia, com um número de Estados expressivamente menor do que hoje, bem como nenhuma menção de domínios no mar.

Essa situação vai se transformando, como podemos observar na Figura 20.5, com o surgimento de diversos novos Estados, que ocasionam a modificação na composição da sociedade internacional, nas demandas da agenda internacional e na forma das relações entre os Estados, principalmente com as antigas metrópoles.

Essa mudança política suscitou o surgimento de novos Estados costeiros, ou seja, de novos atores no cenário marítimo. No caso do Atlântico Sul, em particular, já prejudicado em termos de rotas marítimas, com a abertura dos canais de Suez e do Panamá, as características dos novos Estados da costa africana ocidental apresentam baixas perspectivas de desenvolvimento e, menos ainda, de governança dos espaços marítimos. É nessa questão da governança que aprofundaremos a análise da Geopolítica do Mar.

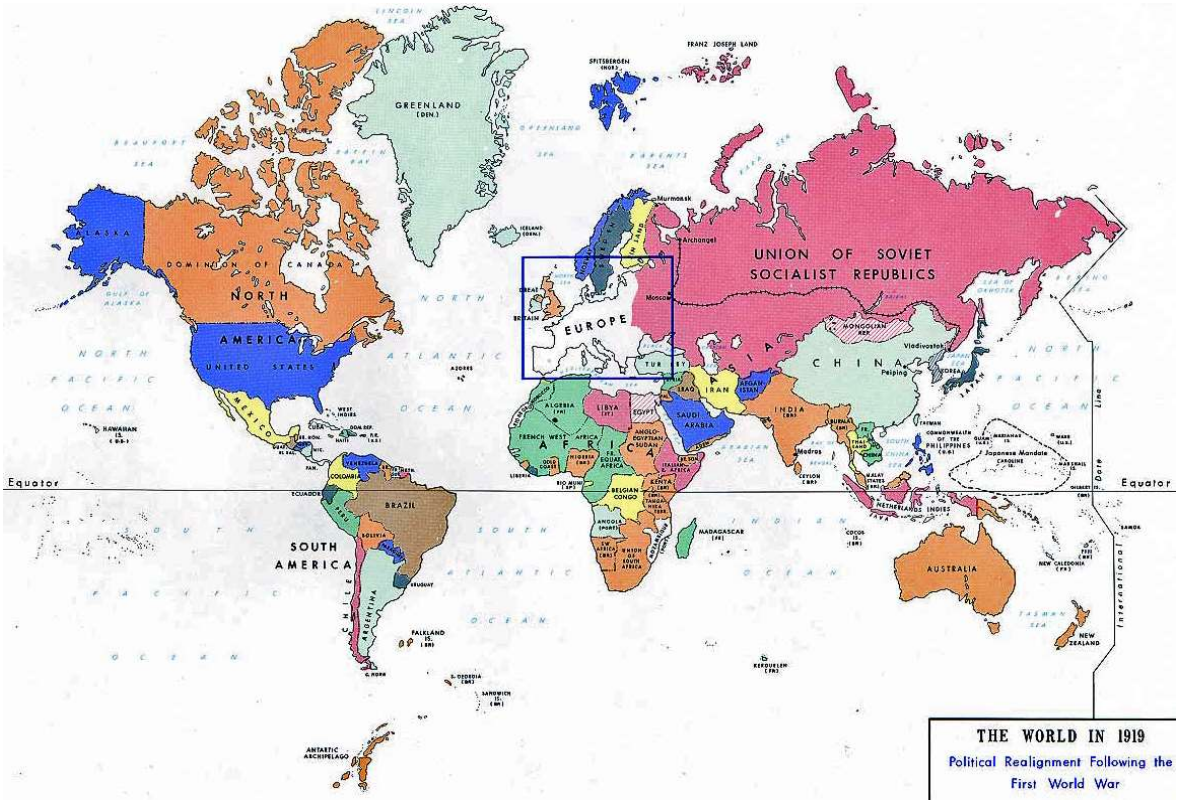


Figura 20.4. Divisões políticas do mundo em 1919
Fonte: http://www.emersonkent.com/map_archive/world_map_1919.htm

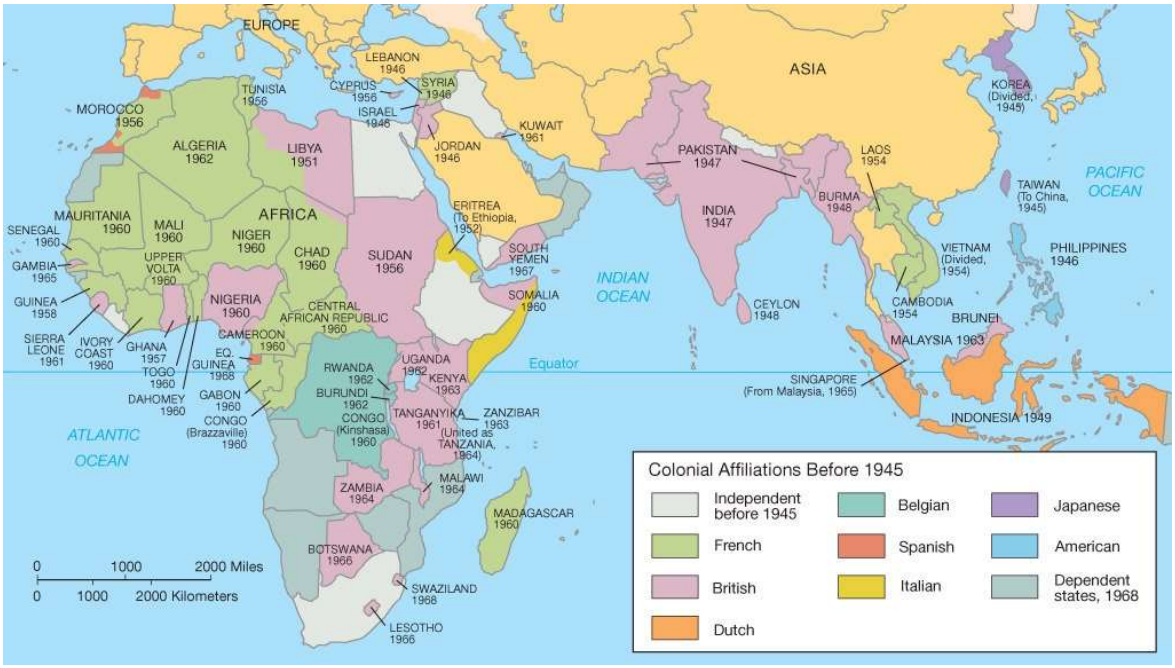


Figura 20.5. Surgimento dos novos Estados no pós-Guerra
Fonte: https://pwerth.faculty.unlv.edu/Asia-decolonization-2.jpg

Ao recordar as ideias de von Büllow, autor do livro "O Espírito do Novo Sistema de Guerra"[6], publicado em 1799, Strausz-Hupé (1972, p. 16) cita a frase de abertura do capítulo intitulado "*As Fronteiras Naturais dos Grandes Estados Europeus Definidas e as Guerras do Futuro como Previstas pelo Autor*"[7], que apresenta duas questões básicas da Geopolítica – o processo de expansão e as fronteiras – com um viés bastante realista àquela época:

> ***"Enquanto houver algo para dividir ou para se apossar, haverá guerras**. Essas guerras não cessarão até que os grandes Estados agora existentes tenham atingido suas fronteiras naturais."*[8] (grifo nosso)

A afirmativa de von Büllow merece uma análise minuciosa, pois, mesmo com o contraste entre a sua época e o mundo contemporâneo, que viveu uma fase de descolonização e experimenta o fenômeno da globalização, ainda observamos relações peculiares, que permeiam as possibilidades alternativas à soberania convencional, tais como as regras aplicadas nos protetorados. A configuração das Zonas Econômicas Exclusivas da França, mostradas na Figura 20.6, ilustram essa situação.

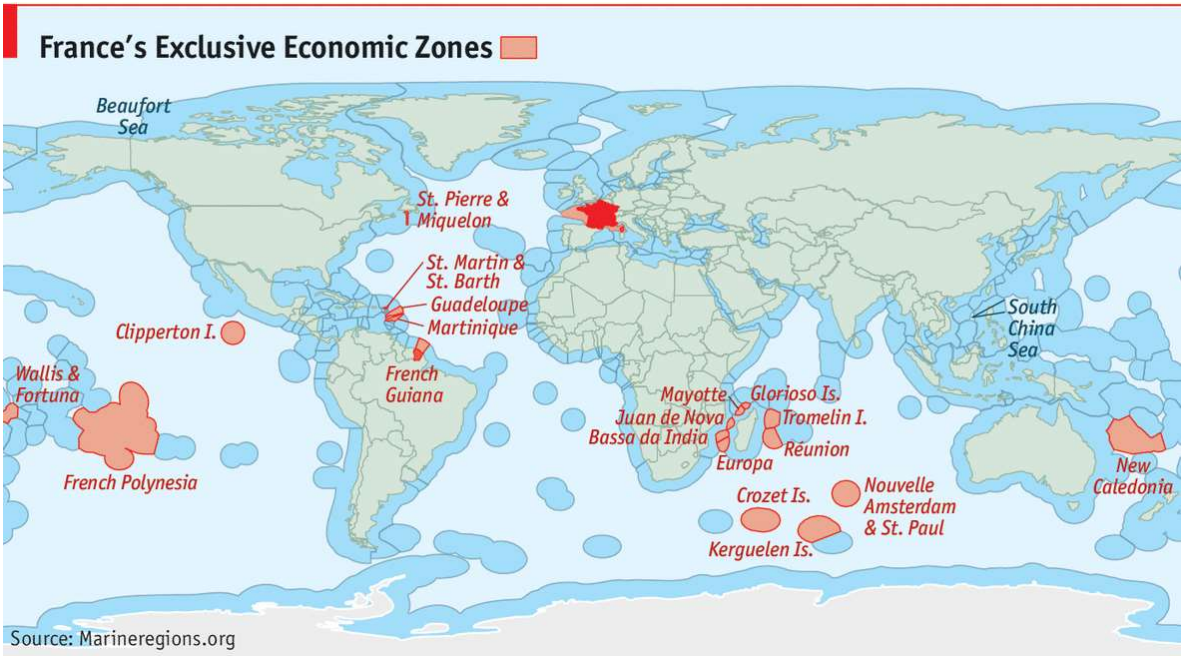


Figura 20.6. Zonas Econômicas Exclusivas da França.

Fonte: https://www.economist.com/graphic-detail/2016/01/13/drops-in-the-ocean-frances-marine-territories

No tocante ao sucesso representado pela aprovação da CNUDM, apesar das questões então ainda não resolvidas sobre a mineração na Área (Parte XI da CNUDM), Murphy (1999, p. 237), faz uma observação interessante, no sentido de que, em vez de dividir os oceanos em territórios

[6] *The Spirit of the New System of War*.

[7] *The Natural Frontiers of the Great European States Defined and the Wars of the Future as Foreseen by the Author*.

[8] *As long as there is anything to divide or to take, there will be wars. These wars will not cease until the great states now existing have reached their natural frontiers.*

nacionais, a Convenção estabeleceu um sistema cooperativo em que as regras eram estabelecidas por uma autoridade internacional e não independentemente pelos Estados. Isso é claro quanto à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos[9] e, por exemplo, pelas organizações regionais de ordenação pesqueira. Todavia, várias críticas apontam para diversas questões cuja indefinição ou a margem interpretativa de termos empregados acabam por ficar a critério dos Estados, com grande potencial de gerar controvérsias e não solucionar questões reminiscentes.

Por outro lado, ao abordar os efeitos da globalização na gradual erosão da primazia da soberania nacional, Thakur (2002, p. 268-269) aponta para o enfraquecimento das fronteiras, uma vez que as ações dos governos, mesmo dentro de suas fronteiras, podem ser submetidas ao escrutínio internacional, bem como as organizações internacionais – no exercício de seus direitos e deveres – poderiam adentrar as fronteiras. Esses argumentos visam a embasar as ações relativas ao estabelecimento de uma governança global, uma vez que os países desenvolvidos necessitariam tomar alguma ação para mudar a realidade da segurança humana, em que bilhões de pessoas vivem na mais absoluta pobreza.

Em termos geopolíticos atuais, o Atlântico Sul é estratégico para o comércio marítimo dos países lindeiros, bem como para acesso ao continente antártico. Apesar de haver autores que listem o estabelecimento de uma "Zona de Paz e Cooperação do Atlântico Sul" (ZOPACAS) como de caráter geopolítico, que se superpõe ao previsto no Art. 88 da CNUDM – "o alto mar deve ser reservado para propósitos pacíficos" (United Nations, 1997, p. 54, tradução nossa) –, tal iniciativa nos parece refletir uma retórica que tem se mostrado ineficiente.

Desafios geopolíticos do Atlântico Sul

A questão crucial relativa ao mar continua sendo a conscientização dos Estados - em especial os em desenvolvimento - sobre a importância do mar para o seu desenvolvimento e para a sustentação da vida no planeta.

Anualmente, a Resolução da Assembleia Geral das Nações Unidas (AGNU) sobre oceanos e direito do mar afirma a necessidade de os problemas do espaço oceânico estarem intimamente inter-relacionados e precisarem ser considerados como um todo, por meio de uma abordagem integrada, interdisciplinar e intersetorial [10]. Na prática, porém, em muitos Estados, continua-se a tratar do mar como um bem comum sem muita prioridade, haja vista as severas problemáticas domésticas das crises permanentes da economia interna, do alastramento da pobreza, da falta de saneamento, do tratamento indevido dos resíduos sólidos, da saúde pública etc.

No Relatório da Comissão para África (Commission for Africa, 2005, p. 85), intitulado "Nosso interesse comum"[11], reconhece-se a difícil tarefa de mudar a herança da trágica dificuldade histórica da África, que está arraigada em uma série de ciclos viciosos. Para alcançar a boa governança e a paz e segurança, que conjuntamente propiciariam o desenvolvimento em todos os seus aspectos, requer-se a infraestrutura necessária para apoiar as atividades econômicas. Entretanto, infelizmente, não há qualquer menção aos usos do mar ou a instalações portuárias, fundamentais para o desenvolvimento do comércio.

[9] *International Seabed Authority (ISA)*

[10] A/RES/74/19 - *Oceans and the law of the sea.* (…) *Conscious that the problems of ocean space are closely interrelated and need to be considered as a whole through an integrated, interdisciplinary and intersectoral approach* (…). (https://www.un.org/Depts/los/general_assembly/general_assembly_resolutions.htm)

[11] *Our Common Interest*. (www.commissionforafrica.info/2005-report)

Apenas na reavaliação publicada em 2010, o novo relatório da comissão, intitulado “Ainda nosso interesse comum”[12], faz uma única e tímida menção à infraestrutura portuária, cujo teor[13] é muito aquém da realidade dos portos africanos, além de se ater, no que diz respeito ao mar, ao transporte marítimo. Tal fato é relevante à medida que demonstra o baixo grau de conscientização sobre a importância do mar naquele continente ou o grau de influência dos países desenvolvidos em limitar as perspectivas de aproveitamento do mar pelos novos Estados costeiros.

As áreas do mundo que são compartilhadas por todos os Estados são denominadas bens comuns globais, e podem ser sintetizadas por duas categorias, segundo Brzezinski (2012, p. 110): estratégicas e ambientais. Dentre os bens comuns estratégicos incluem-se os domínios marinho, aéreo, espacial, nuclear e o espaço cibernético; e como bens comuns ambientais estão as implicações geopolíticas de gestão das fontes de água, o Ártico e as mudanças climáticas globais.

O atual desenvolvimento dos poderios navais da China e da Rússia, por exemplo, juntamente com recentes escaladas de disputas internacionais sobre limites de águas territoriais, são aspectos que podem levar a novos conflitos, na medida em que os países podem pressionar a busca de novas fontes de combustíveis sob as águas disputadas. Nesse sentido é que Brzezinski (2012, p. 111) apresenta a necessidade do desenvolvimento de um consenso global sobre alocação pacífica e equitativa de responsabilidades sobre os bens comuns estratégicos, de modo a se ter uma estabilidade no futuro. Com vistas a resguardar o comércio internacional, por exemplo, aquele autor apresenta a necessidade essencial de um sistema marítimo pacificado para o sucesso de uma economia globalizada.

Pode-se, portanto, verificar a confluência de várias teorias, argumentações, políticas e iniciativas que nos permitem avaliar a forma de avanço dos Estados sobre os oceanos. Na Figura 20.7 pode-se observar uma nova forma de representação das áreas territoriais ou de influência na atualidade, que então englobam o mar, com base na CNUDM.



Figura 20.7. Territórios dos Estados, seus mares territoriais e suas zonas econômicas exclusivas.
Fonte: https://brilliantmaps.com/territorial-waters/

[12] *Still Our Common Interest*. (www.commissionforafrica.info/2010-report)

[13] *There is potential to upgrade infrastructure networks and modernise inefficient ports and customs facilities*. (Commission for Africa, 2010, p. 50)

A história nos mostra a dinâmica dos pleitos de jurisdição dos Estados sobre o mar, com a tendência de se talhar os espaços oceânicos como áreas nacionais, por meio de esforços de cooperação internacionais, ditados pelas circunstâncias de determinadas áreas e usos. A própria CNUDM, configura-se como um desses esforços, na delimitação da plataforma continental e consequente anexação aos respectivos Estados costeiros, como pode ser visualizado na Figura 20.8.

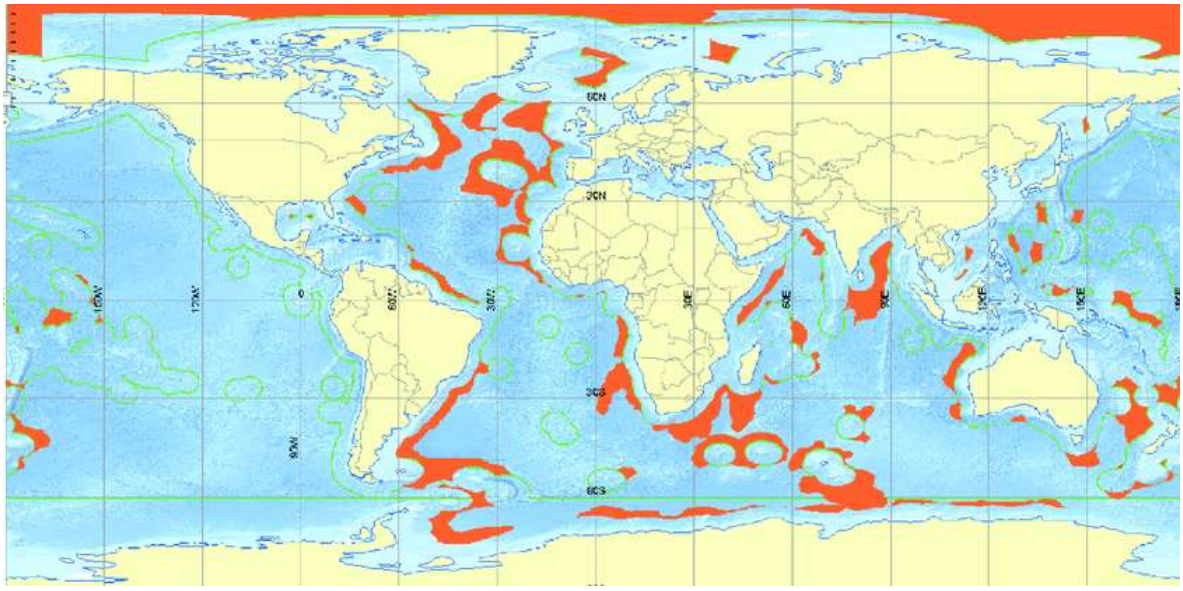


Figura 20.8. Mapa global das plataformas continentais além das 200 milhas náuticas.
Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Global-map-of-extended-continental-shelves-orange-shaded-areas-based-on-the-information_fig7_321069561

No caso do Brasil, haja vista a submissão à Comissão de Limites da Plataforma Continental, em dezembro de 2019 (por isso não incluída na Figura 20.8), relativa à plataforma continental meridional, a anexação da elevação do Rio Grande demonstra revela interesses brasileiros no Atlântico sul, como é representado na Figura 20.9.

Com a delimitação das plataformas continentais, conforme previsto na CNUDM, espera-se que essa dinâmica de movimentação das “fronteiras” marítimas atinjam um platô de estabilidade. Não obstante, a apresentação de pleitos sobre a plataforma continental da Antártica suscita as reivindicações territoriais sobre o continente gelado.

Embora o sistema do Tratado do Antártica tenha suspendido as reivindicações territoriais e haja a possibilidade de novas reivindicações no futuro, Jacobsson (2007, p. 16) destaca a razoabilidade de que os Estados que tenham especial conhecimento e interesse tenham responsabilidade preferencial de governar o continente, ao mesmo tempo em que admite que outros Estados podem vir a querer fazer parte do Tratado da Antártica.

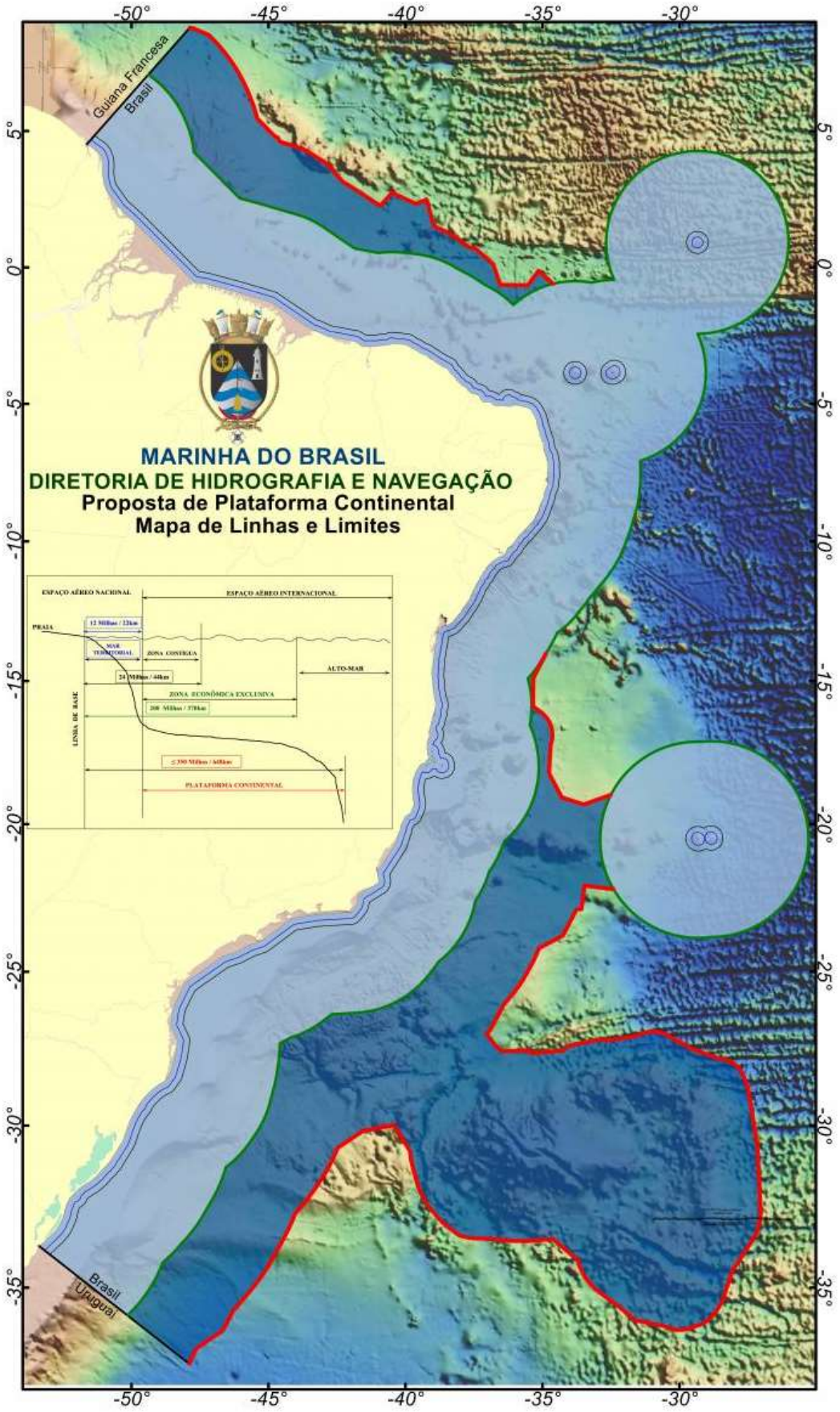


Figura 20.9. LEPLAC - Linhas e Limites do Brasil no mar.
Fonte: https://www.marinha.mil.br/secirm/leplac

Desse modo, seria razoável inferir que os domínios do Reino Unido no Atlântico sul tenham o condão de legitimar suas reivindicações sobre a Antártica, como mostrado na Figura 20.10, o que caracteriza outro interesse nessa parcela do oceano, que é também a rota principal dos países da Europa para a Antártica, bem como dos países atlânticos da América Latina e da África.

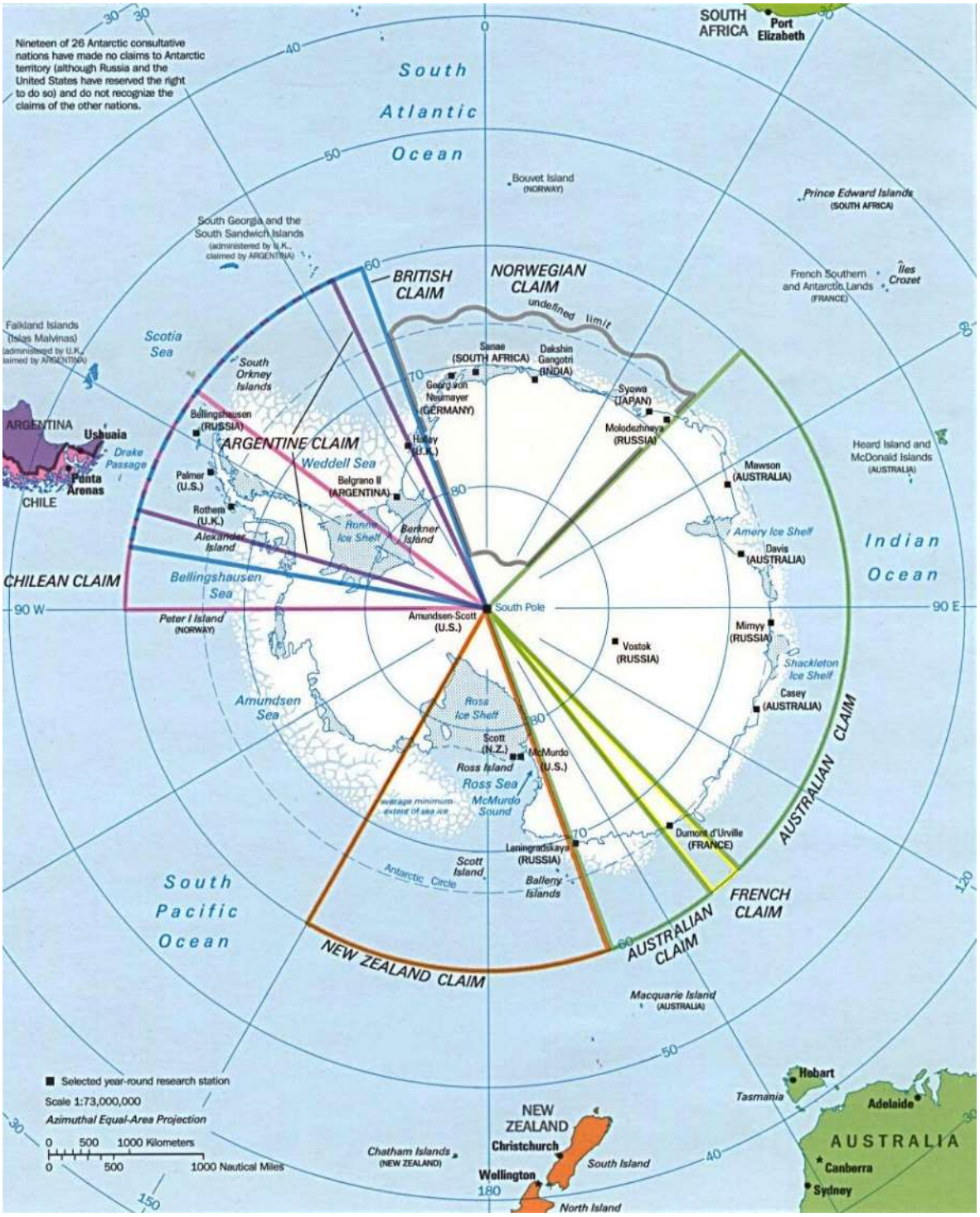


Figura 20.10. Mapa das reivindicações territoriais na Antártica.

Fonte: www.mapsland.com/maps/world/antarctic-region/large-antarctic-region-political-map-1995.jpg

Por fim, podemos concluir que o Atlântico Sul possui um potencial ainda pouco conhecido quanto ao aproveitamento dos recursos naturais marinhos em prol da humanidade, pelo menos para os países da costa leste da América do Sul e da costa oeste da África, motivo pelo qual, mais enfaticamente, deve ser objeto de uma análise geopolítica para, não somente enfrentarmos os desafios do século 21, mas, principalmente, por dever de justiça com as futuras gerações.

Enquanto permanece um bem comum ambiental e estratégico para as nações desenvolvidas, inclusive com relação à Antártica, o Atlântico Sul ainda é um espaço muito distante das realidades dos países que o margeiam, tão distante quanto nos são atuais as palavras de Doumenge (1967), escritas há mais de 50 anos:

> "*No instante em que a competição internacional se desencadeia para a conquista do espaço sideral, e se inicia a corrida para a lua, senão para o planeta Marte, ficamos confusos diante da nossa ignorância dos oceanos e mares*." Doumenge (1967, p. 289)

Referências bibliográficas

BACKHEUSER, Everardo. **A Geopolítica geral e do Brasil**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1952. 276 p.

BOOTH, Ken. **Law, force and diplomacy at sea**. London: George AlleneUnwin Ltd., 1985. 231 p.

BRZEZINSKI, Zbigniew. **Strategic vision:** America and the crisis of global power. New York: Perseus Books, 2012. 208 p.

CAPRA, Fritjof; LUISI, Pier Luigi. **A visão sistêmica da vida:** uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas. Trad. Mayra Teruya Eichemberg, Newton Roberval Eichemberg. São Paulo: Cultrix, 2014. 615 p.

CARRINGTON, Richard. **Biografia do Mar**. Trad. Alberto Candeias. Lisboa: Livros do Brasil, 1960. 287 p.

COHEN, Saul B. **Geopolitics in the new world era:** a new perspective on an old discipline. In: DEMKO, George J.; WOOD, William B. (Ed.). Reordering the world: geopolitical perspectives on the twenty-first century. 2 ed. Oxford: Perseus Books, 1999. 340 p.

COMMISSION FOR AFRICA. **Our common interest**: **Report of the Commission for Africa.** 2005. 461 p.

COMMISSION FOR AFRICA. **Still our common interest**: Commission for Africa Report. 2010. 68 p. Disponível em: http://www.commissionforafrica.info/2010-report.

CUNHA, Fernando Whitaker da. **Democracia e cultura**: a teoria do Estado e os pressupostos da ação política. 2 ed. revista e ampliada. Rio de Janeiro: Forense, 1973. 442 p.

DEMKO, George J.; WOOD, William B. (Ed.). **Reordering the world**: geopolitical perspectives on the twenty-first century. 2 ed. Oxford: Perseus Books, 1999. 340 p.

DOUMENGE, François. **Geografia dos Mares**. Tradução de Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1967. 308 p.

GRAY, Colin S. **The Geopolitics of the Nuclear Era***:* Heartland, Rimlands, and the Technological Revolution. New York: Crane, Russak e Company, 1977. 70 p.

JACOBSSON, Marie**. The Antarctic Treaty System:** legal and environmental issues – Future challenges for the Antarctic Treaty System. In: TRIGGS, Gillian; RIDDELL, Anna (Ed.). **ANTARCTICA: Legal and environmental challenges for the future.** London: BIICL, 2007. 437 p.

KAPOOR, D. C. **A guide to maritime boundary delimitation**. Toronto: The Carswell Company, 1986. 123 p.

KRASNER, Stephen D. **Power, the State and sovereignty:** essays on international relations. Oxon: Routledge, 2009. 312 p.

MURPHY, Alexander B. International law and the sovereign state system: challenges to the status quo. In: DEMKO, George J. e WOOD, William B. (Ed.). **Reordering the world: geopolitical perspectives on the twenty-first century.** 2 ed. Oxford: Perseus Books, 1999. 340 p.

STRAUSZ-HUPÉ, Robert. **Geopolitics**: the struggle for space and power. New York: G. P. Putnam's Sons, 1972.

THAKUR, Ramesh. Security in the new millennium. In: COOPER, Andrew F., ENGLISH, John e THAKUR, Ramesh (Ed**.). Enhancing global governance: towards a new diplomacy.** Tokyo: UN University Press, 2002. 308 p.

THOMAS, Bradford L. International boundaries: lines in the sand (and the sea). In: DEMKO, George J. e WOOD, William B. (Ed.). **Reordering the world: geopolitical perspectives on the twenty-first century**. 2 ed. Oxford: Perseus Books, 1999. 340 p.

UNITED NATIONS, Division for Oceans Affairs and the Law of the Sea. **The law of the sea**: United Nations Convention on the law of the sea. New York: United Nations, 1997. 294 p.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED). **Our Common Future**. Oslo, 1987. 300 p. Disponível em: www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/42/427.

Marcos L. de Almeida é Contra-Almirante da Reserva da Marinha, Hidrógrafo, com formação em Ciências Navais (EGN/MB) e Relações Internacionais (UnB). Foi Assessor na Missão Permanente do Brasil junto às Nações Unidas em Nova York, Coordenador das Resoluções sobre Oceanos e Direito do Mar, no âmbito das 59ª e 60ª Assembleias Gerais das Nações Unidas; efetuou a entrega da Proposta de Delimitação da Plataforma Continental brasileira ao Secretariado da Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC); foi Diretor do Centro de Hidrografia da Marinha; e Diretor do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira. Foi membro do CONAMA, do CGEN, do GI-GERCO e outros órgãos colegiados relacionados ao mar. Atualmente é Vice Presidente da Associação Internacional para Auxílios à Navegação Marinha (IALA), sediada em Saint-Germain-en-Laye, na França; é coordenador de área do Centro de Estudos Político-Estratégicos da Marinha (CEPE-MB); sócio fundador e consultor em assuntos marítimos pela Oceani Fraternitatem. E-mail: marcosalmeida.brazil@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/9448131707188360

REGIONALIZAÇÃO

Capítulo 21

Regiões oceânicas e regionalização geográfica

Dieter Muehe

Introdução

Quando nos séculos 16 e 17 as embarcações passaram a ser construídas para adentrar os oceanos ultrapassando o Estreito de Gibraltar e chegar à Europa, foi quando, na interpretação de Ian Morris em seu artigo "*The meaning of Geography is changing, not disappearing*" (Morris 2016), se deu o passo inicial que transformou o noroeste da Europa de uma posição periférica para o centro do mundo, que antes se estendia do Mediterrâneo à China. O Atlântico passou de barreira para hidrovia. O mesmo processo vem ocorrendo, a partir do século 20, no Pacífico, no leste da Ásia, em decorrência da internet, dos navios contêineres e aviões, encolhendo as distâncias e mudando a posição de periferia para centro.

Foi também o resultado de uma longa evolução da representação cartográfica e das técnicas de navegação, desde a concepção de um mundo plano, concentrado em redor do Mediterrâneo, para uma concepção de uma terra esférica, cerca de três séculos a.C., e a invenção da bússola pelos chineses no século 11.

Entre os três oceanos, o Atlântico foi o primeiro a ter essa denominação, cerca de seis séculos a.C., em homenagem a Atlas, da mitologia grega, enquanto o Índico tem seu nome associado à Índia desde o início do século 16, e o Pacífico tem seu nome cunhado por Fernando de Magalhães, em 1520, após atravessar o estreito que recebeu seu nome e encontrar um mar sem as tempestades que caracterizaram sua viagem até então.

▪ COMO CITAR:
MUEHE, D. Regiões oceânicas e regionalização geográfica. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. P. 492-514. ISBN 978-65-992571-0-0

No mapa-múndi elaborado por Oronce Finé em 1531, os três oceanos já estavam perfeitamente delimitados, mas apenas o Atlântico e Índico apareciam com esse nome. Já no mapa-múndi elaborado por Abraham Ortelius em 1570, quase idêntico ao de Gerardus Mercator de 1569, a denominação dos oceanos Índico e Pacífico estava inserido enquanto o Atlântico aparecia apenas como Mar do Norte. A maior deformação dos contornos continentais se encontrava na configuração da América do Sul e de sua quase ligação com a Antártica (Figura 21.1). Considerando que, somente após a invenção do cronômetro, em 1730, por John Harrison, foi possível determinar a longitude com precisão e consequentemente aprimorar o mapeamento das linhas de costa e da individualização dos mares e oceanos, é surpreendente o detalhamento da posição e configuração dos oceanos a ponto de permitir a navegação com os conhecimentos e instrumental disponível na época, não só no Atlântico mas também no Pacífico e Índico, pelos chineses desde o século 15 e no Pacífico pelos polinésios, possivelmente com mais intensidade antes do final do primeiro milênio, em longas viagens sem bússola e em canoas a remo apenas guiados pelas estrelas e direção dos ventos e ondas (Thomson, 2019).

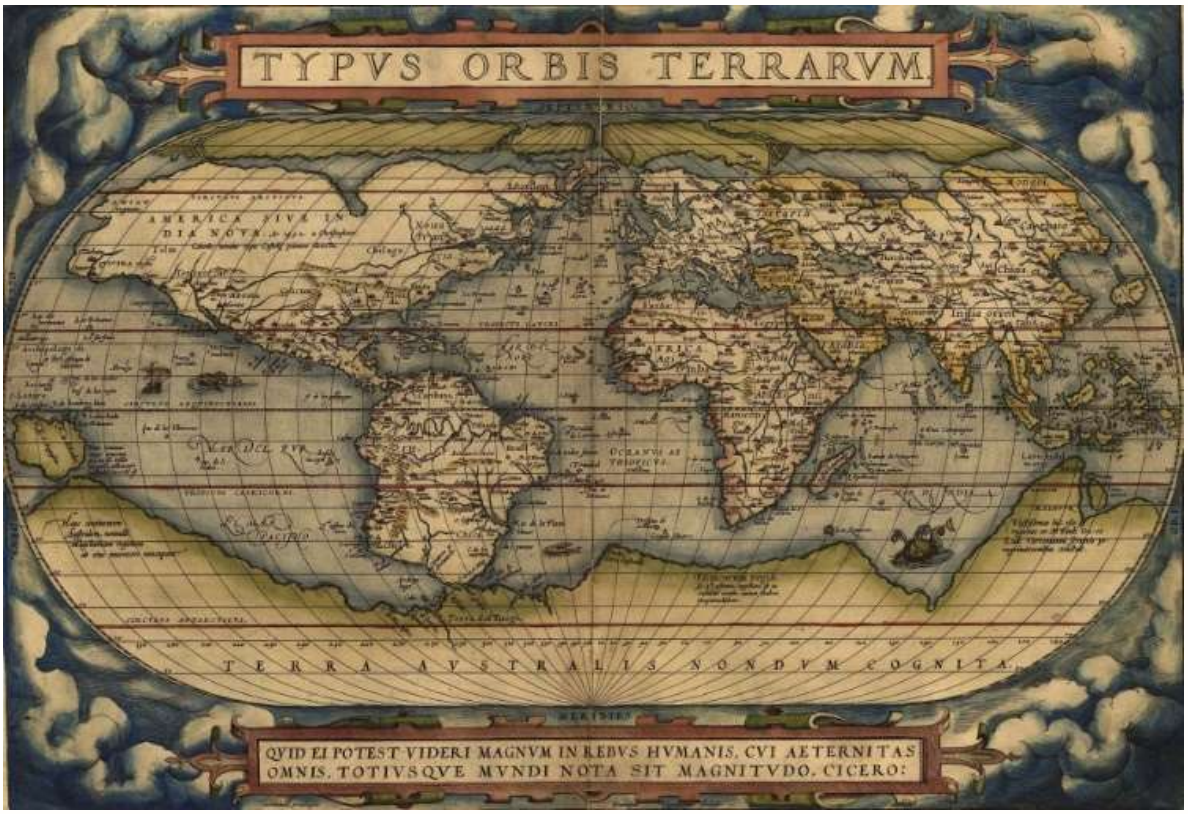


Figura 21.1. Mapa-múndi de Abraham Ortelius de 1570.

Fonte: The Library of Congress, Public Domain. https://commons. wikimedia.orgwindex.phpcurid=6872417.

Uma vez definidas as bordas dos três oceanos, Pacífico, Atlântico e Índico, passou o Ártico a fazer parte do Atlântico e o Mar Circum-antártico como parte dos três oceanos separado pela projeção das extremidades de cada um dos continentes. A tendência recente, no entanto, é considerar tanto o Ártico quanto a região circumpolar antártica como oceanos individualizados. Assim, em vez de três, passamos a considerar cinco oceanos.

A definição de bordas ou fronteiras físicas é o primeiro passo de uma individualização que permite definir lugares, se aplicando a qualquer escala, do local ao regional e ao supra regional, como forma de marcar território e mesmo domínio. A denominação de feições e acidentes geográficos foi

amplamente empregada pelos ingleses a partir de uma iniciativa da *Geographical Society of London*, em 1845, considerando a necessidade de regionalizar os oceanos para fins de atender às necessidades da navegação (Vallega, 2002).

Fronteiras? Eu nunca vi uma, mas ouvi que existem na mente de algumas pessoas. Afirmação feita pelo antropólogo norueguês Thor Heyerdahl, famoso pela expedição Kon-Tiki, em citação da jornalista e cineasta Anisa Mehdi em seu artigo *Borders come and go, but Geography remains* (Stratfor Worlview, 2016). Não obstante a aparente ausência de fronteiras visíveis, não contando os limites externos dos diferentes corpos de água confinados pelas orlas costeiras, diferenciações foram sendo notadas e incorporadas no conhecimento náutico considerando, por exemplo, a direção de ventos e correntes, a localização de zonas de calmaria das latitudes cavalo (*horse latitude* em inglês) ou *Rossbreiten* (alemão), como o Mar de Sargaços, onde as longas calmarias e a consequente falta de água doce obrigavam a jogar os cavalos ao mar, as zonas de tempestades em torno da Antártica, as zonas favoráveis a diversos tipos de pesca, por exemplo. O conhecimento das direções sazonais dos ventos era fundamental para a navegação à vela. Por exemplo, para contornar o Cabo da Boa Esperança, vindo da Europa, e chegar ao Índico, era necessário deixar-se levar pelos vento na corrente contra equatorial, seguir em direção à costa do Brasil para, no sul do continente, pegar os ventos de oeste e contornar o sul da África e seguir para o Índico.

A suposta homogeneidade do fundo marinho foi revista após a realização de sondagens batimétricas para colocação do primeiro cabo telegráfico entre Estados Unidos e Europa, desde a primeira tentativa em 1857. As sondagens realizadas por meio de um peso, preso a um cabo, mostraram a ocorrência de uma elevação na parte central do Atlântico. Sondagens posteriores indicaram a continuidade dessa elevação na forma de uma cordilheira.

Mas, foi a partir da segunda guerra mundial que os avanços nas técnicas de sondagem por meio de sonar e a disponibilidade ampla de explosivos para pesquisas sísmicas, levaram a um detalhamento da batimetria do fundo marinho, a elaboração do modelo de tectônica de placas e à compreensão da razão da distribuição das grandes feições morfológicas, como as margens continentais constituídas pela plataforma continental, talude e elevação continental, as zonas de espraiamento, caracterizado por cordilheiras, as zonas de subducção, caracterizadas por fossas e a própria compartimentação das bacias oceânicas a partir da migração das massas continentais. Tão transformadores foram os avanços tecnológicos que muitos consideram o período pós II Guerra Mundial a transição da modernidade para a pós-modernidade. Já para Vallega (2002) para efeitos de regionalização, este marco é dado com a inclusão de estudos ambientais após resolução do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), em 1982, em vista dos problemas gerados pelo uso de recursos costeiros e marinhos.

Com o avanço da caracterização das feições morfológicas e dos conhecimentos da circulação oceânica, estavam criadas as bases para uma regionalização fisiográfica, ou físico-geográfica, dos oceanos.

Regionalização físico-geográfica dos oceanos

A decisão, em 1973, da Academia de Ciência da União Soviética, de preparação de uma série de volumes sobre geografia regional dos oceanos, levou à necessidade de definição de uma abordagem teórica que fosse aceita pela maioria dos geógrafos. Uma análise das diferentes abordagens propostas é resumida num artigo de Solnsev de 1978, traduzida para o inglês na revista "*Soviet Geography*" em 1979. A partir da literatura sobre regionalização marinha, considerada limitada, o autor distingue duas abordagens distintas: uma, baseada em diferenças zonais nas águas superficiais e outra se apoiando tanto nas características da camada de água e da morfologia do fundo oceânico e da zona costeira.

Segundo Solnsev (1979) o conceito de zonalidade aplicado ao oceano tem sido fortemente defendido por muitos acadêmicos. Assim, (Panov, 1949, 1950), inclui a relação oceano-atmosfera, a circulação oceânica, o papel do relevo submarino entre outras variáveis, num esforço, segundo Solnsev (op.cit.), de provar que as paisagens marinhas também apresentam aspectos de zonação. Ainda segundo Solnsev (op.cit.) o conceito de zonalidade foi defendido de forma extremada por Leont'yev em seu livro "Fundamentos de Geografia Física dos Oceanos" (1974), onde considera que a abordagem zonal, definida pela radiação solar nas diferentes latitudes tem, pela relativa regularidade da superfície dos oceanos, até maior representatividade que nos continentes, onde a topografia provoca amplas variações dependentes da exposição. Ou seja, a regionalização oceânica acaba sendo uma função da latitude. Apesar de enfatizar a zonalidade como elemento de regionalização, o volume de material contido no livro de Leont'yev sugere, conforme Solnsev, que outros fatores são definidores de regiões geográficas, quais sejam a geologia e a geomorfologia. Ressalta que, desde os tempos de Maury (1860), em sua *Physical Geography of the Sea*, o oceano mundial era considerado um conjunto único. Não apenas por seus componentes estarem interligados espacialmente, mas por representar um sistema dinâmico único no qual águas de superfície, intermediárias e de fundo estão em constante troca, sendo assim um enorme erro ao tratar as águas de superfície como uma entidade distinta e independente.

Um outro exemplo da complexidade geográfica e da influência da geomorfologia na regionalização é dado por Solnsev (1979) ao comentar um estudo de Gakkel (1967) sobre o talude continental de uma região do Ártico. Nesse trabalho é analisada a interação entre relevo submarino, regime de água, cobertura de gelo, tempo e clima e a distribuição de plâncton, necton e bentos, demonstrando que esse complexo representa um conjunto geográfico definido e não o resultado de uma mera divisão do oceano em suas partes. É uma abordagem semelhante à de Alexander von Humboldt ao reproduzir a variabilidade da cobertura vegetal nos flancos do vulcão Chimborazo, nos Andes equatorianos, em função da altitude (Humboldt e Bonplant, 1807). Gakkel (op. cit.) conclui que o relevo submarino constitui o elemento mais importante da geografia de mares e oceanos, ao impactar a circulação com efeitos hidroclimáticos e hidrosinóticos semelhantes ao que ocorre no relevo emerso. Solnsev (op. cit.) complementa que o relevo submarino ao influenciar a circulação de correntes, afeta também, a estratigrafia das massas de água e as peculiaridades biológicas de cada região, constituindo o principal elemento organizador de entidades geográficas, tanto em terra quanto no mar.

Enquanto na antiga União Soviética a discussão sobre regionalização estava em andamento, na Alemanha, uma regionalização oceânica a partir da circulação horizontal e vertical, associado a batimetria, foi publicado como capítulo de um livro sobre oceanografia geral, como parte de uma série para estudantes de geografia (Dietrich, 1959). A falta de citações de trabalhos alemães na União Soviética e vice-versa, mostra bem o grau de isolamento entre cada lado da cortina de ferro, mas também, devido à barreira linguística. O mesmo capítulo foi publicado num livro de oceanografia geral (Dietrich e Kalle, 1957), que se tornou uma referência nos cursos de oceanografia da Alemanha, sendo posteriormente atualizada após inclusão de dois novos coautores (Dietrich et al., 1975, 3ª Edição) e traduzido para o inglês (Dietrich, 1963). A citada regionalização parte da localização da circulação de correntes superficiais e processos de ressurgência associados ao longo das margens continentais induzidos pela circulação dos alísios a partir de um núcleo de células de alta pressão semi-estacionário, identifica como unidades independentes as zonas de ressurgência e subsidência na região equatorial e em torno da Antártica e da zona das correntes de monções.

No total foram individualizadas sete regiões, algumas com subdivisões, (Figura 21.2):

P: Região das correntes de alísios. *Passatstromregion*.

- $P_Ä$: Correntes de alísios voltados para o equador
- P_W: Correntes de alísios fluindo para leste

P_P: Correntes de alísios fluindo em direção aos polos

Ä: Região da contracorrente equatorial. *Äquatoriale Gegenstromregion*. *Correntes* com fluxo temporário ou contínuo em direção a leste nas proximidades do equador.

M: Região das monções. *Monsunstromregion*. Reversão sistemática dos sistemas de correntes na primavera e outono.

M_T: Nas baixas latitudes associado à reduzida oscilação anual da temperatura da água superficial

M_G: Nas latitudes médias a altas associado à elevada oscilação anual da temperatura da água superficial.

R: Região das latitudes cavalo. *Rossbreitenregion*. Periódica ou anualmente correntes fracas de direções variadas

F: Correntes de jato livre. *Freistrahlregion*. Correntes forte, concentradas, de ocorrência contínua, oriunda da região de correntes voltadas para os polos.

W: Correntes de deriva de oeste. *Westwindtriftregion*. Correntes de direção variada, mas predominantemente em direção a leste.

$W_Ä$: Lado voltado para o equador da frente polar

W_P: Lado voltado para o polo da frente polar

B: Região Polar. *Polarregion*. Peródica ou continuamente recoberto por gelo

$B_Ä$: Região polar externa. *Äussere Polarregion*. No inverno e primavera quase sempre recoberto por gelo

B_P: Região polar interna. *Innere Polarregion*. Periodicamente ou durante todo o ano, recoberto por gelo.

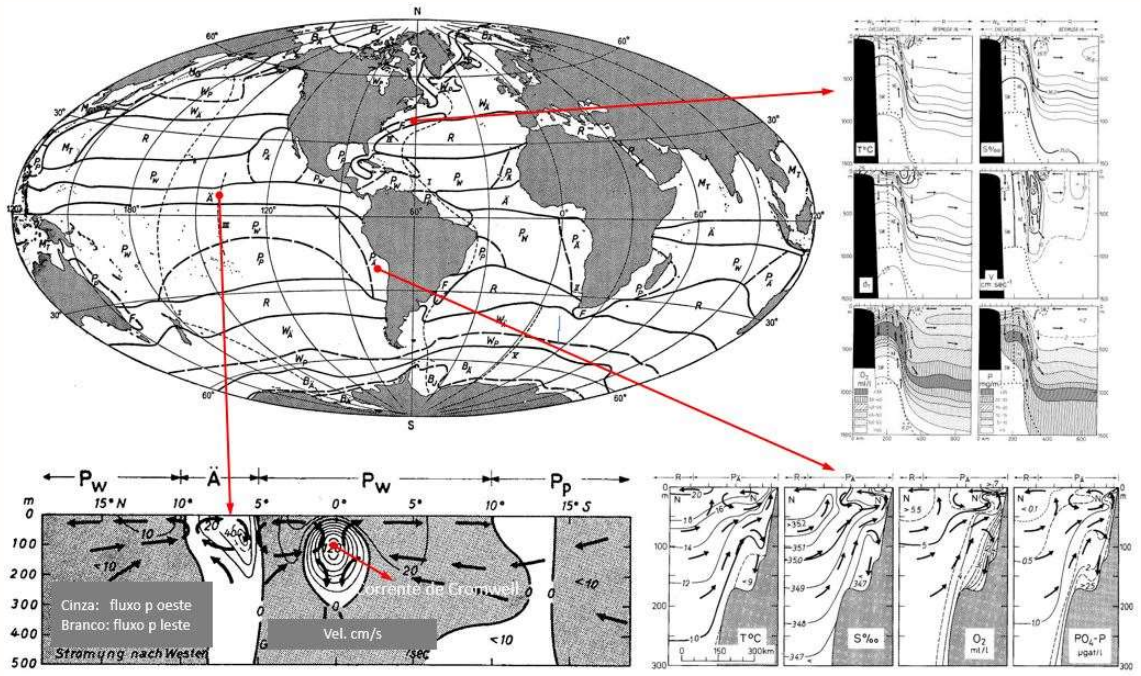


Figura 21.2. Regionalização físico-geográfica de Günter Dietrich. Nos exemplos ressaltados é ilustrado o efeito de ressurgência numa série de parâmetros químicos e físicos na região $P_Ä$ (correntes de alísios direcionadas para o equador), F (região das correntes de jato livre) estas últimas se originando nas correntes de alísios voltados para os polos e que se intensificam com o aumento da latitude, classificação que se aplica também à corrente do Brasil e Ä (contra corrente equatorial). Nesta a corrente de Cromwell flui em subsuperfície com direção para leste assim como a contracorrente equatorial.

Fonte: Figura adaptada de Dietrich (1959, 1963).

A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar – a expansão da jurisdição de Estados Costeiros sobre o mar

A expansão da área de jurisdição sobre áreas marítimas, por decisões unilaterais de países costeiros para fins de pesca e exploração mineral, levou à instalação, pelas Nações Unidas, das duas primeiras conferências para o Direito do Mar em 1958 e 1960, sem conseguir o número de ratificações necessárias para sua entrada em vigor, e sem obtenção de consenso quanto à extensão espacial desse direito (Cooper, 1978). Foi a necessidade de definir esse limite, com a finalidade de impedir a explotação desenfreada, que levou, em 1970, à resolução 2749, segundo a qual o solo e subsolo, não incluído nos limites da jurisdição nacional, seriam de uso exclusivo da humanidade *(United Nations, 1970*). Foi a partir dessa resolução que, em 1973, se iniciou a terceira Conferência das Nações Unidas para o Direito do Mar [*United Nations Convention on the Law of the Sea Conference* III (UNCLOS III)], com a finalidade de estabelecer um regime internacional equitativo para a divisão dos oceanos no interesse da humanidade.

A Convenção foi assinada por 119 delegações em 10 de novembro de 1982, em Montego Bay, na Jamaica, e entrou em vigor em 16 de novembro de 1994, um ano após à 60ª ratificação.

Os critérios de delimitação (*United Nations*, 1997) se basearam em medidas de distâncias ao longo de perfis perpendiculares à linha de costa, considerada como linha de base, e em critérios geomorfológicos e geofísicos, mas com um desvirtuamento do conceito geomorfológico de plataforma continental cujo limite na mudança de declividade entre a plataforma continental e o talude deixou de ser considerado como referência, passando a incorporar toda a margem continental. Criou-se assim o conceito de plataforma continental estendida ou jurídica. A razão era que, em margens continentais com ampla espessura sedimentar, típico de margens continentais passivas e, portanto, com potencial de reservas de óleo e gás, os países costeiros, com esse tipo de margem, poderiam se beneficiar destes recursos.

Os limites de distância aprovados foram:

12 milhas náuticas para o mar territorial
24 milhas náuticas para zona contígua
200 milhas náuticas para a zona econômica exclusiva (ZEE).

No caso de países com plataformas continentais mais largas que 200 milhas náuticas, há necessidade de dados batimétricos e geofísicos para a definição dos limites nessas plataformas estendidas.

O critério batimétrico objetiva identificar a isóbata de 2.500 m, e a base do talude continental, esta última definida pela máxima declividade entre talude e fundo abissal, uma tarefa nem sempre fácil e às vezes com dificuldades adicional na identificação quando da ocorrência de várias mudanças de declive próxima à base do talude ou quando a transição entre talude e fundo abissal é tão suave que se torna extremamente difícil qual ponto escolher. Outro critério é definir o ponto em que a espessura sedimentar representa 1% da distância à linha de base. Ambos os critérios podem ser empregados escolhendo, para cada trecho, o que for mais favorável.

Os limites para a plataforma continental estendida são:

60 milhas náuticas a partir do pé do talude continental, ou
Posição onde a espessura sedimentar for de 1% da distância ao pé do talude.

Critérios restritivos:

350 milhas náuticas medidas a partir da linha de base, ou
100 milhas náuticas a partir da isóbata de 2.500 m. Nesse caso a restrição das 350 milhas náuticas não é aplicada.

A jurisdição para cada um desses espaços é plena apenas para o mar territorial, estendendo-se para a ZEE a exploração de recursos vivos e não vivos do solo e subsolo marinho e águas sobrejacentes, mas garantida a livre passagem de navios, sobrevoos, colocação de cabos e dutos submarinos e a pesquisa científica por países estrangeiros, e a exploração, apenas dos recursos não vivos do solo e subsolo, para a plataforma continental estendida. Na zona contígua o estado costeiro pode exercer controle aduaneiro e sanitário e sobre imigração.

Conforme artigo 136 da Convenção, toda a região não compreendida pelos limites jurisdicionais costeiros e seus recursos é considerada herança da humanidade, sendo denominada de "área". A explotação nessa "área" será autorizada e controlada pela *International Seabed Authority*, denominada simplesmente de "autoridade" sediada na Jamaica (artigos 156 a 165 da Convenção).

Independente da extensão da margem continental, todos os Estados costeiros têm direito de jurisdição sobre a zona econômica exclusiva (ZEE). Ao contrário do mar territorial, não se trata de uma jurisdição territorial mas de uma jurisdição funcional, conforme mencionado por Couper (1978), já que os direitos se restringem ao aproveitamento de seus recursos naturais vivos e não vivos das águas e do solo e subsolo marinho; do aproveitamento econômico, como produção de energia a partir da água, das correntes e do vento; à instalação e utilização de ilhas artificiais e estruturas; à investigação científica marinha e à proteção e preservação do meio marinho.

No tocante à explotação dos recursos vivos, o estado costeiro deverá assegurar as medidas apropriadas de gestão e conservação desses recursos para que não ocorra um excesso de captura, devendo fixar as capturas permissíveis por espécie, ao mesmo tempo em que deverá promover a utilização ótima desses recursos, devendo ainda dar a outros Estados, através de acordos, especialmente os da mesma região e que não tenham acesso ao mar ou sejam geograficamente desfavorecidos, o acesso aos excedentes quando não tiver capacidade própria de sua plena explotação, buscando ainda, dentro do possível, introduzir o mínimo de perturbação na economia dos Estados que habitualmente vinham realizando capturas ou esforços de investigação e identificação de populações na ZEE do estado costeiro.

Para além da ZEE, dentro os limites estabelecidos de acordo com a Convenção, a jurisdição funcional se limita à explotação dos recursos naturais (minerais e outros organismos vivos sedentários por ocasião da captura) do solo e subsolo, sendo que nenhum país poderá explotar os mesmos sem consentimento do estado costeiro.

Os limites de jurisdição definidos por esses levantamentos, ao refletirem a configuração da linha de costa, acabam gerando linhas paralelas ao contorno do litoral, muito próximas aos limites identificados na regionalização físico-geográfica de Dietrich (1963) nas áreas sob influência da circulação junto às margens continentais. Pouco avançam para as regiões oceânicas mais profundas, a não ser nas proximidades de ilhas oceânicas ou na extensão, mar afora de elevações submarinas conectadas à margem continental, como na Cadeia Vitória-Trindade ou na Elevação do Rio Grande, caso essa última venha a ser aprovada pela Comissão de Limites das Nações Unidas. Esses limites ao definirem os limites jurisdicionais funcionais podem, localmente, evoluir para regiões geográficas marinhas.

A entrada em vigor da Convenção foi um marco que disciplinou as atividades de exploração de recursos naturais e trouxe também profundas transformações geopolíticas. Elaborada em grande parte numa época em que a prioridade era o desenvolvimento econômico, o que se refletiu na extensão do conceito de plataforma continental à margem continental para garantir o acesso aos Estados costeiros aos potenciais recursos minerais, especialmente óleo e gás. Com as resoluções da Agenda 21 da Rio 92 passou a se impor um novo conceito, o de desenvolvimento sustentável, o que se refletiu numa priorização da preservação ambiental aumentando significativamente as exigências quanto à permissão de realização de atividades exploratórias, como por exemplo a não autorização de exploração de petróleo nas proximidades de áreas de preservação, como no Parque

Nacional de Abrolhos, a dificuldade em obter autorização para pesquisa sísmica e também para a realização de mineração e dragagem. É promissor que a aplicação da Agenda 21 leva a uma identificação territorial ao considerar as múltiplas variáveis ambientais, econômicas e sociais podendo levar a delimitações espaciais mais próximas a uma região geográfica.

Algumas consequências geopolíticas da aplicação da Lei do Mar

A reprodução aproximada dos limites jurisdicionais da configuração da margem continental, é rompida no caso de elevações submarinas quando não paralelas à margem continental. Ao contrário das cordilheiras submarinas, de origem vulcânica e, portanto, com afinidade petrográfica com o fundo oceânico, as elevações submarinas, para serem consideradas como extensão da massa continental de um país, precisam apresentar afinidade geológica com a massa continental e estar ancorada na margem continental. Para essas elevações não se aplica o limite de extensão de 350 milhas náuticas medidas a partir da linha de base, aplicando-se o critério de 60 milhas náuticas ao longo do pé do talude dessas elevações. Ou seja, ganha-se um aumento considerável do espaço jurisdicional em torno da elevação.

Um exemplo da aplicação desse critério é ao longo de dorsal Lomonossov no Oceano Ártico (Figura 21.3) pela Rússia e Groenlândia (Dinamarca).

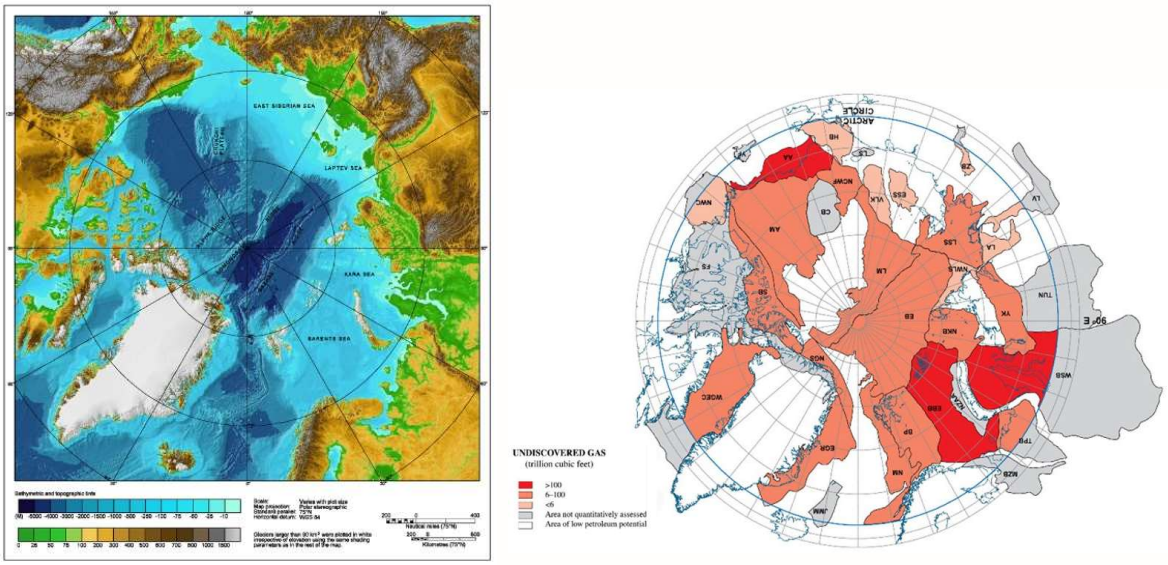


Figura 21.3. Localização da cordilheira Lomonosov entre as margens continentais da Rússia e Groenlândia e as possíveis reservas de gás e, por extensão, de petróleo, na região.

Fonte: Fisiografia Antártica. www.ngdc.noaa.govmggimageIBCAO_betamap.jpg e USGS.

As respectivas solicitações foram encaminhadas à *Division of Ocean Affairs of the Law of the Sea* (DOALOS) para avaliação pela Comissão de Limites. É provável que, no caso de reconhecimento, seja definida uma linha divisória em algum ponto ao longo da cordilheira. Mas, é ilustrativo o esforço de convencimento da Rússia ao plantar uma bandeira no fundo do mar como sinal de pertencimento.

Já no Pacífico as disputas são acirradas. Área de influência da China e Estados Unidas, mas também do Japão, Taiwan, Vietnã, Indonésia, Filipinas e Austrália, com a última especialmente preocupada

em manter abertas as rotas de navegação e com a crescente competição da China no Pacífico Meridional, compreendendo Micronésia, Melanésia e Polinésia tradicional área de influência da Austrália e Nova Zelândia. As ZEE's dos diferentes países que compreendem esta região praticamente recobrem toda a área com poucos espaços livres, incluindo a Austrália, Nova Zelândia, Papua-Nova Guiné, Ilhas Salomão, Nova Caledônia, Kiribati, Tuvalu, Fiji, Tonga, Kermadec, para citar as mais conhecidas (Figura 21-4). Formam, pois uma região espacialmente coesa sob vista de vista de recobrimento de zonas jurisdicionais.

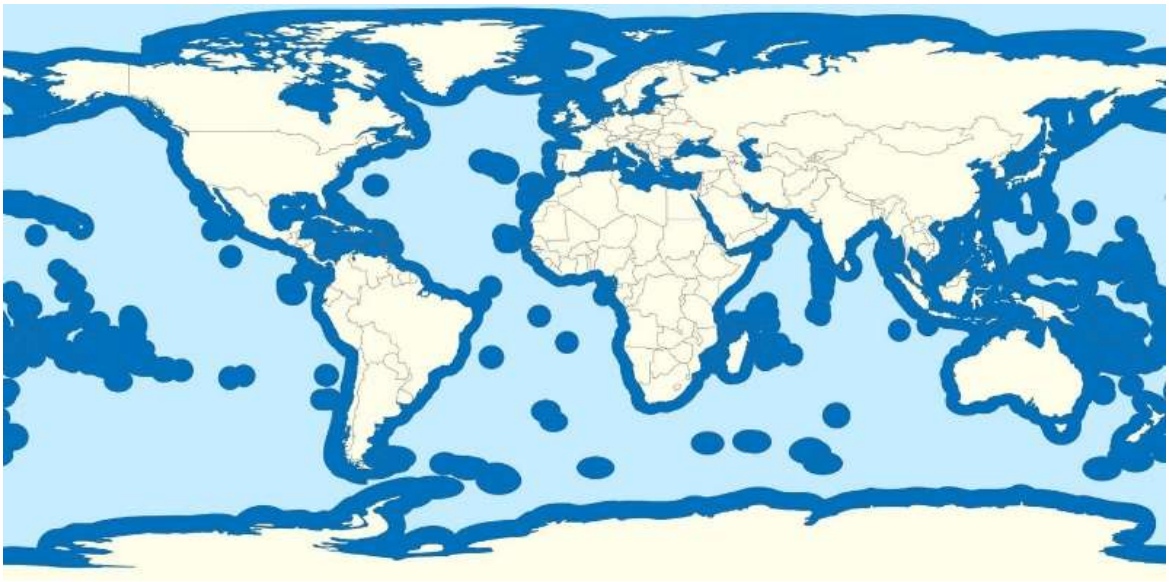


Figura 21.4. Abrangência das ZEE's em torno de continentes e ilhas. No SO do Pacífico o espaço marinho é quase totalmente coberto pelas ZEE's.

Fonte: ZEE By B1mbo - Own work based on World location map.svgBorders based on VLIZ Maritime boundaries and Internationalwaters.png, CC BY-SA 3.0 cl.

A China, preocupada em fazer valer seu domínio sobre o Mar da China Meridional, além de sua expansão para a África e Europa e mesmo América do Sul através da nova "Rota da Seda" ou seja a *Belt and Road Iniciative*, o conjunto de vias de transporte terrestre e marítimo associado a uma estratégia de investimentos em infraestrutura em outros países garantindo a conectividade e o abastecimento em alimentos e matérias primas, vem ampliando sua capacidade naval, e consequente seu poder de dissuasão, com o lançamento do primeiro porta aviões em 2012 e de um segundo em 2019. A região de um lado sofre de sobrepesca em toda a periferia do Mar da China Meridional, com exceção de Filipinas e Malásia o que gera conflitos por invasão de barcos de pesca de outros países, especialmente da China e, de outro, pela ocorrência de reservas de petróleo e gás em áreas de superposição de reivindicações jurisdicionais.

Os conflitos decorrentes de superposição de limites jurisdicionais têm seu maior ingrediente na argumentação da China de direitos históricos sobre uma área delimitada arbitrariamente por uma linha de 9 traços. Uma reivindicação não prevista na Lei do Mar e não reconhecida pelas Nações Unidas, mas que, não obstante, gera atritos entre os diversos países costeiros (Figura 21.5).

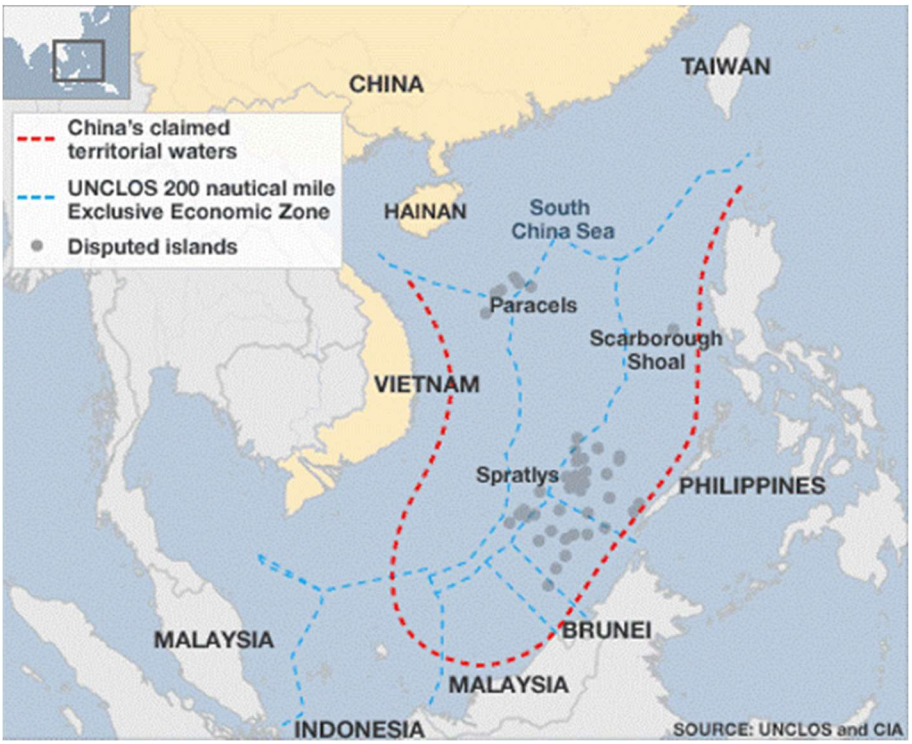


Figura 21.5. Superposição da linha de sete traços (aqui representada por uma linha multitraços) entre as Zonas Econômicas Exclusivas de diferentes países.

Fonte: UNCLOS e CIA

A tentativa de transformar recifes em ilhas através de aterro e construção de infraestruturas como pistas de pouso o que daria, no caso de reconhecimento, o direito de delimitação de uma faixa de 200 milhas náuticas ao redor de cada ilha, não foi reconhecida em decisão de 12 de julho de 2016, pela Corte Permanente de Arbitragem, a favor de contestação feita pelas Filipinas após a ocupação, pela China, do Mischief Reef (Figura 21.6), um atol, parte do arquipélago das Spratlys, localizado no interior das ZEE das Filipinas.



Figura 21.6. O *Mischief Reef*, atol localizado no interior da ZEE das Filipinas e parte do arquipélago das Spratley's, ocupada pelos chineses. Na imagem à esquerda nota-se uma pista de pouso (outubro 2017) e à direita edificações (julho 2016).

Fonte: CSIS/AMTI DigitalGlobe.

Um problema adicional, e crucial para a China, é a ocorrência de um conjunto de ilhas alinhadas defronte ao litoral cujos espaços de passagem representam pontos de estrangulamento (*choking points*) para a livre navegação (Figura 21.7). Entre estes se destaca um ponto de estrangulamento especialmente vulnerável, o Estreito de Málaca, entre o Oceano Índico e o Mar da China Meridional. É o mais crítico já que por ele passam cerca de 80% das importações de óleo cru e 30% de gás pela China o que está levando a China a avaliar a cobertura dos custos para a construção, pelo governo da Tailândia, de um canal no Istmo de Kra encurtando a distância entre o Índico e o Pacífico em 960 km.



Figura 21.7. Pontos de estrangulamento no SE asiático com potencial de impedir ou dificultar a passagem de navios, em caso de conflitos.
Fonte: Base Cartográfica *Google Earth*

No Atlântico Sul, a expansão da faixa de jurisdição aprovada para o Brasil representa, com 4,5 milhões de quilômetros quadrados algo em torno da metade da área continental do país, podendo ser ainda ampliada caso seja aprovada a inclusão da Elevação do Rio Grande, um micro continente separado da margem continental por uma depressão profunda, erosiva, o canal Vema (Jeck et al. 2019) (Figura 21.8). Denominada de Amazônia Azul, o Brasil soube aproveitar as características geomorfológicas e sedimentares de sua margem continental passiva, conseguindo ainda incluir as ilhas oceânicas de Fernando de Noronha, Trindade e Martim Vaz e os penedos de São Pedro e São Paulo, além da Cadeia Vitória-Trindade. Esta última, um conjunto de vulcões submarinos ancorados na sua extremidade ocidental à plataforma de Abrolhos, de estrutura vulcânica. O sopé mais elevado em relação ao assoalho oceânico que contorna grande parte dessa cadeia, assegurou-lhe a continuidade morfológica, preenchendo os requisitos de afinidade geológica (petrográfica, geoquímica, mineralógica) e geomorfológica, de acordo com as normas da Convenção para que fosse considera uma elevação submarina e daí incluída na área sob jurisdição funcional.



Figura 21.8. Feições geomorfológicas da Margem Continental brasileira.
Fonte: LEPLAC – DHN – Marinha do Brasil.

No lado africano do Atlântico Sul a dorsal de Walvis representa outra ampla extensão, de quase 3.000 km mar adentro e, caso a parte da inclusão reivindicada seja aprovada, dará à Namíbia uma área de mais de um milhão de quilômetros quadrados de jurisdição funcional (*United Nations - Submission by State).*

No lado do Brasil, toda essa área marítima denominada de Amazônia Azul, somado às relações comerciais e integração em exercícios conjuntos de forças navais, investimentos em infraestrutura em países africanos e ainda a participação do Brasil na chamada "Zona de Paz e Cooperação do Atlântico Sul" (ZOPACAS), uma organização e aliança militar criada por inciativa do Brasil e que envolve os países de ambos os lados do Atlântico Sul, a participação em exercícios navais entre Índia, Brasil e África do Sul assim como a expansão de exportações, inclusive de armamentos e

aviões, a participação em missões de paz em Angola, Moçambique e Haiti (Abdenur e Souza Neto, 2014), a participação como membro do BRICS, a participação do sistema de observação dos oceanos (GOOS), a manutenção de uma estação de pesquisa na Antártica, a ampliação da frota de navios de pesquisa oceanográfica, tem dado ao país um certo protagonismo, porém menor do que seria de esperar ou seja, apesar de regionalmente predominante, não chega a ser regionalmente dominante (Abdenur e Souza Neto, 2014). Resultado de descontinuidade de ações e restrições econômicas, deixando espaço para outras potências, inclusive fora da região, buscarem maior proeminência no Atlântico Sul. O amplo derramamento de óleo que atingiu grande parte do Nordeste e parte do Sudeste do Brasil no final de 1919 e cujas origens não foram identificadas assim como a constatação, associada, de navios trafegando com o localizador propositalmente desligado, mostra, apenas na área de segurança, que há muito a fazer.

Programas regionais para a gestão oceânica: LME e MPA

Enquanto a entrada em vigor da Lei do Mar levou a uma regionalização delimitada pela morfologia do fundo marinho (Vallega, 2002), o estabelecimento do programa ambiental pelas Nações Unidas, para fins de controle da poluição e proteção de espécies vivas, inseriu a variável ambiental como um contraponto à priorização do desenvolvimento econômico com a identificação e delimitação dos grandes ecossistemas marinhos, (*Large Marine Ecosystems* - LME) para fins de conservação e gestão baseado em ecossistemas (Figura 21.9) e o estabelecimento de áreas de conservação da biodiversidade, as *Marine Protected Areas* (MPA).

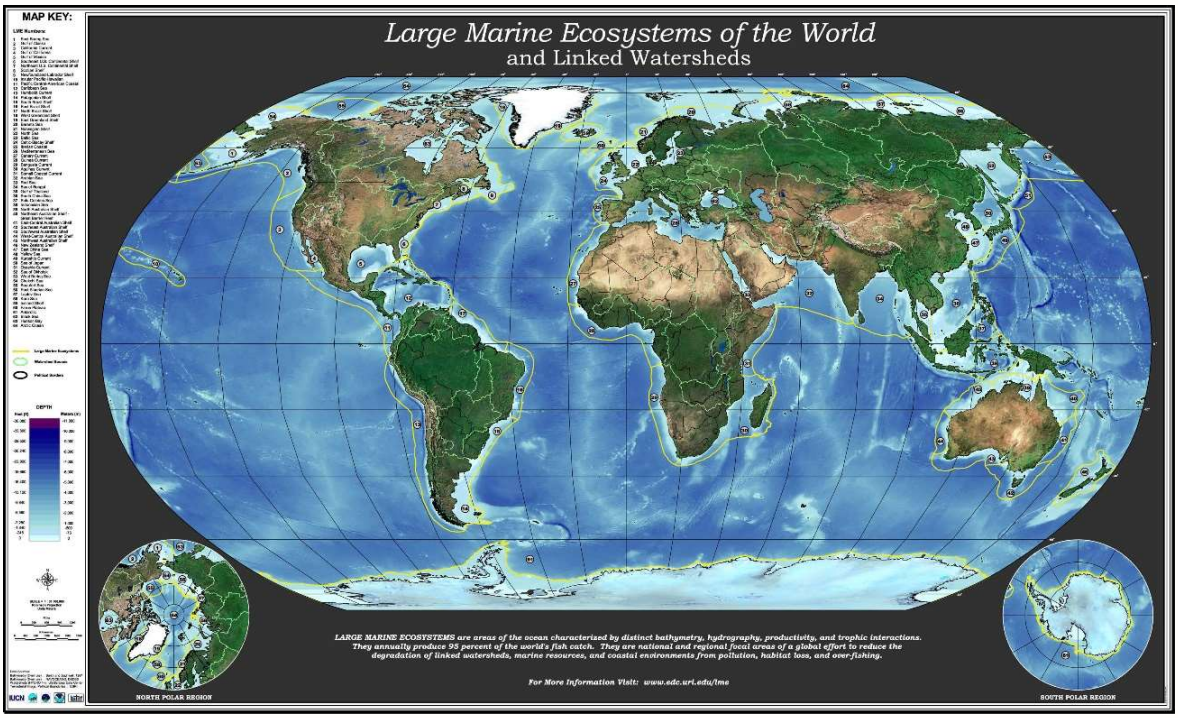


Figura 21.9. Os grandes ecossistemas marinhos compreendendo regiões com mais de 200.000 km^2
Fonte: Wikipedia/NOAA

No caso das LME's, a identificação e delimitação espacial desses ecossistemas, permitiu usá-los como base estatística na avaliação regionalizada da abundância de pesca (Figura 21.10) e sua variação de produção ao longo do tempo além de concentrar ações conjuntas entre países, no sentido de medidas de preservação, ao mesmo tempo em que, segundo Vallega (2002), pode ser particularmente útil na gestão costeira e na concepção de programas de desenvolvimento sustentável envolvendo amplos espaços das margens continentais. Na Figura 21.10, estão ressaltadas as regiões de maior abundância de pesca, como na corrente de Humboldt (Peru), Baía de Bengala, Mar da China Meridional, Mar da China Oriental e no Mar Amarelo, mas também a diferença entre baixa abundância na plataforma continental do Brasil e a elevada abundância na plataforma atlântica da África, ali associado à maior intensidade da ressurgência. Já na Figura 21.11, é ressaltado que as mesmas regiões apresentaram um largo incremento da pesca no período analisado, o que deve explicar a sobrepesca em partes do Mar da China Meridional.

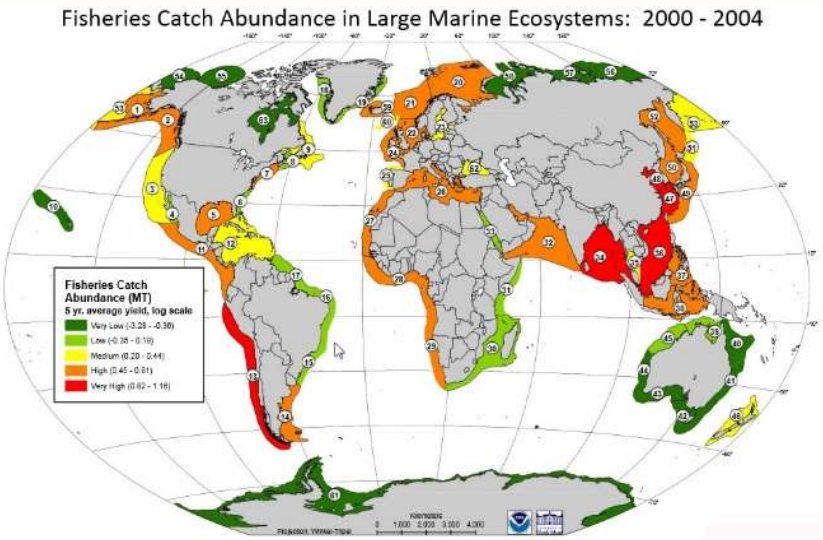


Figura 21.10. Abundância de pesca nos LME
Fonte: NOAA

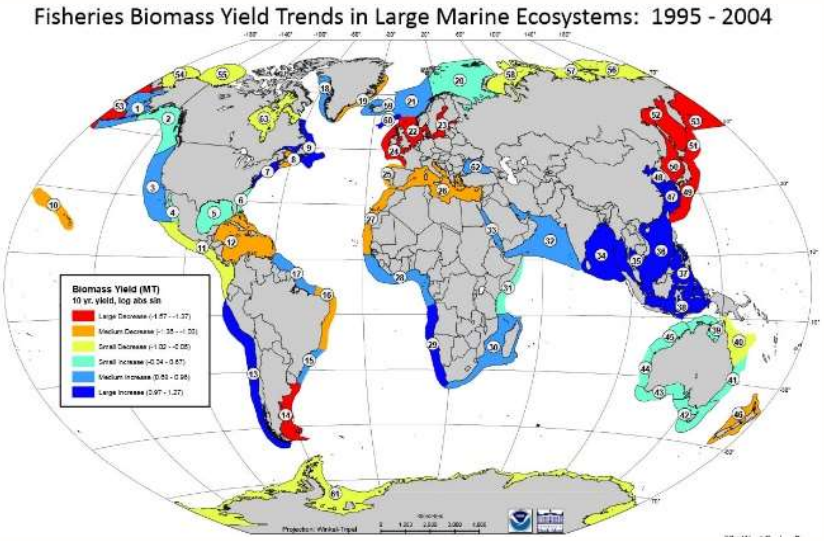


Figura 21.11. Produção de biomassa nos LME.

Fonte: NOAA

Enquanto essa nova identificação e regionalização de amplos ecossistemas marinhos coincidiu quase perfeitamente com a delimitação físico geográfica proposta por Dietrich (1963) restringindo-se, porém às margens continentais, o estabelecimento de áreas de proteção marinha (MPA) permitiu o descolamento da área costeira para também incorporar áreas oceânicas (Figura 21.12).

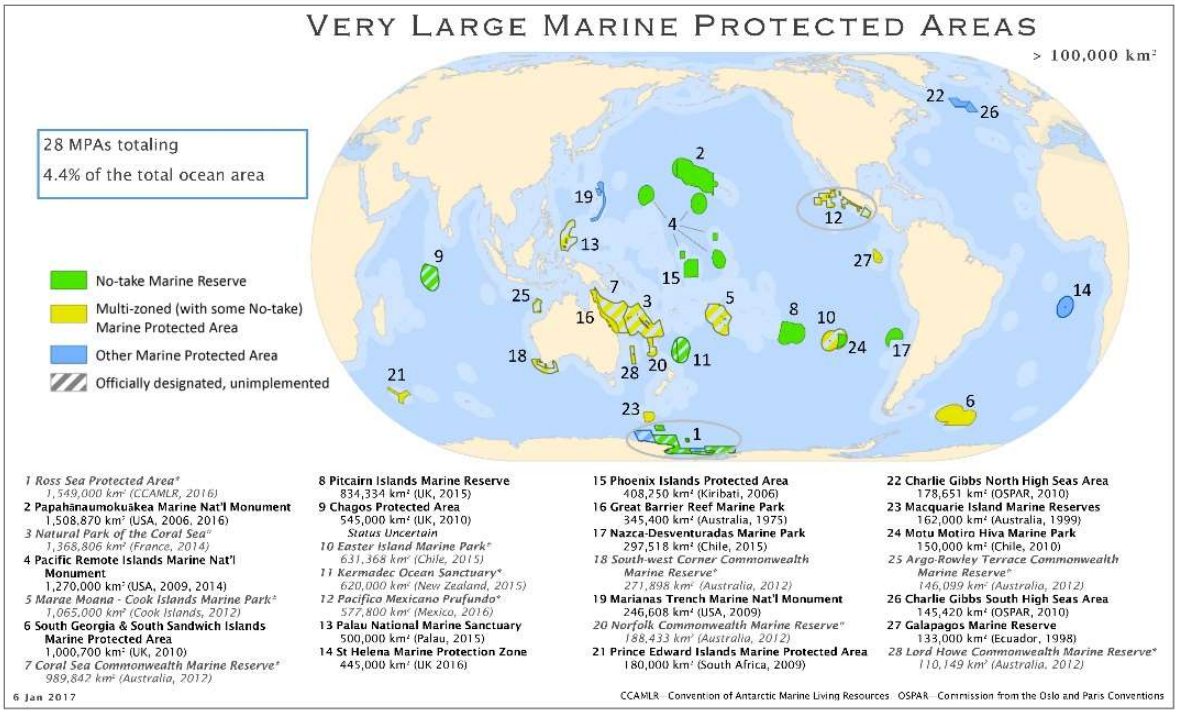


Figura 21.12. Distribuição espacial das grandes áreas de proteção marinha (> 100.000 km^2).
Fonte: Wikipedia

No caso do Brasil, a não inclusão da Cadeia Vitória-Trindade, em seu todo, deixou de dar ao país uma posição de destaque na delimitação de áreas de preservação ambiental marinha, apesar de a soma das áreas das unidades de proteção dos arquipélagos de São Pedro e São Paulo, em Pernambuco, e de Trindade e Martim Vaz, no Espírito Santo, constituírem uma área de 92.000 km^2, muito próximo portanto para entrar na classificação de *grande área de proteção marinha*. Mas, não é tanto pela expressão cartográfica espacial desses ecossistemas, e sim pelas características peculiares de sua evolução geomorfológica e biológica e a conectividades existente entre os ecossistemas dos diferentes montes submarinos que lhe dá unidade geológica, biológica e geográfica e que, ao não ser preservada, abre espaço para sua destruição e a perda da oportunidade de recuperação de estoques pesqueiros.

A escala regional e a região marinha

A delimitação de regiões de maior resolução dentro das áreas de jurisdição não foi um objetivo perseguido pela Convenção da Nações Unidas sobre o Direito do Mar, assumindo como sendo regional todo tipo de coordenação acordado entre Estados parte, sem considerar se essa região

apresenta características que justifiquem considera-la como tal (Vallega, 1994). Ainda segundo Vallega (op. Cit.), uma região marinha é caracterizada por apresentar coesão tanto em termos de suas características naturais quanto do uso dos recursos. Essa classificação coincide, em parte, com a definição de região de Harthshorne (1954) discutido por Vallega (1954) segundo a qual há dois conceitos convergentes de região. De um, o conceito geográfico de que uma região se identifica quando da ocorrência de feições homogêneas, sejam físicas, biológicas, sociais ou econômicas. De outro, uma conceituação política consistindo na identificação e individualização de uma região quando da existência de um sistema de decisão capaz de gerir todos seus componentes, naturais e humanos. Para efeitos de gestão a otimização ocorre quando a liderança de um sistema de gestão cobre uma área homogênea. Ou seja, a região política coincide com a região geográfica.

A identificação dos dois tipos de região, conforme Harthshorne é também defendida por Couper (1978), adotando a terminologia de região formal (uniforme, homogênea ou geográfica) de Hartshorne e a região funcional (nodal). A região formal é caracterizada pela homogeneidade de uma ou mais características físicas ou culturais. Seus limites dependem das variáveis consideradas sendo assim de certa forma arbitrários. Já a região funcional se estabelece a partir de uma conexão ou coesão interna que lhe dá um funcionamento unificado. Por exemplo, a organização do espaço em função de um centro urbano polarizado, resulta de uma hierarquia entre cidades de sua influência e se reflete também na organização do espaço por atividades agrícolas ou industriais por exemplo. O espaço físico sobre o qual se estabelece esta organização não necessita ser homogêneo. Mas o todo funciona de forma interdependente até o limite com outro centro polarizador. No caso do mar as atividades de explotação, seja de pesca, mineral, turística ou de navegação, levam a relações de interdependência com a região costeira que se organiza de acordo com as trocas de bens e serviços associados. Seria interessante, como exemplo, para identificar a extensão de uma região funcional marinha, mapear as ligações telefônicos realizadas a partir das plataformas de petróleo para os diversos destinos e vice versa, e se teria uma ideia da intensidade e abrangência espacial das relações entre essa área de atividade exploratória e a respectiva retroterra.

De todas as regionalizações até agora apresentadas, a que mais se aproxima de uma região geográfica é a dos ecossistemas marinhos, ao apresentar uma certa homogeneidade do substrato, das características oceanográficas e, o mais importante, da conectividade. Todas as outras tem seus limites definidos pela morfologia da margem continental ou por fronteiras oceanográficas como frentes de convergência ou divergência. Não apresentam resolução espacial para a identificação de unidades que possuem coesão interna através de suas relações de interdependência. São, pois, regiões fisiográficas, biogeográficas, políticas ou geopolíticas, regiões formais portanto, baseados na uniformidade de características oceanográficas ou geomorfológicas, numa escala de reconhecimento, mas não de gestão. Não obstante, a definição de limites jurisdicionais representa um passo fundamental para definir, e até certo ponto disciplinar, a questão, segundo Couper (1978), de quem pode fazer o que, onde, quanto e quando. Ainda, segundo Couper (op. cit.):

> "*(...)a alocação dos espaços marinhos e recursos associados está submetida a múltiplos interesses internacionais, nacionais e regionais e a um crescente volume de dados científicos, muitas vezes díspares e uma falta de conceitos e metodologias geográficas e econômicas para a tomada de decisão considerando alternativas políticas numa situação de defasagem entre a percepção de formuladores de políticas em relação aos interesses nacionais em dividir os espaço marinho e seus recursos e a realidade da unidade ecológica e geográfica*". (Couper, 1978, p.296)

Nesse contexto é ilustrativo representar uma matriz de conflito entre as diversas atividades de uso do mar, demonstrando claramente a necessidade de um sistema capaz de disciplinar a organização dessas atividades num dado espaço marinho.

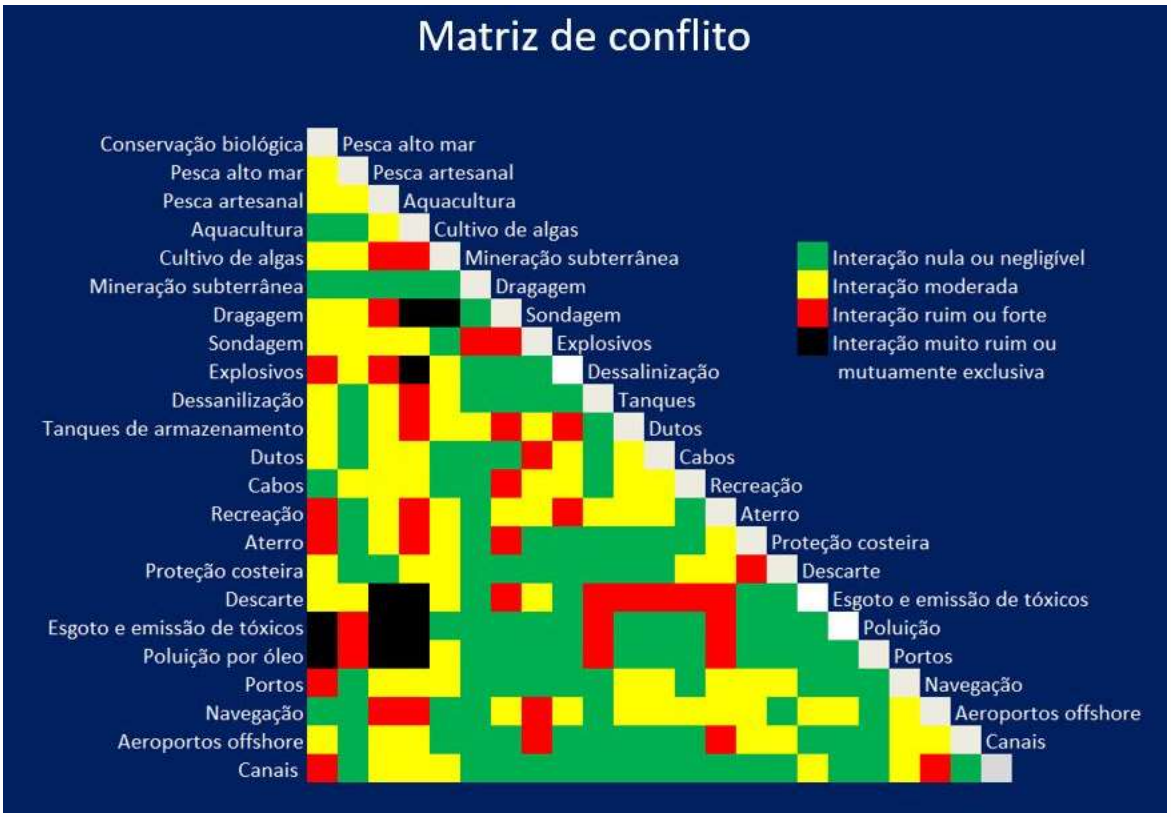


Figura 21.13. Matriz de conflito entre as diversas atividades no mar.
Fonte: Adaptado de Nações Unidas (1977 apud Couper, 1978).

A região costeira e a região oceânica na perspectiva da gestão.

A região costeira, na perspectiva de uma regionalização marinha, engloba toda a margem continental, devendo ser tratada na perspectiva do desenvolvimento sustentável, ao englobar recursos minerais e biológicos essenciais à sobrevivência de grande parte das populações costeiras, constituindo um nicho para a construção de regiões costeiras sustentáveis (Vallega, 1994). Já a área oceânica compreende espaços, além da margem continental, essencialmente formada pela Área e, portanto, submetida a um regime especial de concessão de exploração de seus recursos minerais. Segundo Vallega (2002), pode se identificar duas espacializações distintas. A primeira, mais abrangente, compreende a área frequentada pelo uso comum e tradicional sem se beneficiar de um sistema organizacional bem definido. A exploração de seus recursos pode ter gerado diferenciações espaciais sem obter a coesão necessária que resulta de um plano organizacional. Já a região oceânica resulta de um plano organizacional que permite atender objetivos bem específicos em termos ambientais, de gestão e de desenvolvimento econômico, sendo produto de extensiva interação do homem com o ecossistema oceânico e de uma abordagem política do ambiente oceânico.

No que concerne as regiões costeiras, Vallega (2002) as classifica em função da existência de programas de gestão costeira em maduras, em maturação e pouco organizadas (Figura 21.14). As regiões assinalas correspondem à situação no final da década de 1990. Muita coisa mudou após a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), a Rio 92, com a Agenda 21, no sentido de, atualmente, quase todos os países costeiros desenvolverem Programas de Gestão Costeira Integrada, com maior e menor sucesso e com diferentes graus de cobertura, em parte impulsionados pelas previsões de mudança do clima e o consequente aumento da vulnerabilidade costeira e efeitos sobre a pesca.

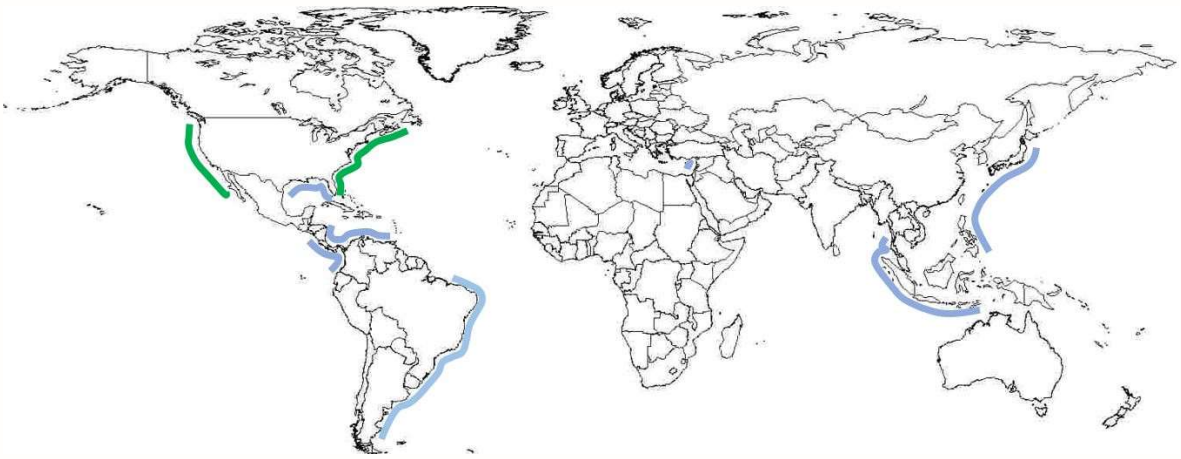


Figura 21.14. Distribuição geográfica de programas de gestão costeira e oceânica no final da década de 1990. Em verde, áreas costeiras nas quais todos os Estados realizam gestão costeira integrada, tendendo à criação de regiões costeiras maduras. Em azul, áreas onde 40 a 60 porcento dos Estados realizam programas de gestão costeira, tendendo a criar regiões costeiras em maturação. Atualmente, 2020, praticamente todos os países exercem algum tipo de gestão costeira integrada.

Fonte: Adaptado de A. Vallega (1998).

Já a área oceânica, com exceção da pesca, ainda não apresenta o grau de exploração capaz de permitir a identificação de uma região, ficando restrita às proximidades de ilhas oceânicas, favorecendo inicialmente o desenvolvimento de regiões costeiras. A ocorrência de recursos minerais estratégicos, no entanto, (Figura 21.15), e a pesca em águas profundas, tende a alterar essa situação, sendo que um padrão organizacional e de supervisão já é dado pela autoridade do fundo marinho.

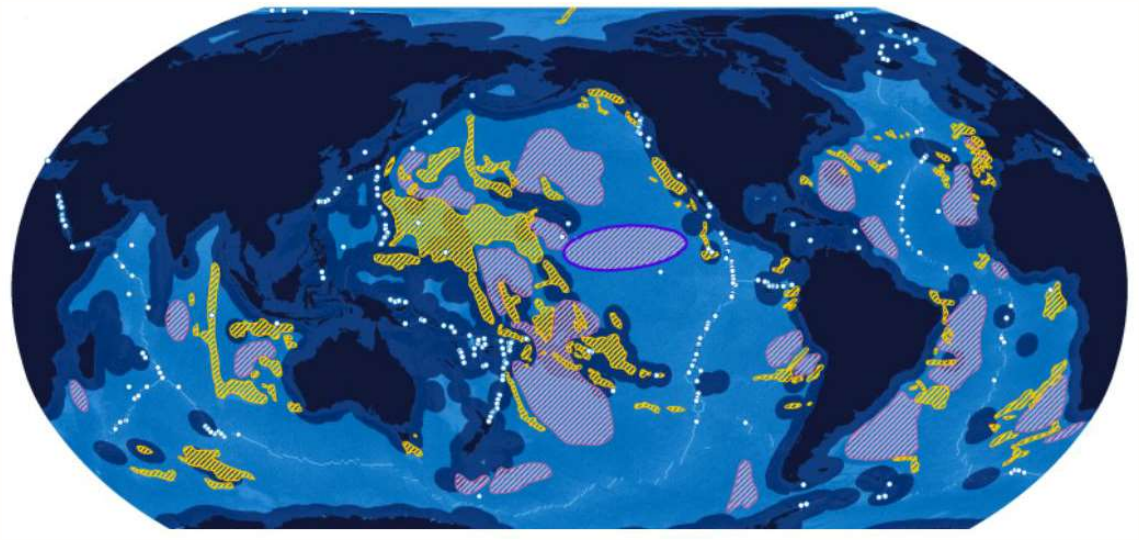


Figura 21.15. Distribuição espacial de nódulos polimetálicos (hachurado azul), crostas metalíferas (hachurado amarelo) e sulfetos em depósitos hidrotermais (pontos brancos). Em azul escuro Zonas Econômicas Exclusivas).

Fonte: Extraído de *Nature: Sunken treasure*.

Considerações finais

A identificação e delimitação de áreas ou regiões com conectividade que lhes dê um status de unidade representa certamente um elemento importante no estabelecimento de regras de uso e preservação podendo constituir uma ferramenta importante na tomada de decisão sobre o que é permitido fazer, onde e por quem.

A busca de compartimentação da zona costeira por algum critério de homogeneidade e, mais ainda, de conexão, vem desde o trabalho de classificação do litoral brasileiro por Silveira (1964), e de todos os outros que lhe seguiram, baseado numa abordagem essencialmente na identificação de formas e processos físicos. Uma significativa mudança de enfoque ocorreu com a publicação do "Macrodiagnóstico da Zona Costeira na Escala da União" (MMA 1996), pelo Ministério do Meio Ambiente, com participação expressiva de geógrafos, seguido do "Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha" (MMA 2008). Esse último, ao incluir de forma expressa a zona marinha, representa mais um passo em direção à inclusão do mar na gestão costeira e, também em incluir variáveis sociais e econômicas além das físicas, estando, porém, ainda longe de delinear uma regionalização geográfica marinha. Pelo lado das ciências biológicas, especialmente da pesca, o *Programa de avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva* (Ministério do Meio Ambiente – REVIZEE, 1994), abriu uma nova dimensão integrando condicionantes físicos, químicos, geológicos, biológicos e de prospecção pesqueira com o objetivo de avaliação do potencial de pesca e gerando como subproduto uma caracterização do espaço marinho esboçando, assim, os primeiros contornos de uma regionalização numa LME, um componente essencial para a identificações de regiões oceânicas.

Tomando como um todo, e como exemplo, a Bacia de Campos, juntamente com a Bacia do Espírito Santo, com seus campos de exploração de petróleo pode ser considerada uma região oceânica. Apresentam conectividade considerando a atividade econômica principal, uma unidade geológica, integração com a área costeira e uma gestão centralizada sobre as atividades de exploração. Mas,

se formos olhar com mais cuidado, veremos que a morfologia do fundo é bastante variada, com domos de sal localizados, um conjunto incluindo a plataforma continental e o talude, este último com cânions e paleo canais, com correntes da superfície ao fundo em múltiplas direções. Já na Bacia do Espírito Santo, a Plataforma de Abrolhos e a Cadeia Vitória-Trindade, podem ser individualizadas como uma região homogênea, dentro da região oceânica, sob o ponto de vista de sua conectividade biológica e os geohabitat associados às formações coralíneas e algais da superfície do fundo e do topo das montanhas submarinas. Mas há diferenças na morfologia, uma plataforma ou terraço em um Parque Nacional Marinho, no caso de Abrolhos, versus uma sequência de montanhas submarinas, sujeitas à pesca não controlada e a um possível desenvolvimento de turismo de mergulho de contemplação. Seria então melhor dividir, em função de sua geomorfologia? Que outros parâmetros poderiam ser considerados? A própria ZEE das Bacias de Campos e Espírito Santo apresenta, além das plataformas de perfuração com os dutos submarinos, o transporte de pessoas e cargas via embarcação e helicóptero, outras atividades, como a pesca artesanal de pescadores baseados em vários unidades geomorfológicas do litoral como os estuários do Itabapoana, do rio Doce, do rio Macaé, da Lagoa de Araruama e dos cordões litorâneos entre o Cabo Frio e Niterói, cada grupo residindo em diferentes ambientes geomorfológicos, com um sistema de distribuição do pescado também diferente e utilizando pontos de pesca mais ou menos individualizados se estendendo para ambas as Bacias. (Figura 21.16).

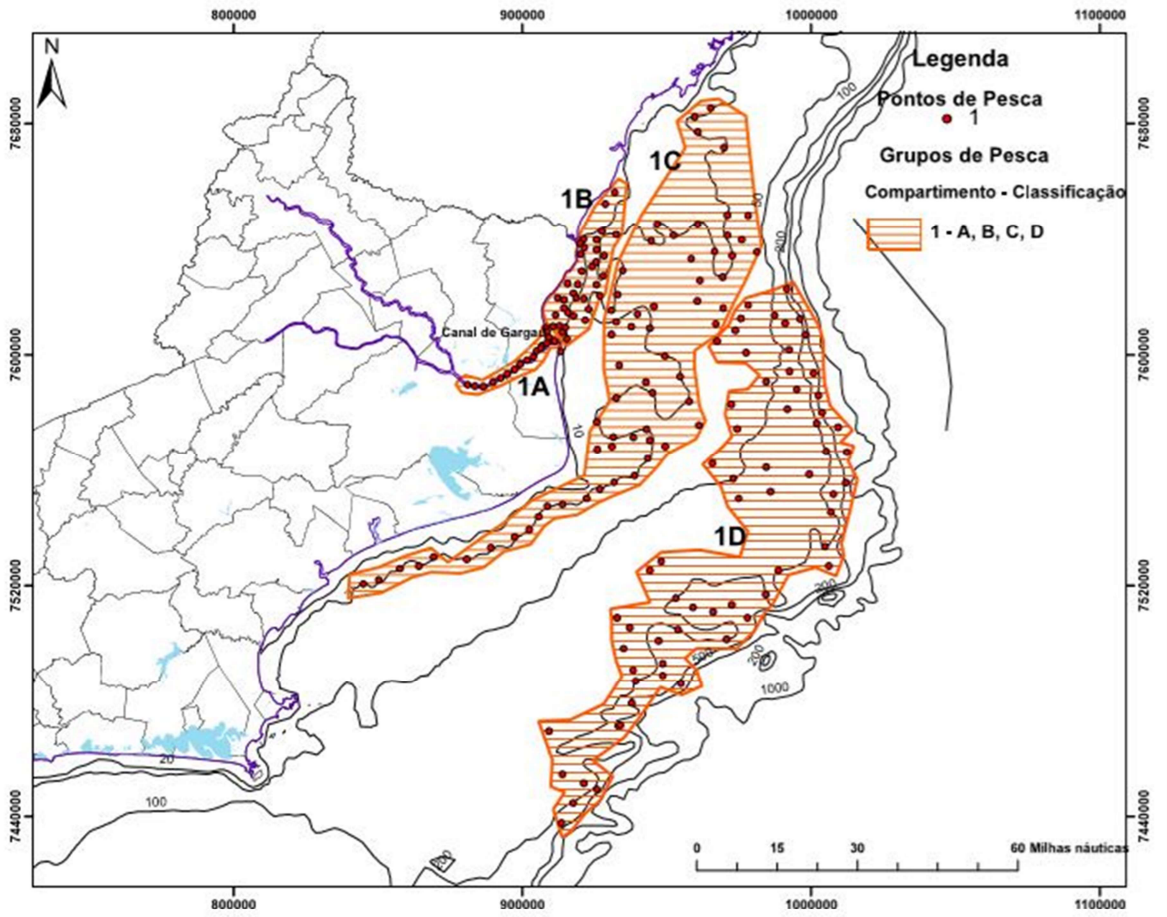


Figura 21.16. Áreas de pesca explotadas por pescadores artesanais autônomos baseados entre a foz do rio Itabapoana e o rio Paraíba do Sul (RJ).

Fonte: Garcez, D.S. (2007).

Outras atividades deverão ser consideradas, conjuntamente com os aspectos ambientais, sociais e econômicos, como mineração de areia e carbonatos, instalação de fazendas de aerogeradores, novos portos e num futuro não tão distante, a construção de cidades flutuantes. Certamente não de imediato, mas como possibilidade real futura, já em discussão, por exemplo, em ilhas do Pacífico, como Taiti, face à baixa altitude e elevada ocupação de sua planície costeira, extremamente vulnerável à elevação do nível do mar (Figura 21.17).



Fig. 21.17. Projeto Cidades flutuantes.
Fonte: *The Seasteading Institute*. https://www.seasteading.org/

Ainda está longe a identificação e transformação da maioria das áreas oceânicas em regiões marinhas, mas é uma transformação em andamento em muitos lugares. O perfil do profissional que atuará na identificação dessas unidades e atividades de gestão associadas, dependerá muito da sua formação e motivação. Deverá ser conhecedor, sob os pontos de vista físico, social e tecnológico, das múltiplas características das diferentes áreas. Fará parte, certamente de equipes multidisciplinares. O geógrafo, tanto o físico quanto o humano, pela sua formação e tradição pela análise regional, assim como sua visão de integração, tem um perfil que se ajusta à essa demanda, mas terá a concorrência de outros profissionais. Para sua adequação os Departamentos de Geografia e seus programas de pós-graduação terão que ajustar seu corpo docente e oferecer a formação necessária direcionando o foco também para os oceanos, o que inclui a participação em expedições oceanográficas para conhecer e operar os diferentes equipamentos de medição e coleta a também estabelecer laços com outros profissionais que atuarão no mesmo ambiente de pesquisa e gestão. No Brasil, alguns departamentos já oferecem disciplinas de Geografia Marinha ou outras ligadas às ciências do mar, sendo que, além de aprimorar a formação técnica de geógrafos, deverá também focar na formação de docentes para o ensino básico, já que são os professores de Geografia e biologia os que transmitem conhecimentos sobre o mar, tanto mais necessário, quanto mais vulnerável se encontra o nosso litoral e o ambiente marinho.

Referências bibliográficas

ABDENUR, A.E.; SOUZA NETO. D.M (a). Rising powers and the security – development nexus: Brazil's engagement with Guinea-Bissau. **Journal of Peacebuilding & Development**, v.9 n. 2, 2014.http://dx.doi.org/10.1080/15423166.2014.950118.

ABDENUR, A.E.; SOUZA NETO. D.M. (b). Region building by rising powers: The South Atlantic and Indian Ocean rims compared. **Journal of Indian Ocean Region.** p. 1-17. 2014. http://dx.doi.org/10.1080/19480881.2014.896103.

COUPER, A.D. Marine resources and environment. **Progress in Human Geography**, v.2 n.2 p.296-30, 1978.

DIETRICH, G; KALLE, K. **Allgemeine Meereskunde.** Gebrüder Bornträger, 1957.

DIETRICH, G. **Ozeanographie**. Das Geographische Seminar. Braunschweig, Westermann, 1959.

DIETRICH, G.; KALLE, K.; KRAUS, W.; SIEDLER, G**. Allgemeine Meereskunde.** 3a edição atualizada. 1975, 591 p.+ tabelas**.**

DIETRICH, G. **General Oceanography.** John Wiley & Sons Inc. 3a Edição. 1963, 588p.

GARCEZ, D.S. **Caracterização da pesca artesanal autônoma em distintos compartimentos fisiográficos e suas áreas de influência, no estado do Rio de Janeiro.** Tese de Doutorado Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 125p. 2007

GAKKEL, Y.Y. The continental slope as a geographical zone in the Artic Ocean. **Izv. VGO**., 6, 1957.

HARTSHORNE, R. Political geography. In: **American Geography: Inventory and Prospects**, ed. P. E. James & C. F. Jones. Assoc. Am. Geographers and Syracuse University Press, Syracuse, NY, p. 167-225, 1954.

HUMBOLDT, A.; BONPLANT, A.G. **Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einem Naturgemälde der Tropenländer**. Tübingen, G. Cotta e Paris: F. Schoell, 1807.

JECK, I.K.; ALBERONI, A.A.L.; TORRES, L.C. LEPLAC-Plano de Levantamento da plataforma continental brasileira/DHN, Marinha do Brasil. **Plataforma Continental Brasileira**. Série I. estado do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. (Org.) Dias, M.S.; Bastos. A.C.; Vital, H. Rio de Janeiro, P2GM Projetos e Produções. 2019. https://storage.googleapis.com/wzukusers/user-31897907/documents/5e063b52ae77eG12LMBK/Livro_Plataforma_Continental_Brasileira_PGGM_Serie_I_rev_27_12_19.pdf

LEINT'EV, O.K. **Osnovi fizicheskoy geografii Mirovogo okeana** [Fundamentos de Geografia Física dos Oceanos]. Moscou, 1974.

MAURY, M. **Physical Geography of the Sea**. London, 1860.

MEDI, A. Borders come and go, but Geography remains**. Stratfor Worlview**- **Global Affairs** maio, 28, 2016.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa de avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva (ReviZEE)**. 1994. https://www.mma.gov.br/component/k2/item/7598-programa-revizee-antecedentes.html

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil na escala da União**. MMA, UFRJ, LAGET, Brasília, 1996. 280 p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, Brasília, 2008. 242 p.

http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/sedr_mma_72.pdf

MORRIS, J. The meaning of Geography is changing, not disappearing. **Stratfor-Worldview**. Maio, 18, 2016.

PANOV, D.G. **Physical-geographic regionalization of the Artic**. Uch. Zap. LGU, ser. geogr, 1949, n.124.

PANOV, D.G. **On underwater landscapes of the worlds ocean**. Izv. VGO, 1950, n.6.

SILVEIRA, J.D. Morfologia do litoral. In: AZEVEDO, Aroldo de (org.) **Brasil, a terra e o homem**. São Paulo. 1964. pp. 253-305.

SOLNSEV, N.A. Vestnok Moskovskogo Universiteta, **Geografiya**, n. 1, p. 12-18, 1978. [Physical-Geographic regionalization of the world ocean. American Geographical Society. **Soviet Geography**, Review and translation. v. XX, n.3, p. 154-159. 1979].

THOMPSON, C. **Sea People** - the puzzle of Polynesia**.** HarperCollins e-books. 2019.

UNITED NATIONS. Twenty-fifth Session of the General Assembly, **Resolution 2749. Declaration of principles governing the sea-bed and the ocean floor, and the subsoil thereof, beyond the limits of nations jurisdiction**. 17 December 1970. https://undocs.org/en/A/RES/2749(XXV).

UNITED NATIONS. **The Law of the Sea**. United Nation Convention on the Law of the Sea. Division a for Ocean Affairs and the Law of the Sea. 1997. https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf

UNITED NATIONS. **Submission by State**. Division of Ocean Affairs and the Law of the Sea. https://www.un.org/Depts/los/clcs_new/commission_submissions.htm

VALLEGA, A. The Regional Scale of Ocean Management and Marine Region Building. **Ocean & Coastal Management,** 24 p.17-37, 1994.

VALLEGA, A. Agenda 21 of ocean geography. In: **Geography, oceans and coasts toward sustainable development**. In: VALLEGA, A.; AUGUSTINUS, P.G.E.F.; SMITH, H.D. (Ed.) Franco Agneli, Milão, 1998, p. 17-116.

VALLEGA, A. The regional approach to the ocean, the ocean regions, and ocean regionalization-a post-modern dilemma. **Ocean & Coastal Management**, 45, p. 721-760, 2002.

Dieter Muehe é geógrafo, Doutor em Ciências da Natureza pela Universidade de Kiel, Alemanha e Professor Titular aposentado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Participa atualmente do projeto de monitoramento do impacto dos rejeitos de minério na zona costeira sob influência do Rio Doce, ES, (RENOVA), junto ao Programa de Pós Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail dieter.muehe@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/6017845242163890

Capítulo 22

Contribuições para a regionalização do mar brasileiro: parâmetros conceituais e abordagens

Daniel Hauer Queiroz Telles

Introdução

Condicionado a objeto científico e político o mar se reduz a ente racional, ainda que seja elevado a fenômeno de compreensão e de base à vida social. Sua organização pressupõe inteligibilidade, tendo em vista que sua natureza de propriedade soberana e comum, seus direitos de uso e suas técnicas de domínio apresentam desafios de abordagem espacial comuns e heterotópicos (Valverde, 2009; Claval, 2010), ainda latentes. Este capítulo visa contribuir com uma regionalização do mar brasileiro, discutindo parâmetros conceituais que se fazem necessários e sem pretender um desfecho. Parte do princípio de que seja necessário, antes, reconhecer no que consiste uma abordagem espacial sobre as já existentes regionalizações do mar, e então integrá-las sob um olhar geográfico contemporâneo. Não partindo do espaço como um conceito órfão, portanto, se lançarão esforços sintéticos e propositivos para sustentar o caminho ao que se pretende alcançar.

É notório que o mar represente fonte de recursos e de serviços inestimáveis para o desenvolvimento das sociedades, bem como sustente situações e eventos que possam levar a oportunidades ou problemas para tais sociedades. Diante da extensão expressiva de sua área territorial marítima, o Brasil possui menos avanços do que desafios acerca de procedimentos de gestão desta sua superfície de abrangência, acrescida de seus conteúdos geofísicos e ecossistêmicos. Há contribuições, além de práticas, de cunho teórico a serem aprofundadas para viabilizar essa incursão (Muehe, 2018).

▪ COMO CITAR:
TELLES, D. H. Q. Contribuições para a regionalização do mar brasileiro: parâmetros conceituais e abordagens. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 515-530. ISBN 978-65-992571-0-0

Este trabalho defende, de antemão, que o espaço constitua campo analítico conceitual, sem o qual não seja possível promover o mar à transcendência da noção de hidrosfera ou espaço natural (Dollfus, 1982), para instância de análise do sistema-mundo (Dollfus, 1993; Wallerstein *apud* Martins, 2015) - inerentemente social e complexa. Deste modo, as ações nele ocorridas passam a ser reconhecidas dentro de uma abordagem territorial, possibilitando ulteriores sistematizações analíticas, pretensões integradas de planejamento, gestão e governança. Não basta dizer, simplesmente, que o espaço é a chave para a compreensão de políticas públicas adjetivadas de ambientais, territoriais, regionais, urbanas, rurais, mas entendê-lo e questionar "a que espaço está se fazendo referência?" (Steinberger, 2006, p.33). Um sistema de ações[1] que opera em uma paisagem aparentemente homogênea, atribuindo-lhe multifuncionalidade que abrange desde fonte primária de recursos, passando pelo cabedal dos reconhecidos serviços ecossistêmicos, até saída de circuitos de usos antrópicos, estendendo, inequivocamente, o mar ao ecúmeno terrestre (Do Rio, 2018), portanto das lógicas de um espaço habitado (Santos, 1997), dentro de suas especificidades regionais.

O tratamento dos mares nacionais tem sido um desafio para fins de planejamento. A compreensão do mar, enquanto espaço geográfico, sugere que o mesmo tenha um entendimento científico do ponto de vista relacional que incorpore a sociedade e a natureza ao resgate da combinação entre heterogeneidade e homogeneidade do caráter integral do meio geográfico, em suas matrizes clássicas (Moreira, 2015). Noção esta que oferece recursos abstratos de abordagem remetendo a um debate epistemológico em aberto para as ciências do mar, em partes atendida pela cobertura temática socioambiental. Na medida em que tais disciplinas se veem desafiadas a compreender a historicidade dos oceanos (Bolster, 2006), a Geografia se vê desafiada em sua discreta atuação sobre tal objeto, fronteira em aberto para a ciência.

Parâmetros conceituais sobre a regionalização constituem em contribuição ao mar voltada ao seu ordenamento normativo, transcendendo-o à noção de território, para seu entendimento complexo, e não apenas sua compreensão clássica (Saquet, 2007), tal como na nomenclatura formalizada no direito internacional (mar territorial). Isso dirige respeito aos aspectos inerentes de uso pela sociedade, em que se enquadram as ações[2]. A regionalização é fruto de uma abordagem sobre as formas inteligíveis de apropriação do espaço, que lhe permitem projetar relações de poder no estabelecimento de fronteiras reais de uso. Este uso pode ser realizado por diferentes agentes representados por figuras, tais como o Estado, as empresas, as comunidades ou a ciência, com destaque para a ascensão cíclica do primeiro (Becker, 2015). É território usado pois expressa, de maneira complexa, modos de vida, de produção e de governo em alguma medida materializados nas dinâmicas e nos fluxos ocorridos nesse espaço, denotando sua heterogeneidade não aparente através da paisagem.

Tal incremento teórico não poderia ser fortuito fora de uma profunda contribuição da Geografia, em que seu arcabouço epistemológico se faça tornar útil a expertise de superações paradigmáticas no tratamento dos conceitos e categorias de análise (Gonçalves, 1988; Santos, 1996; Haesbaert, 2015). Em tempos que os usos exercidos pela sociedade sobre o mar intensificam-se, de maneira direta e indireta, quais os parâmetros para uma projeção heterogênea de compreensão do espaço marinho/marítimo?

---

[1] Por ações ocorrentes no mar podem-se citar como exemplos os diferentes fluxos civis, militares e comerciais; a pesquisa científica; as decisões políticas sejam elas oficiais, formais, informais ou ilegais (sic); o extrativismo pesqueiro, vegetal e mineral; a instalação de próteses e outros objetos técnicos para suporte à quaisquer atividades humanas, tais como sondagens e exploração de recursos energéticos, bases artificiais de apoio à produção aquícola; os diferentes usos desportivos, turísticos, de espionagem e bélicos.

[2] Considerar a nota anterior.

A presente discussão pretende dar sequência ao debate já iniciado sobre aprimoramentos na definição do espaço marinho (Telles, 2018), mais distinta e complementarmente apresentado enquanto espaço marítimo (Do Rio, 2018). Ao contrário de pretender uma separação entre as vertentes de especialização da disciplina geográfica, o que se busca é fortalecer os aspectos metodológicos das abordagens sobre o mar, embasando-os de conceitos e qualificando leituras prévias ao pragmatismo do processamento cartográfico de dados. De modo que o mar possa ser gerenciado enquanto território, que conceitos arranjados desde uma perspectiva da Geografia podem contribuir na definição de recortes por área e projeção de limites espaciais no mar? Dentre as categorias de abordagem espacial úteis à interatividade científica e política para o mar está, portanto, a regionalização.

Tal questão introdutória se faz necessária, levando em consideração o tratamento polissêmico que o espaço possibilita, e as respectivas derivações de abordagem para a região (Lencioni, 1999; Gomes, 2000; Corrêa, 2003). Uma proposta de enquadramento das abordagens sobre o mar é preliminarmente sugerida, visando demarcar as sobreposições de tratamento específico ao espaço marinho/marítimo, ainda que reconhecendo suas aplicações de tratamento genérico (sentido amplo), diante do caráter internacional e interdisciplinar em franca ascensão em fóruns e debates sobre o assunto. Fato este que reforça a importância da presente contribuição.

A necessidade de se avançar em proposições e em um papel ativo do conhecimento geográfico para as ciências do mar culmina na proposição de um modelo conceitual na primeira parte do trabalho. Nela se estabelecem conectividades entre escalas e áreas do conhecimento, onde a regionalização absorve as diferentes possibilidades de abordagem do que se entende por espaço marinho brasileiro (Muehe, 2016) como procedimento metodológico amplificador de sua condição espacial (Telles, 2018).

Apresenta-se, a seguir, o balizamento de ordem escalar e totalidade, com breves argumentações de suporte a ambas as categorias de análise. Através delas, se pretende fornecer parâmetros de abordagem múltipla na perspectiva da complexidade geográfica, em que a escala transcende à perspectiva métrica (Castro, 1993; Machado, 1995; Lacoste, 2010; Corrêa, 2010), deixando de estabelecer certezas ou exatidões, mas sim uma qualificação argumentativa na compreensão contemporânea do espaço e as devidas atenções para sua abordagem enquanto totalidade espacial (Massey, 2005; Camargo e Guerra, 2007; Santos, 2008).

Lançar mão desses recursos conceituais para a facilitação da inteligibilidade dos oceanos no mundo contemporâneo introduz a um instrumental teórico menos usual às ciências do mar. Dirige-se, na segunda parte, encaminhamentos em torno da regionalização para essa fronteira do conhecimento científico, consistindo em contribuição epistemológica da disciplina geográfica ao embasamento de práticas de pesquisa e de gestão em curso (Vallega, 1999). Atendidos os aspectos teóricos e conceituais de sustentação, são apresentados exemplos de regionalização do mar que já existem no plano científico ou político brasileiro. De que modo tal processo se materializa no Brasil, e quais os parâmetros a serem observados para que se compreenda como uma ferramenta integrada?

Trata-se de um primeiro leque de possibilidades de apreensão que pode ser aprofundado, na medida em que estudos e dados espaciais sejam ampliados, qualificados e disponibilizados para o mar brasileiro. Outros estudos de ordem complexa podem ser prosseguidos sob a proposta de regionalização, como etapas de colaboração na conectividade entre conhecimento e governança. Espera-se que os mesmos possam dialogar desde uma base metodológica convergente, em que alguns apontamentos do presente trabalho sejam úteis.

O espaço marinho/marítimo: modelo conceitual analítico

O espaço marinho/marítimo é objeto de múltiplos tratamentos. Em um contexto geral, todos possuem alguma sustentação científica e de subespecialidades. Das diferentes abordagens espaciais para o mar, pode-se ilustrar desde as de apreensão da geosfera e biosfera, e respectivos subsistemas, até aquelas de âmbito geopolítico, de território usado, de governança e seus subsistemas. Com a notória contribuição da Oceanografia sobre os avanços das ciências do mar, a partir do Século 19, as especializações puderam efetivar a gradativa apreensão do objeto, em torno das funções que o mesmo possui para a humanidade (Vallega, 1999).

A tênue diferenciação conceitual entre espaço e território tem um aspecto fundamental para a regionalização do mar, bem como exige equivalente (e também tênue) distinção entre as derivações marinho e marítimo. Estabelecer tais distinções visa evitar a fragmentação e, até mesmo, a polarização de abordagens, situando-as em um mesmo plano conceitual, em que a totalidade espacial possibilite um entendimento histórico e integrado, para além da justaposição de análises que o compõem. É onde o espaço marinho (*lato sensu*) transcende a espaço marinho/marítimo (*stricto sensu*). Este espaço que se busca compreender é o território que se busca intervir.

Sustentar a abordagem espacial como um procedimento analítico às ações políticas do mar brasileiro remete à problematização acerca do reconhecimento acerca de dois modos de referência ao espaço marinho/marítimo: em sentido amplo e em sentido estrito. O campo de atuação do espaço geográfico, referindo-se a trechos da superfície terrestre entre as escalas local e global, contextualiza a presente discussão. A regionalização do espaço marinho/marítimo ocupa um âmbito de extensão escalar intermediário, servindo de plataforma temática de inúmeras abordagens que transitem entre as ciências naturais, humanas e de gestão, bem como de aspectos retrospectivos da formação territorial do mar brasileiro (Machado, 2015; Zanella, 2015).

As ciências do mar encontram na multidisciplinaridade um desafio de orquestramento entre si e na articulação com a gestão territorial. A regionalização do mar deve estar em permanente construção enquanto modelo conceitual, visando tais alinhamentos. Nela importam os aprofundamentos, as especialidades de levantamentos e diagnósticos, mas também as lacunas metodológicas aptas a oferecer uma inteligibilidade sustentadora da ação às distintas áreas de abrangência, em sua diversidade, conjuntura política e uso social.

A abordagem sobre o espaço marinho/marítimo aqui proposta não é uma novidade, mas se constitui em uma síntese técnica de tratamento à capacidade inteligível disponível em suas múltiplas variáveis de análise aos fenômenos marinhos/marítimos no âmbito regional de abordagem. Tais ocorrências auxiliarão a congregar as dinâmicas dos mares, das ações humanas sobre os mesmos, sugerindo redefinições ou o surgimento de regiões oceânicas para fins de ações em gestão territorial. Estas, por sua vez, não apresentam caráter estático, em decorrência das diferentes variações sazonais e sucessões de paradigmas existentes na natureza e na sociedade. Ao tergiversar para abordagens cujos enfoques centrais priorizem ações humanas, tende-se a uma tentativa de enquadramento mais rigorosa, tais como as delimitações administrativas verificadas na maritimidade (Do Rio, 2018).

O estabelecimento axiomático de definição do espaço marinho em sentido amplo (*lato sensu*) para o espaço marinho/marítimo em sentido estrito (*stricto sensu*) terá como fator condicionante a escala geográfica. A regionalização se apresenta como categoria intermediária entre o local e o global às quais se diferem os métodos e embasamento conceitual de abordagens[3].

[3] As escalas local e global não são consideradas na proposta regionalização do mar, uma vez que as suas totalidades e abrangências requerem outro arcabouço conceitual e metodológico de análise. Por um lado, a escala global se dirige ao limite superior de área na totalidade espacial do mar como abordagem geográfica.

Esta preocupação visa embasar os tratamentos conceituais sequenciais em regionalização, além de favorecer a aproximação de consensos analíticos sobre o amplo uso das conjugações e referenciais espaciais sobre o mar. A depender do sentido (amplo ou estrito) da abordagem, este aspecto favorece os encaminhamentos práticos e diminui as sobreposições, não raro ofuscantes, de avanços propositivos para discussões técnicas ou de cunho específico. A depender dos objetivos da pesquisa, modelos conceituais tendem a avançar em suas construções metodológicas, uma vez que a generalidade presente no "espaço marinho" (*lato sensu*) seja diminuída na medida em que se aproxime da gestão territorial. Assim, tem-se um tratamento em sentido amplo para o "espaço marinho", bem como tratamentos específicos desse mesmo espaço/território marinho/marítimo (*stricto sensu*).

Pressupõe-se que as abordagens de regionalização do espaço marinho propiciem horizonte de aplicações metodológicas de uso, pesquisa e jurisprudência. Para conceber essa demarcação paradigmática propõe-se, como critério inicial de orientação, a concepção já estabelecida de ênfase acerca do que se atribui a um fenômeno marinho ou marítimo. Não sendo uma exigência rigorosamente fixa, mas de facilitação, o caráter marinho terá como prevalências as características de embasamento e método desde as ciências conhecidas como naturais, geofísicas e afins. De maneira equivalente, o caráter marítimo referir-se-á desde as ciências conhecidas como sociais, políticas e afins. O modelo conceitual proposto visa exemplificar essa multiplicidade de aplicações das ciências do mar, consistindo-se em uma referência para a regionalização do mar (Figura 22.1).

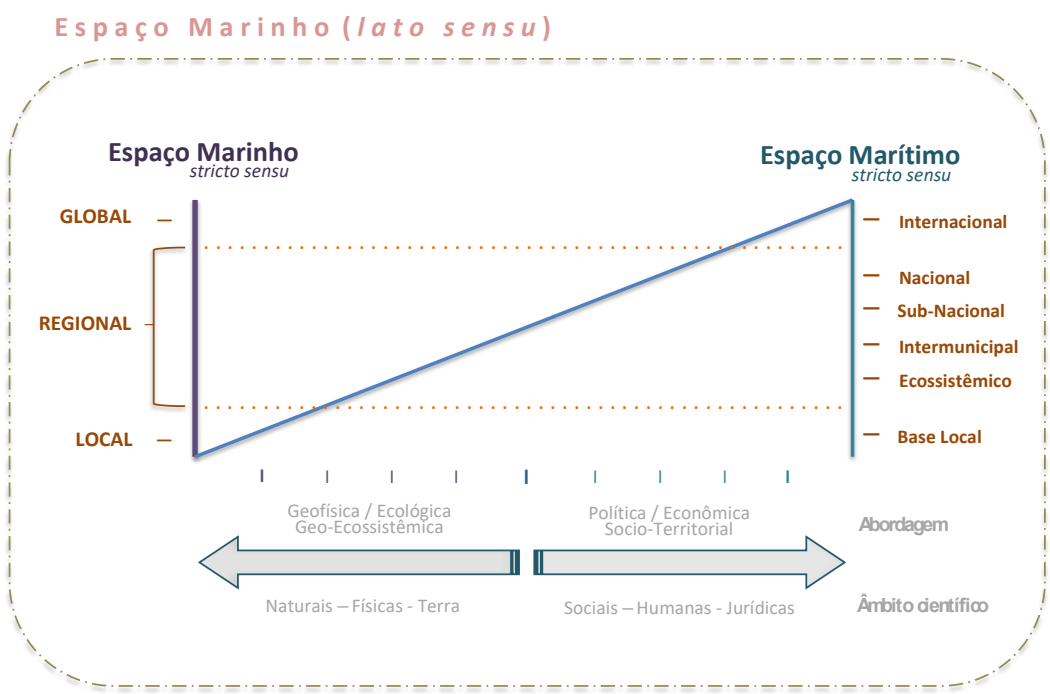


Figura 22.1. Diagrama conceitual de abordagem do espaço marinho/marítimo para a regionalização.

Fonte: o autor, 2020.

Esta escala exige método de cunho mais abstrato, uma vez que a agregação de complexidade se torna mais eloquente, na medida em que se buscam propriedades lógicas de caráter universal. Por outro lado, a escala local se dirige ao limite inferior de área na totalidade espacial do mar como abordagem geográfica. Esta, por sua vez, representa a singularidade do espaço em decorrência do encontro da extensão de todos os subsistemas de análise (Yázigi, 2001), em que se torna possível uma análise integrada mais próxima da holística.

O diagrama pretende estipular orientações de abordagem espacial marinha em três frentes:

1) Na representação das partes externa e interna do diagrama, diferenciando o que seja um tratamento em sentido amplo de outro específico sobre o objeto (espaço marinho);

2) Na representação interna, a variação vertical de amplitude escalar de abordagens. Entre os limites de atuação escalar de abordagem geográfica (global e local), cada qual com suas respectivas orientações metodológicas[4], encontram-se as possibilidades de abordagem regional. Nela estão os recortes de válidos para a presente proposta, em que exemplificações territoriais de abordagem podem ser uma ou mais das listadas ao lado direito da coluna (nacional, que se refere ao território brasileiro; subnacional, que se refere a territórios jurídico-administrativos; intermunicipal, que une mais de um município; ecossistêmica, que abrange territórios caracterizados por abordagem ecológica ou geofísica);

3) Na variação horizontal estão representados os âmbitos científicos e as abordagens (inter) disciplinares sobre os diferentes fenômenos no espaço marinho-marítimo. Neste espectro podem ser projetadas as pesquisas, os estudos e levantamentos e as deliberações sobre o espaço marinho, em sentido específico, ou seja, em que ocorra uma empiria territorial de análise. Aqui, se ocasiona denominá-lo marinho ou marítimo, a depender de sua posição no diagrama, a depender do embasamento teórico de sustentação e método principal de abordagem. Mesmo pesquisas interdisciplinares apresentam um conceito central, em que a abstração pode se tornar uma superação axiomática transdisciplinar, mas também passível de alocação diagramática. Consideradas conjuntamente, as frentes permitem compreender as possibilidades de regionalizações do mar, conforme será exemplificado posteriormente.

Totalidade e escalas para a regionalização do mar

Classificar a superfície terrestre em porções delimitadas de área vem se constituindo em uma prática de racionalização do espaço de longa data. Desta maneira, as sociedades promovem transformações na otimização da exploração e do usufruto dos recursos existentes ao longo do sistema-terra, na medida em que este é ampliado em sua apropriação e convertido em sistema-mundo. Esta transição de ampliação do ecúmeno vem se estendendo ao planeta terrestre, de modo a atingirmos um estágio no qual todo ele já apresenta interferências diretas e indiretas da ação humana.

A abordagem regional se constitui em prática corrente na Geografia, com avanços teóricos em âmbito científico e político. Longe de um consenso procedimental, é passível de diferentes proposições, em que as heterogeneidades de conteúdo espacial são diversificadas, o que leva a considerar a região categoria analítica espacial complexa na dialética dos processos espaciais (Limonad, 2015). A regionalização, por sua vez, deriva da abordagem regional com aproximação de uma dimensão política e que envolve componentes ideológicos e de valores (Ribeiro, 2015), orientando a conectividade entre espaço a território, em uma variação tênue de abordagem em que este aproxima-se da Política, enquanto aquele da Filosofia.

Em termos de análise geográfica, a multiplicidade de variáveis passíveis de abordagem remete a um, não menos amplo, leque de métodos de trabalho. A apreensão da superfície terrestre, bem como seus conteúdos territoriais apresentam características que as definem sob diferentes enfoques, a depender do contexto histórico e geográfico, bem como das influências filosóficas e

[4] Por local e global atribuem-se, com as devidas especificidades que não se adentrará na presente discussão, as definições complementares de lugar e mundo, em que metodologias próprias conduzem à inteligibilidade de fenômenos, ora particulares e de abrangência única, tal qual a contribuição conceitual de lugar enquanto a singularidade do espaço (SANTOS, 2008; YÁZIGI, 2001), ora desde uma conjuntura de totalidade, em que não se excluem as partes, mas sim se considera a complexidade do todo.

das estruturas de conhecimento e poder. Os esforços da Geografia no Século 19 puseram em discussão o caráter corológico dessa disciplina, em que a descrição de fatores sistemáticos, que consistem na diferenciação de áreas, seria suficiente para seu (Geografia) status científico (Hartshorne, 1978). A escala regional marinha/marítima resultará da seleção de uma área e da sua abordagem enquanto totalidade. Tendo-se na "*extensão de um fenômeno suscetível de conferir individualidade a uma parte do espaço*" (Dollfus, 1982, p.107), a práxis diagnóstica de diferenciação espacial se torna uma etapa metodológica. Considera-se, ainda, que "*alguns limites regionais são lineares e nítidos, outros se caracterizam por franjas de indeterminação*" (op. cit., p.106). Lembrando-se que a totalidade está, também, na multiplicidade de variáveis, as regiões condizem aos exercícios diagnósticos e de síntese dos conteúdos de cada conjunto de partes regionais, integradas a partir do momento que não são meramente justapostas. Não sendo na soma das partes que a região se constitui uma totalidade.

A integração de variáveis que busquem a compreensão causal da heterogeneidade no espaço consistia no diferencial da disciplina, sobretudo pela indissociabilidade de relações entre fenômenos dos campos natural e social como elemento inconteste do objeto científico geográfico. Com a inviabilidade de apreensão de totalidades sistemáticas para coberturas espaciais mais amplas do que a escala local, é na especificação de significância para o homem, que tal exercício de relevância do fenômeno se apresenta como método de classificação espacial heterogênea (Hartshorne, 1978). Em algum momento, escolhas são necessárias, para além de descobertas, o que impregna a condição subjetiva, portanto, política da ciência (Weber, 2005). Na escala regional, amparado pela noção de território usado, as projeções analíticas adquirem, inevitavelmente, um caráter intencional como ponto de partida, dentro das relações de forças de uma sociedade também total (Ribeiro, 2015). Desafios nem sempre superáveis do ponto de vista metodológico, levando a reproduções de propostas descoladas da realidade, já conhecidas.

Ao esquematizar estruturas de administração política de territórios para fins de organização espacial, a regionalização se apresenta como uma derivação instrumental menos controversa do que a própria região. É baseada mais em princípios de escolha, do que descoberta, conferindo um sentido político de implicação estatal, se desprendendo do caráter pretensamente neutro5 nas sínteses heterogêneas do método regional tradicional (Corrêa, 2003). Difere do regionalismo, outrossim, que se inclina à abordagem cultural e de identidades derivadas da região anterior aos governos e às instituições (Albuquerque, 2001). Isto não coloca a regionalização como conceito de prateleira, lhe eximindo de considerações teóricas, em que as características do mar, de cunho público-nacional lhe conotam um sentido político fundamental (Viveros, 1999). Aqui, buscando um embasamento complexo, serão destacadas duas, de suma importância em uma abordagem regional complexa para o mar: a totalidade e a escala.

Um dos recursos analíticos para a compreensão da totalidade é o de categorização, o qual não desconsidera a necessidade de retorno à totalidade desde as partes captadas, mas requer compreensão sobre as relações entre as partes em um todo estabelecido (Bohm, 1980). Na totalidade, a perspectiva de integração apresenta-se como ente à parte da superposição de partes. Para isto, são necessárias apreensões não lineares de conexão entre escalas e abordagens, transcendendo o objeto a um movimento permanente de situação combinada entre estado pronto e em processo histórico (Santos, 2008). Trata-se, assim, de cindir a geografia do mundo em subtotalidades de graus autônomos de análise, que se tornam estruturas significativas para cada conjunto de eventos dentro de períodos (Silveira, 1999; Santos, 2008). Uma cisão da totalidade é

[5] Ver mais sobre neutralidade axiológica em: WEBER, M. A "objetividade" do conhecimento nas ciências sociais. São Paulo: Ática, 2006.

uma nova totalidade com um significado e estrutura em um conjunto mais abrangente, mas também um sistema porque sua realidade é dada pelo movimento (Silveira, 1999, p.24).

Apesar do pouco consenso sobre como estabelecer conexões lógicas entre partes e todo desde uma perspectiva regional (Haesbaert, 2010), o exercício metodológico de recorte espacial aqui referido, de maneira empírica, é o espaço marinho/marítimo brasileiro. Tendo como parâmetro analítico da totalidade o espaço nacional, fica auferido ao mar brasileiro uma totalidade espacial categorizada, mas aberta a um universo temático múltiplo de abordagens e respectivos conceitos de sustentação, disciplinas, metodologias, indicadores, técnicas de pesquisa. Categorizado, o mar nacional passa a ser classificado em regiões, em que se busquem tornar inteligíveis as diferenciações de áreas a partir das ocorrências locacionais dos fenômenos. Esse todo abarcará diferentes distribuições, abordagens e classificações, que compõe as diferentes regionalizações, sobre as quais se lançam o desafio posterior de integração territorial para fins de ordenamento. Uma meta-regionalização[6] se constituiria em uma noção mais abstrata de totalidade, pela qual o constante exercício de uma totalidade em movimento seja aprimorado, na definição final e política de uma divisão regional do mar brasileiro que não se limite a aspectos de legalidade, de sobreposição de assuntos ou de um espaço inerte. Neste aspecto os esforços da base ecossistêmica se destacam em propor conciliação de metavariáveis de análise, sobretudo contemplando os campos físicos e de biodiversidade.

Ao encontrar obstáculos de integração nos seus diferentes produtos científicos, a conexão de todos os fenômenos que ocorrem no mar é um fator que mais assemelha-se à uma abstração ou pretensão holística, ainda que passíveis de análise. Por este caminho, possivelmente seria exigido um aprofundamento acerca da capacidade metodológica da escala geográfica, para além de sua condição quantitativa que verse não apenas para os fatores de medição, mas de conteúdo do espaço (Haesbaert, 2004). São múltiplas as escalas possíveis de abordagem de um objeto (Dollfus, 1982) e a condição inerentemente humana de qualquer pesquisa que projeta a intencionalidade da ação, tanto na apreensão quanto na projeção/representação do mesmo (Telles e Valduga, 2015). A própria ciência gera desafios à integração, na medida em que amplia de maneira não uniforme os conhecimentos sobre um objeto espacial.

A multiescalaridade enquanto propriedade analítica espacial conota uma distinção entre objeto e fenômeno (Weber, 2006), e torna complexa a abordagem escalar como recurso epistemológico de apreensão da realidade. Por esta via, a escala geográfica é definida, de um modo menos ortodoxo, pela "pertinência do fenômeno observado" (Castro, 2009) e do "real como representação" (Castro, 2002), abrindo a os estudos sobre o espaço para uma perspectiva existencial, em que qualquer conhecimento científico gerado seja uma ação humana, portanto uma variável de influência no uso do território (Silveira, 2006).

Logo uma pesquisa espacial terá definida a combinação de conceitos e proporção métrica, tendo por trás um arcabouço teórico-metodológico de sustentação. Essa combinação aprofunda a compreensão espacial do mar, que ao transcender à condição territorial, agregará na compreensão das lógicas de ação que coexistem para serem combinadas no sentido de sua harmonização ou ordenamento. Estes serão os produtos da regionalização, em permanente modelagem, no estabelecimento de uma divisão regional do mar brasileiro. Requisitos para o planejamento, as estruturas de gestão e os fluxos de governança.

[6] O prefixo metarregionalização visa introduzir, sem aprofundar, etapas posteriores de construção metodológica de agregação de diferentes subtotalidades, em uma nova totalidade que se volte à proposta de regiões do mar brasileiro. Entendendo que tal exercício estará diante de uma ideia de produtos finais "(...) associados à grandeza numérica [e] profundidade filosófica" e a "falar sobre a própria coisa em si" (Ganança, 2017, p. 238). É dizer, as diferentes regionalizações em estágio avançado, darão condições de uma regionalização desse todo, no caso o mar brasileiro.

Exemplos de regionalizações do mar brasileiro

A regionalização é ferramenta metodológica sustentada teoricamente por conceitos que, combinados, podem lhe atribuir uma abordagem complexa e em permanente aprimoramento. Variações multidisciplinares lhe são inerentes, o que sugere orientações de nomenclatura por abordagem espacial – marinha e marítima - não necessariamente excludentes. Variações escalares também lhe são inerentes, aonde a referência regional estabelece um universo amplo de possibilidades sugerindo exercícios de abstração sobre as totalidades que diferem das abordagens locais ou globais. Fatores prévios, desde um tratamento espacial geográfico ao mar, na verificação de lacunas e posterior exercício de integração. Na diversidade de análises, sínteses e proposições (multidisciplinares e multiescalares), essa variação permite a visão totalizante de uma meta-regionalização para a realidade brasileira, como ponto de partida e de chegada das reflexões (Silveira, 2004). Antes, contudo, é preciso reconhecer as já existentes regionalizações em curso e exemplificar seu enquadramento na abordagem espacial do mar.

Para exemplificar empiricamente os pressupostos trazidos neste trabalho, foram trazidas três projeções regionais e comentadas sobre seus enquadramentos no modelo analítico. Outros exemplos podem ser acrescentados a essa lista, o que se espera estar incentivando, a partir da presente contribuição bibliográfica. E que não se restrinjam a abordagens acadêmicas.

A primeira regionalização (1) apresentada do mar brasileiro é a que aborda o limite nacional do deste, com sua interface regulatória no âmbito de uma agenda internacional, para aprimorar as limitações do mar pertencentes ao país. Ela exemplifica uma interação entre abordagem científica e política na obtenção de uma proposta regional de atuação no sistema mundo como totalidade, interagindo critérios políticos, no âmbito das Nações Unidas, e técnico-científicos, no âmbito do "Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira" (Brasil, 1989). A segunda regionalização (2) versa sobre abordagem de predomínio marinho, onde as classes espaciais são determinadas por feições geomorfológicas costeiras e prolongadas, de modo abstrato, em uma linha reta longitudinal. A terceira regionalização (3) do mar brasileiro é técnica e política, demonstrando a necessidade de diretrizes técnicas e conceitual sobre a descentralização territorial federativa no mar, em que se pese o conhecimento existente sobre a prospecção de recursos minerais exploráveis no subsolo marinho. O que a traz à tona é um litígio de demandas estaduais por domínio de áreas no espaço marinho/marítimo.

(1) Uma vez que o preâmbulo dos marcos decisórios internacionais sobre parâmetros de ordenamento territorial do mar e de suas mais variadas atividades se dão a partir da metade do século 20, a agenda das Nações Unidas estabelece o sistema-mundo como âmbito escalar de definição dos limites políticos marinhos. Estes, por sua vez, estão repletos de situações regionais estratégicas de exploração econômica e segurança militar, entre outros fatores. Pode-se dizer que a regionalização do espaço marítimo brasileiro tem como ponto central uma perspectiva geopolítica, dado um contexto internacional (Castro, 1989).

Pela agenda política interna, em decorrência do teor nacionalista de apelo positivo de ação governamental, na transição das décadas 1960 e 1970, ganha atenção da opinião pública em caráter inédito, a importância do domínio marítimo do país (Castro, op cit.). Posteriormente a realidades de países vizinhos, o Brasil estabeleceu a delimitação de seu mar territorial (sic) em 200 milhas marítimas, através do Decreto-Lei 1.098/1970, mesmo ciente de que tal medida repercutiria inconvenientes de atendimento, mas não maiores do que as vantagens obtidas no discurso nacionalista (Rodrigues, 1973).

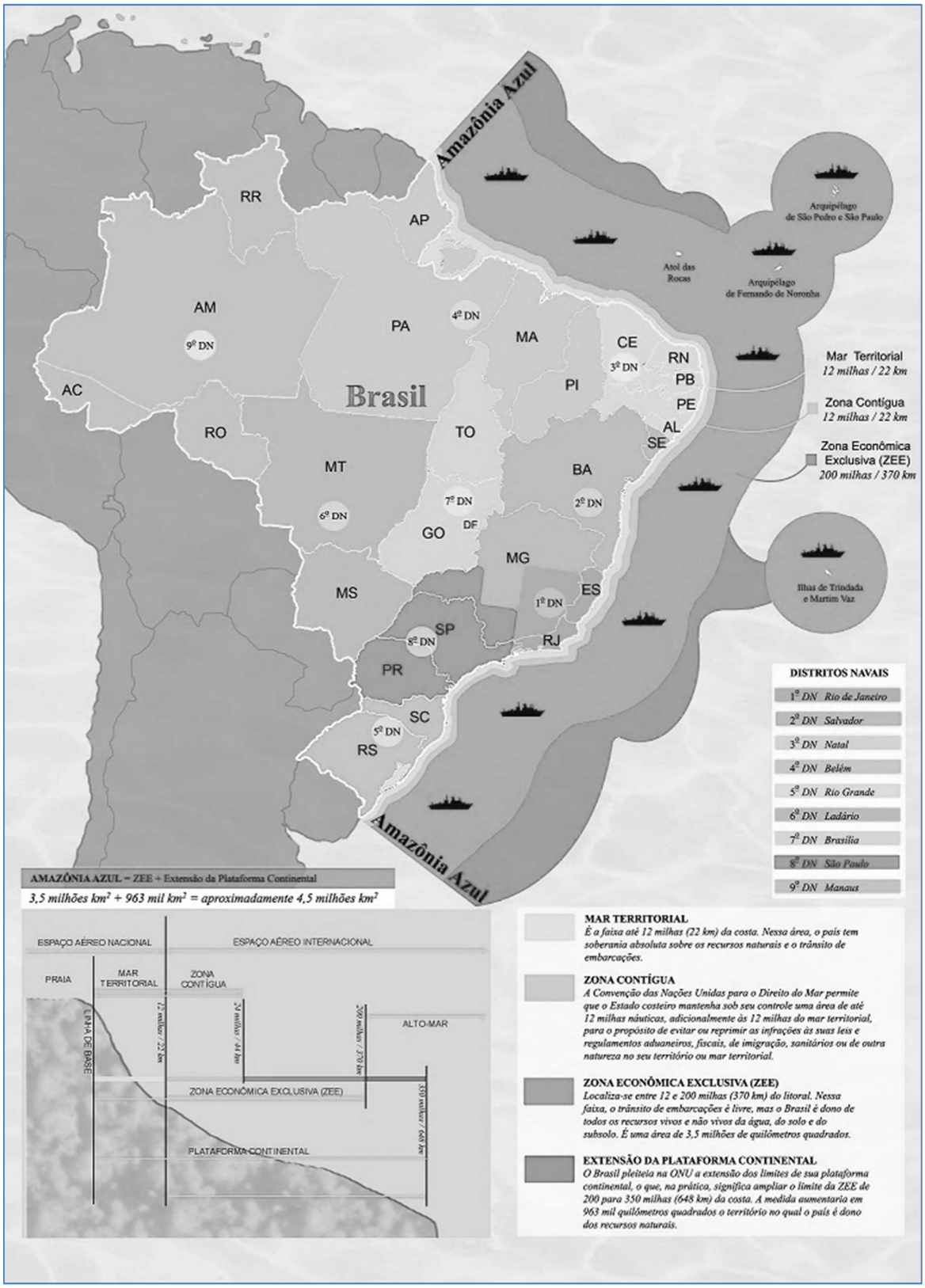


Figura 22.2. Os limites geopolíticos do Brasil marítimo.

Fonte: Marinha do Brasil, online (acessado em 30/05/2020): https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/amaz_azul_principal_1.jpg

A Figura 22.2 demonstra uma abordagem de caráter nacionalista do mar, pela qual se verifica a complementaridade de abordagens marinha e marítima no estabelecimento dos limites do mar brasileiro. Ambas se integram ao objeto, buscando convergir critérios de definição de regiões, como pode ser bem exemplificado através do duplo tratamento (fenômeno físico e interesse jurídico-político) dado à plataforma continental (Machado, 2015).

(2) A Figura 22.3 apresenta a classificação do espaço marinho brasileiro de orientação latitudinal, com base em setores espaciais cujas coerências internas (homogeneidades) podem ser observadas pela delimitação de marcos geofísicos. A diferenciação regional leva em consideração as feições morfológicas da linha de costa. Estas demarcam limites/transições de áreas de ocorrências dinâmicas no oceano e no continente, mais ou menos visíveis/nítidas em marcos paisagísticos ao longo da costa brasileira.

(3) A Figura 22.4 apresenta abordagem intrinsecamente política e técnico-científica, acerca de projeção dos limites internos do mar brasileiro. Ela se refere à proposição do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para dirimir a questão de litígio de domínios territoriais, por estados. Diferentes critérios são debatidos na definição dos limites territoriais de descentralização federativa do mar territorial. Cabe ressaltar que se discute considerar parâmetros, não apenas, de projeção métrica, devido às particularidades de cada trecho de linha de costa, ao longo do litoral. Em âmbito técnico, ainda está por avançar este exemplo de regionalização, no âmbito do IBGE, uma vez que a fomentação de jurisprudência geraria potenciais conflitos entre os estados brasileiros[7]. Trata-se de um exemplo de regionalização que exige atualização.

[7] Ver mais em http://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=1524940 (acessado em 29/05/2020), acerca da tramitação sobre litígio de mar territorial estadual entre os estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, em vias de decisão judicial no Supremo Tribunal Federal. Esta discussão não é o foco do presente trabalho, tão somente ilustra uma regionalização do mar no Brasil, ainda em vias de consolidação técnico-científica e respaldo conceitual geográfico.

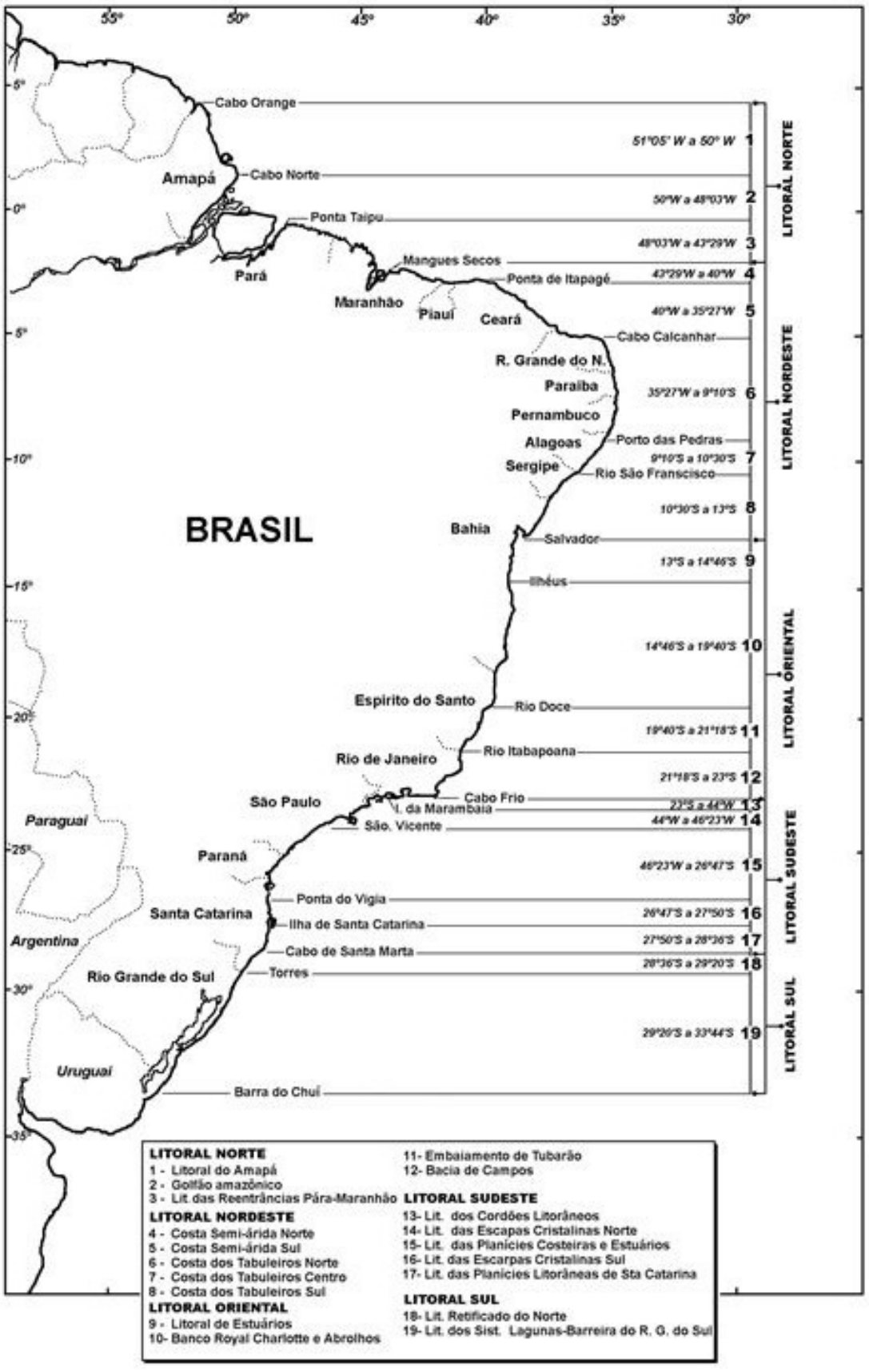


Figura 22.3. Os setores marinhos da costa brasileira.

Fonte: Muehe, D. (1998).

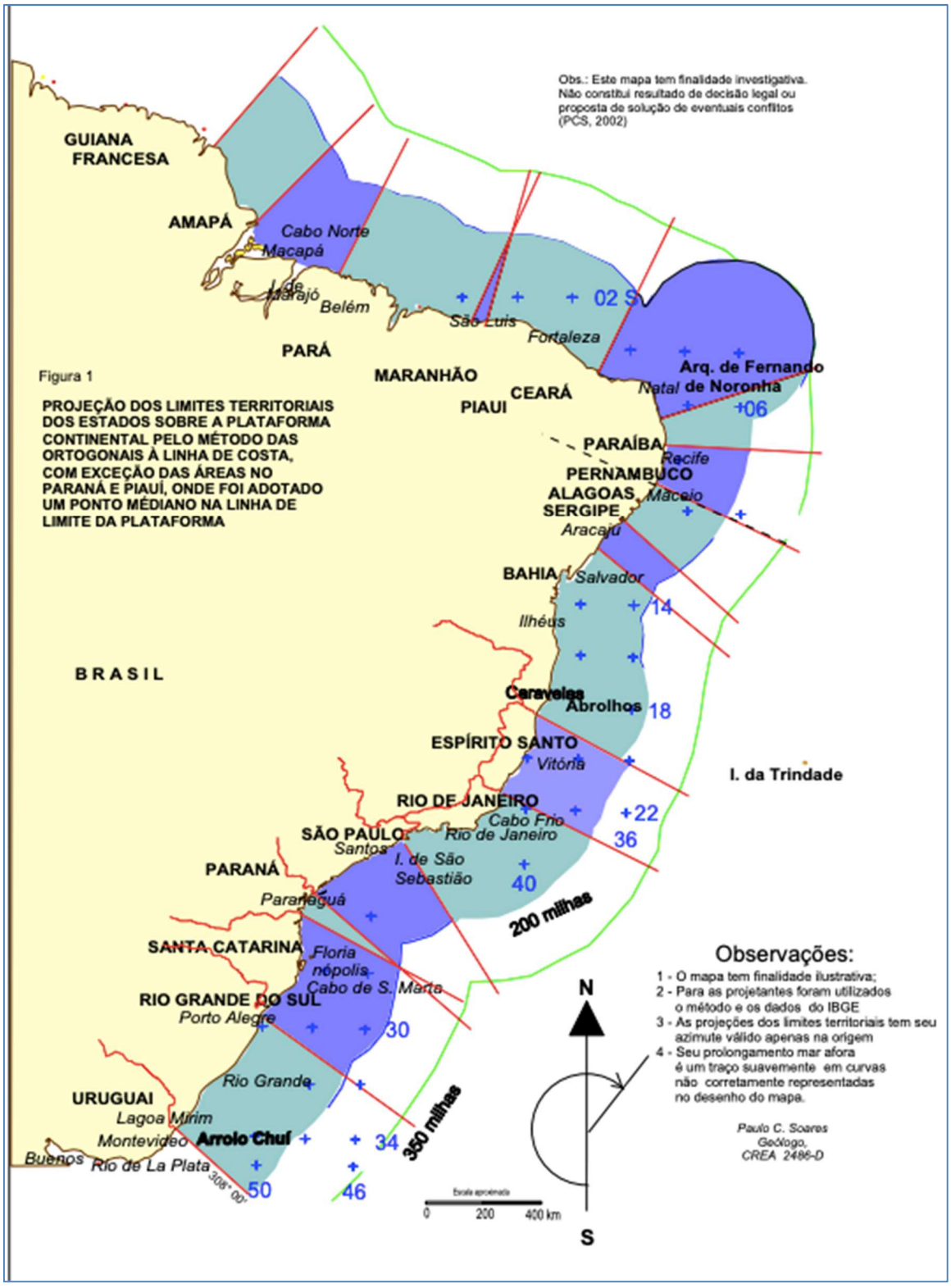


Figura 22.4. Projeção marítima de territórios federados por administração estadual.

Fonte: Câmara Legislativa Brasileira, online (acessado em 30/05/2020). www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cft/arquivos/audiencia-publica-04-06-marcos-vitor

Considerações finais

A Geografia Marinha consiste na especialidade de pesquisa sobre os estudos espaciais do mar. Possui frentes consolidadas e um leque potencial de atuação, a contribuir com abordagens científicas básicas e aplicadas. Em sua vertente epistemológica busca por superações axiomáticas de seu campo, o que a leva a revisões sobre o âmbito de atuação. Assim, busca aprimorar em especificidades o tratamento não generalista ou metafórico espacial (sentido amplo/senso comum), cujos esforços centrais estejam na integração de variáveis que compõem a inteligibilidade do mar entre local e global – âmbitos de atuação escalar geográfica, Para contribuições científicas voltadas a diretrizes de gestão territorial do mar, se verifica o desafio de interlocução entre as vertentes da Geografia Física e Humana, na consolidação da Geografia Marinha brasileira na produção e no aprimoramento de modelos analíticos.

Contribuir com uma regionalização do mar brasileiro remete, necessariamente, aos parâmetros conceituais que sustentem esse desafio científico. A abordagem espacial, ao ser questionada em relação a tal embasamento, passou a contar com um modelo conceitual para direcionamentos de ordem interdisciplinar e multiescalar, abrindo-se para um paradigma complexo de abordagem do espaço geográfico ao mar. O modelo se assenta em conceitos caros às ciências, em geral, de totalidade e de escala. Com isso, o mar não se restringe a abordagens diagnósticas e descritivas, indispensáveis e não menos importantes. Para isso, se apresenta a regionalização como instrumental a ser levado adiante em suas balizas escalares e na dinâmica da totalidade.

Entendido enquanto território usado, o mar recebe arcabouço conceitual, abrindo leques de abordagem passíveis de especificidade/precisão em escalas localizadas. A regionalização do mar brasileiro é variável em proporção de área e em enfoques, respectivamente sustentados por conceitos e teorias. Reconhecer a diversificação de propostas já existentes é um primeiro passo, seguido de um enquadramento sistemático, demonstrando a variação da visão de totalidade e suas respectivas capacidades analíticas qualitativas e/ou quantitativas. Isso permite a identificação de lacunas, conectividades e nivelamentos dos estudos espaciais sobre o mar, aqui considerado requisito de uma modelagem regional integrada. É o que se convém denominar meta-regionalização como instrumento, para gerenciar e planejar o mar em um país de dimensões continentais.

A regionalização poderá conduzir diferentes métodos de integração de análise, ao orientar pesquisas e as ações sobre os parâmetros de ordem física-ecossistêmica e política-jurídica que subsidiam os avanços de monitoramentos, de critérios de zoneamento e de diretrizes de uso. Os exemplos se propuseram a ilustrar algumas classificações regionais do mar, em nível nacional. Sugere-se que sejam ampliadas em um inventário de possibilidades, a auxiliar na inteligibilidade sobre as intencionalidades da regionalização do mar brasileiro e no debate, em aberto, acerca de seu rumo.

Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, E. O resgate da geografia regional por meio de um conceito político de região. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), 5(1), 63-77. 2001

BOLSTER, W. *Opportunities in marine environmental history. In:* ***Handbook of Environmental Chemistry***, Volume 5: Water Pollution, 2006.

BRASIL, **Decreto n. 98.145/1989**. Aprova o Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira e dá outras providências.

CASTRO, I. E. Problemas e alternativas metodológicas para a região e o lugar. In: Souza, M. A. et al. (Org.). **Natureza e sociedade de hoje**: uma leitura geográfica. São Paulo: Hucitec, 1993.

_____. O problema da escala. In: Castro, I. E.; Gomes, P. C. C.; Corrêa, R. L. (Eds). **Geografia: Conceitos e Temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

CASTRO, L.A.A. **O Brasil e o Novo Direito do Mar**: mar territorial e zona econômica exclusiva. Brasília: Fundação Alexandre Gusmão, 1989.

CAMARGO, L. H. R.; GUERRA, A. T. A geografia da complexidade: aplicação das teorias da auto-organização ao espaço geográfico. In: **Contribuições à história e à epistemologia da Geografia**. VITTE, A. C. (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

CAVIEDES, V.; AREÑAS-GRANADOS, P.; BARRAGÁN-MUÑOZ, J. Regional public policy for integrated coastal zone management in Central America. In: **Ocean & Coastal Management**. v.186., 2020.

CLAVAL, P. **Terra dos Homens**: a Geografia. São Paulo: Contexto, 2010.

CORRÊA, R. L. **Região e organização espacial**. 7ª Edição. São Paulo: Ática, 2003.

_____ Organização espacial: dimensões, processos, forma e significado. Conferência proferida na abertura do I **Congresso Brasileiro de Organização do Espaço**: em 05 de outubro de 2010. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2010.

DOLLFUS, O. **O espaço Geográfico**. 4ª Ed. São Paulo: Difel, 1982.

_____"Geopolítica do Sistema-Mundo". In: Santos, M. et al (orgs). **O Novo Mapa do Mundo**. Fim de Século e Globalização. SP: Hucitec/Anpur, 1993 (pp. 23-45).

GANANÇA, J. H. L. Estudo da prefixação em unidades lexicais neológicas coletadas de dados da internet. **Dissertação de mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Filologia e Língua Portuguesa do Departamento de Letras Clássicas e Vernáculas da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2017.

GOMES, P. C. C. O conceito de região e sua discussão. In: **Geografia: conceitos e temas**. Castro, I. E.; Gomes, P. C. C.; Correa, R. L (org.). 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000, 352 p.

GONÇALVES, C. W. P. A Geografia está em crise. Viva a Geografia. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 55, p. 5-30, 1988.

DO RIO, G. P. Mares e oceanos: novas fronteiras da regulação territorial. In: **Revista Brasileira de Geografia.** Rio de Janeiro, v. 63, n. 1, p. 61-72, jan./jun. 2018.

HARTSHORNE, R. **Propósitos e natureza da Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1978.

HAESBAERT, R. **O mito da Desterritorialização**: do "fim dos territórios" à multiterritorialidade. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

_____ **Regional-Global**: dilemas da região e da regionalização na Geografia Contemporânea. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

LACOSTE, Y. A **Geografia. Isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra**. Campinas: Papirus, 2010.

LENCIONI, S. **Região e Geografia**. São Paulo: Edusp, 1999. p.147-214.

LIMONAD, E. Brasil, século XXI: Regionalizar para quê? Para quem? In: LIMONAD, E.; HAESBAERT, R.; MOREIRA, R. **Brasil, Século XXI**: Por uma nova regionalização? Agentes, Processos e Escalas. Rio de Janeiro: Letra Capital Editora, 2015.

MACHADO, L. A. F. **A plataforma continental brasileira e o direito do mar: considerações para uma ação política**. Brasília: FUNAG, 2015.

MARTINS, J. R. Immanuel Wallerstein e o sistema-mundo: uma teoria ainda atual? In: ***Iberoamerica Social***: revista-red de estudios sociales (V), pp. 95-108. 2015.

MASSEY, D. ***For Space***. London: Sage, 2005

MUEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In **Geomorfologia do Brasil**. Cunha, S. B.; GUERRA, A. T. (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

_____ **Geografia Marinha**: a retomada do espaço perdido. Revista da ANPEGE, 12(18), 185-210, 2016.

_____ A geomorfologia costeira e seu desdobramento para a Geografia Costeira e Marinha. **Revista Brasileira de Geografia**, 63(1), 29-59, 2018.

RIBEIRO, A. C. T. Regionalização: fato e ferramenta. In: LIMONAD, E.; HAESBAERT, R.; MOREIRA, R. **Brasil, Século XXI**: Por uma nova regionalização? Agentes, Processos e Escalas. Rio de Janeiro: Letra Capital Editora, 2015.

RODRIGUES, C. C. O problema do mar territorial. In: **Mar territorial**, Marinha do Brasil: Brasília, 1973.

SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova**. São Paulo: Hucitec, 1996.

_____ **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo: Hucitec, 5ª ed. 1997.

_____ **A natureza do espaço:** técnica e tempo, razão e emoção. 4 ed. São Paulo: EDUSP, 2008.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil**: território e sociedade no início do Século XXI. Rio de Janeiro: Record, 2001. 471p.

SAQUET, M. A. **Abordagens e concepções de território**. São Paulo: Expressão Popular, 2007

SILVEIRA, M. L. Uma situação geográfica: do método à metodologia. In: **Revista Território**. Ano IV. N. 6. Jan-Jun, 1999.

_____ Resenha – Brasil, século XXI – Por uma nova regionalização? Agentes, processos e escalas. In: **Geographia**. Ano 6. N. 12, 2004.

_____ Território usado: dinâmicas de especialização, dinâmicas de diversidade. In: **Ciência Geográfica** - Bauru - XV - Vol. XV - (1): Janeiro/Dezembro – 2011.

TELLES, D. G. Q.; VALDUGA, V. O espaço turístico a partir da multiescalaridade territorial: complexidade e sistematização conceitual. In: **Anais Brasileiros de Estudos Turísticos**: ABET, ISSN-e 2238-2925, Vol. 5, Nº. 3, 2015, págs. 8-16.

VALLEGA, A. *Ocean geography for ocean Science*. **GeoJournal**. 47, 511-522, 1999.

VALVERDE, R. R. H. F. Sobre espaço público e heterotopia. In: **Geosul**, Florianópolis, v. 24, n. 48, p 7-26, jul./dez. 2009

VIVEROS, J. L. S. *Delimitación y definición del espacio litoral*. In: **Jornadas sobre el litoral de Almería.** P. 13-23, 1999.

WEBER, M. **A "objetividade" do conhecimento nas ciências sociais**. São Paulo: Ática, 2006.

YÁZIGI, E. **A alma do lugar:** turismo, planejamento e cotidiano em litorais e montanhas. São Paulo: Contexto, 2001.

Daniel Hauer Queiroz Telles é Geógrafo, Doutor em Geografia Humana pela Universidade de São Paulo, Professor do Centro de Estudos do Mar e do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Federal do Paraná. Coordena o laboratório de Geografia Marinha e Gestão Costeira (GEOCOST) e atua no projeto "Resiliência Socioecológica do Complexo Estuarino de Paranaguá" (Chamada 21/2017-CNPq). E-mail: danieltelles@ufpr.br. CV: http://lattes.cnpq.br/7169826806390340

Capítulo 23

Geologia e Geomorfologia da planície costeira de Santa Catarina

Norberto Olmiro Horn Filho

Introdução

O "Programa Oceanos", da União Geográfica Internacional, estabelece o novo paradigma da Geografia Marinha, envolvendo a Geografia Costeira, a Geografia Oceânica e a Geografia Regional dos Oceanos.

Vallega (1998) dividiu a Geografia Marinha em quatro grandes módulos: (1) a Geografia Costeira, que se estende da zona costeira emersa até o limite da margem continental; (2) a Geografia do Oceano Profundo, que tem como objetivo a investigação da hidrosfera, solo e subsolo localizado para além do limite da margem continental; (3) a Geografia Regional, cujas investigações focariam em dois aspectos distintos: as regiões oceânicas e a regionalização dos oceanos; (4) o Sistema de Informações Geográficas, que representa um módulo transversal, pois inclui a zona costeira, o oceano profundo e os mares regionais, compreendendo a cartografia marinha, sistemas de informação geográfica, ferramentas de multimídia e ciências da computação aplicáveis a investigações oceânicas.

Neste enfoque no âmbito da regionalização da Geografia Marinha no módulo da Geografia Costeira (Vallega, 1998), este trabalho tem por objetivo descrever sucintamente os aspectos geológicos e geomorfológicos da zona costeira emersa de Santa Catarina, na Região Sul do Brasil, envolvendo o domínio da planície costeira e do sistema praial.

▪ COMO CITAR:
HORN FILHO, N. O. Geologia e geomorfologia da planície costeira de Santa Catarina. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 531-551. ISBN 978-65-992571-0-0

Apesar do domínio praial representar a interface da zona emersa/submersa, os setores morfológicos do pós-praia e da antepraia superior, na maioria descobertos, podem ainda estar inclusos na planície costeira, caracterizando o depósito marinho praial, razão pela qual o ambiente praial é descrito junto com os demais depósitos da planície costeira.

O texto aqui apresentado reflete uma síntese de dois importantes atlas lançados em 2020, o "Atlas geológico da planície costeira do estado de Santa Catarina em base ao estudo dos depósitos quaternários", autoria de Horn Filho et al. (2020) e o "Atlas geológico-oceanográfico das praias arenosas oceânicas de Santa Catarina, Brasil", de autoria de Horn Filho et al. (2020).

Referencial teórico

O termo província costeira foi introduzido por Villwock (1972), descrevendo uma unidade tridimensional, no que tange aos aspectos geológicos, estratigráficos e estruturais. Província costeira é descrita do ponto de vista morfolitológico como uma região onde dominam terrenos de baixa altitude (até 50-60 m) e profundidade (até 150-200 m), adjacente aos continentes e oceanos e mares, e composta de sedimentos consolidados a semi-consolidados, e secundariamente de rochas cristalinas e sedimentares. Província e zona costeiras são denominações usuais, às vezes correlacionadas entre si no que concerne a diversos aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.

Uma província costeira é constituída de duas unidades geológicas maiores: o embasamento e a bacia sedimentar marginal, assentada adjacente a um oceano ou mar. As bacias sedimentares extracontinentais são formadas na margem continental, podendo ser classificadas de acordo com o seu caráter tectônico em três tipos principais: bacia sedimentar passiva de uma margem continental distensiva, típica do Oceano Atlântico, bacia sedimentar ativa de uma margem continental compressiva, típica do Oceano Pacífico (América do Sul ocidental) e bacia sedimentar ativa de uma margem continental transformante, típica do Pacífico (América do Norte ocidental).
O embasamento, geralmente cristalino, se agrega à parte sedimentar da bacia, na maioria das vezes inconsolidada, formada de três unidades geológico-geomorfológicas: no domínio emerso, a planície costeira; no domínio submerso, a plataforma continental e na interface entre ambos meios, o sistema praial.

A planície costeira é uma extensa feição geomorfológica de terras baixas e planas, na interface terrestre/aquoso, geralmente adjacente aos oceanos, mares, lagos, lagoas, lagunas, estuários, rio, baías e golfos, afetada pelas condições terrestre e aquática e condicionada às altas ou baixas variações hidrográficas (marés). A superfície da planície costeira é relativamente plana à ondulada com pouca ou nenhuma variação de altura, típica de regiões de baixas altitudes e formadas preferencialmente por sedimentos.

A plataforma continental, juntamente com o talude continental e o sopé continental, constituem a margem continental, que começa na linha de costa até profundidades em média de 200 m, atingindo as bacias oceânicas. Apesar de estar situada em meio aquoso, a plataforma continental pertence ainda à crosta continental siálica, porém submersa. Uma plataforma continental tem seu grau de inclinação (declividade/gradiente) variável, bem como sua extensão determinados a partir de sua gênese, mantendo suas características pela sedimentação então vigente. A plataforma continental é normalmente subdividida em plataforma continental interna ou proximal (até 30 m de profundidade), plataforma continental média (entre 30 e 100 m de profundidade) e plataforma continental externa ou distal (maior que 100 m de profundidade até a quebra da plataforma), cada uma delas com suas especificidades geológicas, geomorfológicas e oceanográficas.

Entre a planície costeira e a plataforma continental, fazendo parte da própria planície costeira e da zona mais rasa da plataforma continental interna, ocorre o sistema ou ambiente praial. Praia é uma

feição geomorfológica ou um ecossistema, localizada ao longo da costa ou litoral onde se acumula geralmente sedimento não consolidado, compreendido entre a linha de água das marés baixas e o ponto mais elevado atingido por ondas de tempestade. As praias apresentam geralmente um perfil côncavo suave, formato que lhes é dado pela influência permanente das ondas, marés e correntes litorâneas.

Apesar da plataforma continental estar inclusa na província costeira, esse trabalho faz referência aos domínios da planície costeira e do sistema praial que se estendem ao longo do litoral de Santa Catarina.

Caracterização geográfica

A área de estudo do presente capítulo é a planície costeira de Santa Catarina, localizada na Região Sul do Brasil, cujo estado ocupa uma área de 95.737,895km² (SEPLAN, 1986), sendo o menor dos três estados que compõem esta região geográfica, formada ainda pelos estados do Paraná, a norte, e Rio Grande do Sul, ao sul. Situa-se o território catarinense entre os paralelos 25°57'41" e 29°23'55" de latitude sul e entre os meridianos 48°19'37" e 53°50'00" de longitude oeste, limitando-se a leste com o Oceano Atlântico sul e a oeste com a Argentina. O acesso rodoviário ao estado se faz tanto de norte como de sul pela estrada federal pavimentada BR101.

Dos 295 municípios do estado de Santa Catarina, 38 municípios localizam-se na planície costeira, sendo desses, 27 de frente para o Oceano Atlântico. Os 27 municípios de Santa Catarina totalizam na planície costeira uma área de 5.642,25km^2 e os 38 municípios totalizam uma área de 8.666,30km^2.

Dos três estados da Região Sul do Brasil, somente o litoral de Santa Catarina está localizado em dois setores da costa brasileira: o sudeste, e o sul ou meridional, demarcados geograficamente no Cabo de Santa Marta Grande, no município de Laguna, conforme delimitação proposta por Silveira (1964) e Villwock (1994).

Do mesmo modo, o litoral de Santa Catarina está localizado em duas bacias marginais marinhas, Santos e Pelotas, demarcadas geograficamente no Alto de Florianópolis ou Plataforma Estrutural de Florianópolis, que é uma região do embasamento raso com 250 km de largura, delimitação proposta por Gonçalves et al., 1979 e referendada por Machado (2010).

O litoral de Santa Catarina representa cerca de 7% do litoral brasileiro com 696.937 m de extensão, distribuído em 460.950 m de praias arenosas (66,15%), 210.321 de costa rochosa (30,17%), 23.847m de obras costeiras (3,42%) e 1.819 m de desembocaduras fluviais (0,26%) (Horn Filho et al., 2020). Esse litoral está orientado em duas principais direções: NE-SO e NS, predominando a NE-SW no setor Sul do litoral, infletindo para NS em direção ao setor central e norte. Mazzer et al. (1994) relacionaram 226 ilhas no litoral catarinense, entre ilhas, ilhotes, parcéis e lajes. Destas, a ilha de São Francisco do Sul ao norte, e a ilha de Santa Catarina, no setor central, constituem as duas maiores ilhas continentais. Na ilha de Santa Catarina (399km² de área, 174,3km de perímetro, 52,5km de comprimento e 7,6km de largura média), encontra-se a capital do estado, Florianópolis, circundada por costões rochosos, restingas, manguezais e 117 praias arenosas (Horn Filho et al., 2014).

A província costeira de Santa Catarina possui uma área de 66.212 km², compreendendo no setor emerso, a planície costeira e o sistema praial, e no setor submerso, a plataforma continental, caracterizada pela sedimentação das bacias marginais marinhas de Santos e Pelotas. A área da Bacia de Santos na província catarinense é quase duas vezes a Bacia de Pelotas. Na Bacia de Santos são acumulados cerca de 8 km de sedimentos clásticos continentais, transicionais e marinhos,

enquanto na Bacia de Pelotas, o pacote de sedimentos é mais espesso, chegando até 10-12 km de espessura.

As bacias sedimentares marginais de Santos e Pelotas representam a margem continental Sul-brasileira na Província Costeira de Santa Catarina, tendo sido qualificada por Zembruscki (1979) como uma margem continental “deposicional” ou “construcional”, pela expressiva acumulação de sedimentos, suavização das feições morfológicas e minimização de suas declividades.

Diversos autores se preocuparam em compartimentar do ponto de vista geológico-geomorfológico a planície costeira de Santa Catarina e sua zona litorânea. Desse modo, cinco setores foram propostos por Peluso Jr. (1986), três setores foram propostos por Duarte (1988), três setores foram propostos por Martin et al. (1988) e oito setores foram propostos por Diehl & Horn Filho (1996). Mais recentemente, GERCO/SC (2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2010e) propuseram cinco setores; Horn Filho et al. (2020, no prelo) quatro setores; e Horn Filho et al. (2020, no prelo), os mesmos cinco compartimentos do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina (GERCO/SC), compartimentação adotada nesse trabalho. Desse modo, o litoral de Santa Catarina é setorizado em setor 1 ou litoral norte, setor 2 ou litoral centro-norte, setor 3 ou litoral central, setor 4 ou litoral centro-sul e setor 5 ou litoral sul (Figura 23.1).

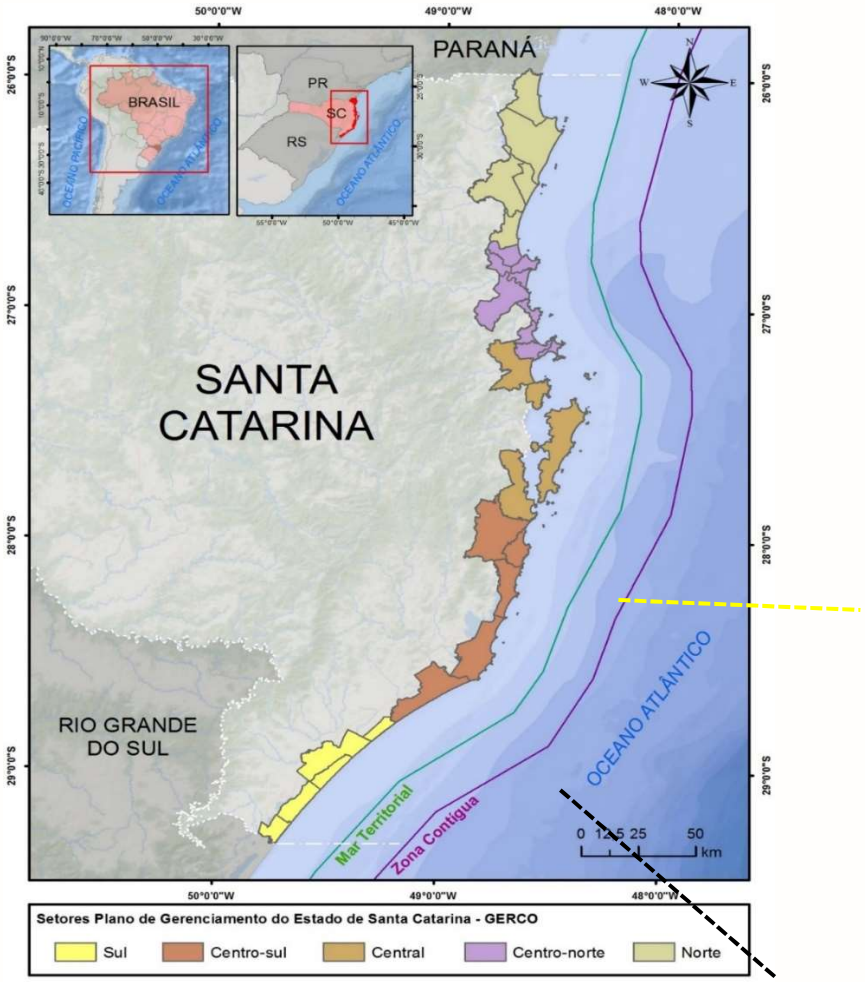


Figura 23.1. Localização do estado de Santa Catarina na Região Sul do Brasil e setorização da planície costeira e zona litorânea, em base ao Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina (GERCO/SC). Observe as linhas demarcatórias aproximadas do mar territorial (12 mn = 22,2 km), da zona contígua (24mn = 44,4km), dos setores sul e sudeste brasileiros (cabo de Santa Marta Grande; linha tracejada de cor preta) e das Bacias de Santos e Pelotas (Alto de Florianópolis; linha tracejada de cor amarela).

Fonte: GERCO/SC (2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2010e).

Os aspectos geológico-geomorfológicos da planície costeira e do sistema praial de Santa Catarina já foram relatados em trabalhos anteriores, resultando em um banco de 1.462 amostras de sedimentos superficiais, recentemente analisadas por Estevam (2019) (Figura 23.2).



Figura 23.2. Visão geral de norte a sul do litoral e planície costeira de Santa Catarina, observando-se nos pontos em cor amarela, a localização das 1.462 amostras de sedimentos superficiais coletadas na planície costeira e sistema praial.

Fonte: Estevam, 2019.

Planície Costeira

Horn Filho & Diehl (1994, 2001) subdividiram a geologia catarinense em cinco grandes províncias geológicas posicionadas por seus caracteres estruturais, petrográficos, sedimentares e evolutivos: Escudo Catarinense; Bacia do Paraná; Planalto da Serra Geral; Complexo Alcalino e Província Costeira (Figura 3). Afloram de leste para oeste as rochas graníticas, metamórficas, sedimentares e basálticas e depósitos sedimentares da província costeira; os litotipos cristalinos e sedimentares do Escudo Catarinense; as rochas sedimentares da Bacia do Paraná; as rochas alcalinas do Complexo Alcalino e as rochas basálticas e riolíticas do Planalto da Serra Geral.

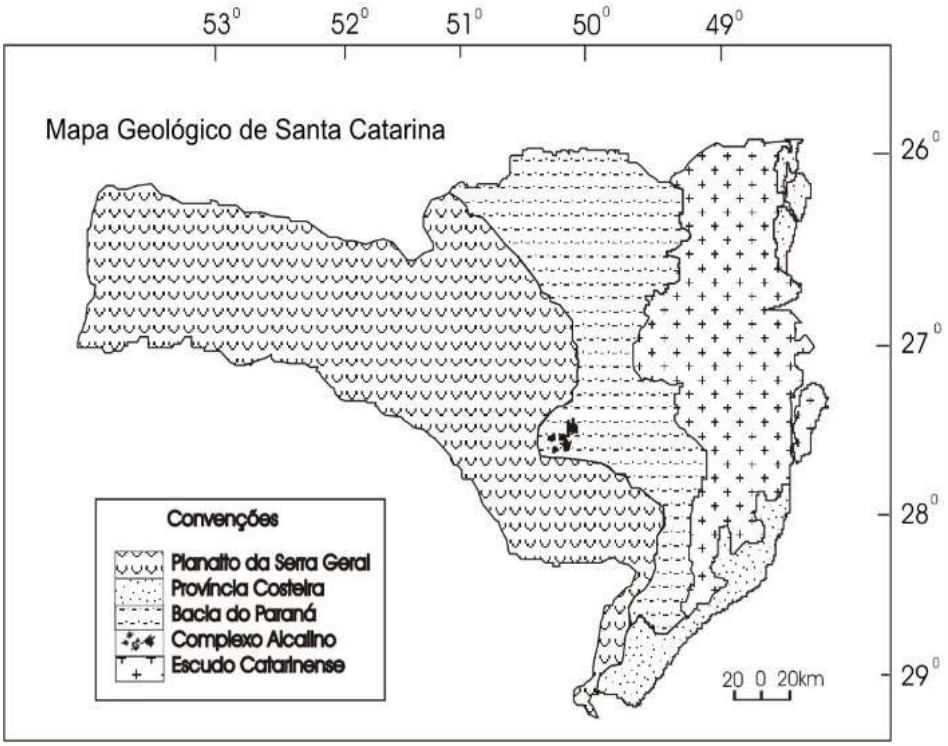


Figura 23.3. Geologia do estado de Santa Catarina
Fonte: Horn Filho & Diehl, 1994, 2001.

A maioria dos mapeamentos geológicos executados na planície costeira de Santa Catarina têm adotado a proposição de unidades litoestratigráficas para o embasamento e depósitos e fácies sedimentares diferenciados para a planície. Esta proposição é baseada na diversidade litológica das unidades sedimentares mapeadas, no baixo conteúdo fossilífero dos sedimentos, na escassez de dados subsuperficiais e na ampla distribuição das unidades em diversas localidades.

A coluna estratigráfica da planície costeira de Santa Catarina apresenta 20 unidades geológicas (Figura 23.4), sendo a mais antiga representando o embasamento indiferenciado (idade > 2,588 Ma AP), seguido de três unidades do Quaternário indiferenciado (idade < 2,588 Ma AP), uma do Pleistoceno médio (idade entre 781 e 126 Ka AP), duas do Pleistoceno superior (idade entre 126 e 0,0117 Ka AP) e 13 do Holoceno (idade entre 0,0117 Ka AP-presente), podendo o depósito tecnogênico ser considerado da época do Antropoceno ou recente do período Quinário, como já tem aparecido em alguns mapeamentos. Na Figura 23.4, o embasamento é apresentado indiferenciado, ou seja, todas as rochas aflorantes da planície costeira são consideradas formando um único agrupamento, independente de sua origem e classificação. A maioria dos mapeamentos geológicos em planícies indiferenciam o embasamento e diferenciam com detalhe os depósitos da planície costeira.

Entretanto, ao diferenciar o embasamento na planície costeira de Santa Catarina, tal como preconiza o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina (GERCO/SC), são mapeadas 24 unidades litoestratigráficas com idades variando do Arqueano ao Quaternário (Quadro 23.1). Quatro dessas unidades são constituídas de rochas sedimentares (n°s. 20, 21, 22 e 24) e as demais unidades são constituídas de rochas magmáticas e metamórficas. Essas rochas representam as terras altas e muitas vezes, são a área Fonte de sedimentos para as fácies e depósitos costeiros.

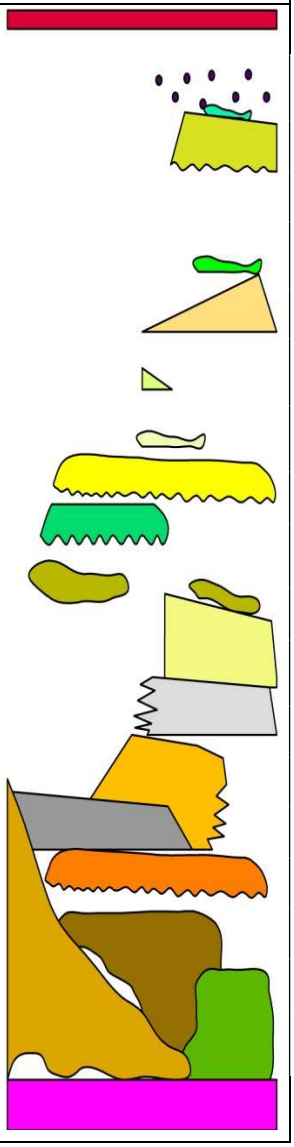
GEOCRONOLOGIA				UNIDADE GEOLÓGICA	
PERÍODO	ÉPOCA	IDADE	IDADE	DEPÓSITO LITOLOGIA	W E
QUATERNÁRIO	HOLOCENO		0,0117	Depósito tecnogênico	
				Depósito do tipo sambaqui	
				Depósito de baía	
				Depósito de *chenier*	
				Depósito estuarino-praial	
				Depósito estuarino	
				Depósito deltaico intralagunar	
				Depósito lagunar praial	
				Depósito eólico	
				Depósito flúvio-lagunar	
				Depósito paludial	
				Depósito marinho praial	
				Depósito lagunar	
	PLEISTOCENO	SUPERIOR	0,126	Depósito eólico	
				Depósito lagunar	
		MÉDIO	0,781	Depósito eólico	
	QUATERNÁRIO INDIFERENCIADO		2,588	Depósito aluvial	
				Depósito coluvial	
				Depósito de leque aluvial	
PRÉ-QUATERNÁRIO			?	Embasamento indiferenciado	

Figura 23.4. Coluna estratigráfica das unidades geológicas da planície costeira de SC.

Fonte: Horn Filho et al. (2020, no prelo), coluna estratigráfica elaborada por Alexandre Felix.

A planície costeira abrange depósitos característicos de três sistemas deposicionais quaternários: o sistema deposicional continental, o sistema deposicional transicional ou costeiro e o sistema deposicional antropogênico. O sistema deposicional continental está associado às encostas das terras altas, englobando os depósitos coluvial, de leque aluvial e aluvial, geralmente datados do Quaternário indiferenciado. O sistema deposicional costeiro, na maioria das regiões do tipo laguna-barreira, associado às variações relativas do nível do mar ocorridas durante o Quaternário, compreende depósitos pleistocênicos e holocênicos dos ambientes marinho raso, eólico, lagunar e paludial, cujas principais formas de relevo são terraços, dunas, cordões regressivos e planícies. O sistema deposicional antropogênico compreende os depósitos do Holoceno (Quaternário), ou recente (Quinário), originados pela ação natural ou artificial humana. Considera-se os sambaquis, de idade holocênica, como acumulações de origem natural, com mistura de materiais de origem sedimentar, artefatos líticos e restos orgânicos. Os sedimentos de origem artificial construídos pela

ação tecnógena antropogênica, como aterros e rejeitos minerais representam o Depósito tecnogênico.

Quadro 23.1. Unidades litoestratigráficas do embasamento mapeadas para a planície costeira de Santa Catarina, sendo sua representação no setor Norte (1), no setor Centro-norte (2), no setor Central (3), no setor Centro-sul (4) e no setor Sul (5).

UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	1	2	3	4	5	IDADE
24. Formação Iquererim	■					Terciário-Quaternário
23. Formação Serra Geral			■		■	Jurássico-Cretáceo
22. Formação Botucatu					■	Triássico
21. Formação Rio do Rasto					■	Permiano
20. Formação Rio Bonito					■	Permiano
19. Riolito Cambirela			■	■		Eo-Paleozoico
18. Suíte Intrusiva Subida	■					
17. Granito Itacorubi			■	■		
16. Granito Ilha			■	■		Proterozoico superior
15. Granito Tabuleiro			■	■		
14. Granitoide Pedras Grandes				■	■	
13. Granitoide Paulo Lopes			■	■		
12. Granitoide São Pedro de Alcântara			■			
11. Granito Guabiruba		■	■			
10. Granodiorito Estaleiro		■				
9. Granito Morro dos Macacos		■				
8. Granito Zimbros		■	■			
7. Grupo Itajaí		■				Proterozoico médio-superior
6. Granitoide Valsungana		■	■			Proterozoico médio
5. Complexo Brusque		■	■			Proterozoico inferior-médio
4. Complexo Tabuleiro	■	■				Proterozoico inferior
3. Complexo Canguçu			■			Arqueano
2. Complexo Camboriú		■	■			
1. Complexo Granulítico	■	■				

Fonte: Horn Filho et al. (2020, no prelo).

Do ponto de vista dos ecossistemas relacionados às unidades geológicas e às feições geomorfológicas associadas, destacam-se: (1) para as terras altas - Floresta Ombrófila Densa, falésias rochosas, costeiras, costões e ilhas costeiras marítimas, estuarinas e fluviais); (2) para as terras baixas, no ambiente eólico (dunas e restingas); no ambiente praial (praias e restingas); no ambiente aluvial (rios, desembocaduras, deltas e canais estuarinos); no ambiente lagunar (áreas úmidas, lagoas, lagunas, lagos, brejos e marismas); no ambiente paludial (áreas úmidas, brejos, pântanos, banhados, manguezais e marismas).

Os aspectos geológicos e geomorfológicos distintivos dos cinco setores da planície costeira, de norte a sul, são elencados a seguir.

A planície costeira do setor 1 (Figura 23.5) representa o segmento emerso da Bacia de Santos no litoral norte catarinense, sendo larga, onde rochas magmáticas e metamórficas (granitos, granitoides, gnaisses, quartzitos e xistos) afloram em meio aos sedimentos continentais e litorâneos dos depósitos coluvial, de leque aluvial, aluvial, marinho praial, lagunar, eólico, paludial e flúvio-lagunar. A coluna estratigráfica da planície costeira dos sete municípios consiste em 19 unidades geológicas, sendo quatro do embasamento e 15 representam os depósitos e suas fácies. O sistema deposicional litorâneo, representa uma planície composta de uma série de plainos praiais (*strandplains*), configurando uma superfície plana a ondulada, formada pela acreção de esporões arenosos sucessivos. Destaca-se nesse setor, a Ilha de São Francisco do Sul, o Canal do Linguado, o Rio Palmital, a cidade de Joinville (a maior cidade de estado), a cidade de São Francisco do Sul (a cidade mais antiga do estado) e o complexo estuarino da Baía da Babitonga, onde estão implantados os portos de São Francisco do Sul e Itapoá.

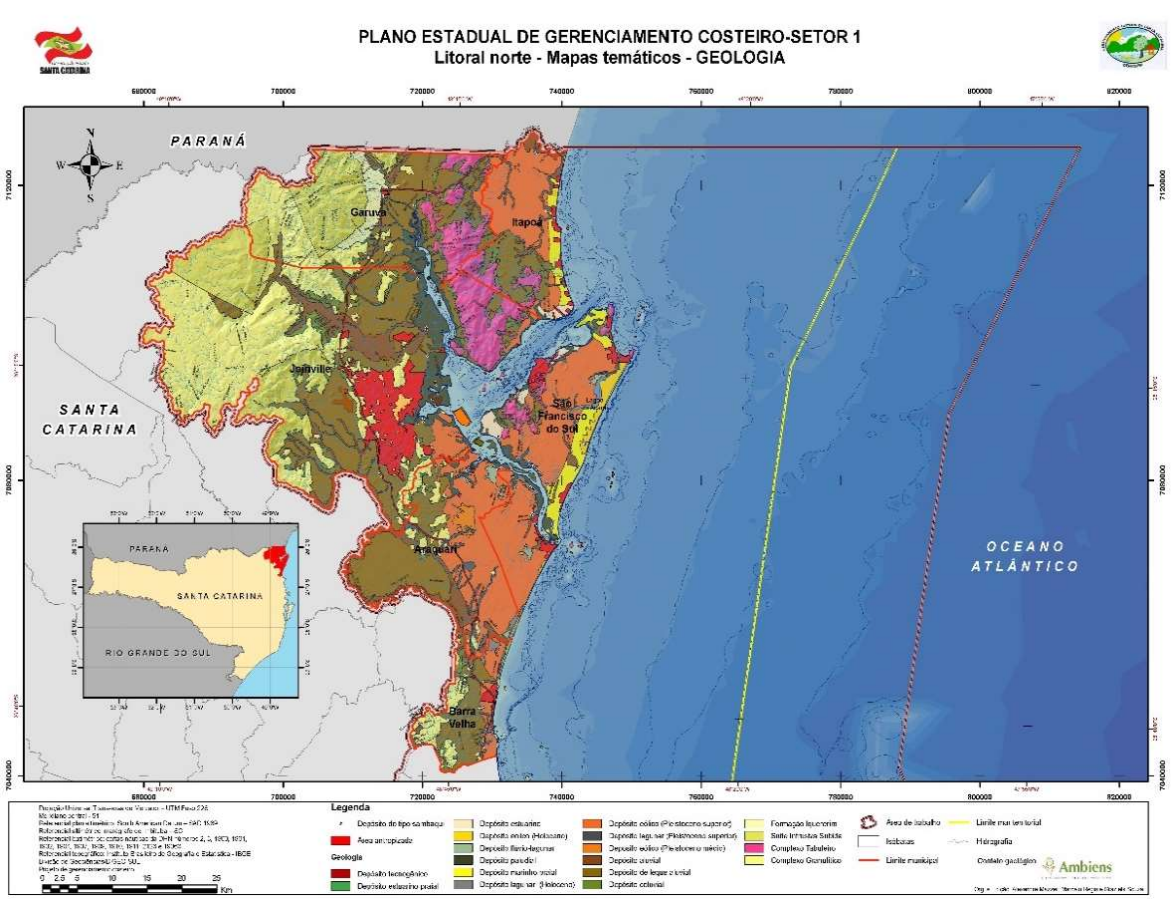


Figura 23.5. Mapa geológico da planície costeira do setor Norte de Santa Catarina.
Fonte: GERCO, 2010a; Horn Filho, 2010a.

A planície costeira do setor 2 (Figura 23.6) representa o segmento emerso da Bacia de Santos no litoral centro-norte catarinense, apresentando largura estreita à média, onde rochas do embasamento afloram em meio aos sedimentos continentais e litorâneos dos depósitos coluvial, de leque aluvial, aluvial, marinho praial, lagunar, eólico, paludial e de *chenier*. A coluna estratigráfica da planície costeira dos nove municípios consiste em 20 unidades geológicas, sendo 10 do embasamento e 10 representam os depósitos e suas fácies. O sistema deposicional litorâneo do litoral Centro-norte catarinense apresenta características mistas do ponto de vista geológico e geomorfológico, predominando ao norte, uma planície costeira composta de uma série de plainos praiais (*strandplains*), e, ao sul, uma planície costeira típica do sistema deposicional laguna-barreira. Destaca-se nesse setor, a península de Porto Belo, os sedimentos aluviais originados do transbordamento do Rio Itajaí-Açú, o porto de Itajaí e a cidade de Balneário Camboriú, que tem a orla mais urbanizada e vertical do litoral catarinense.

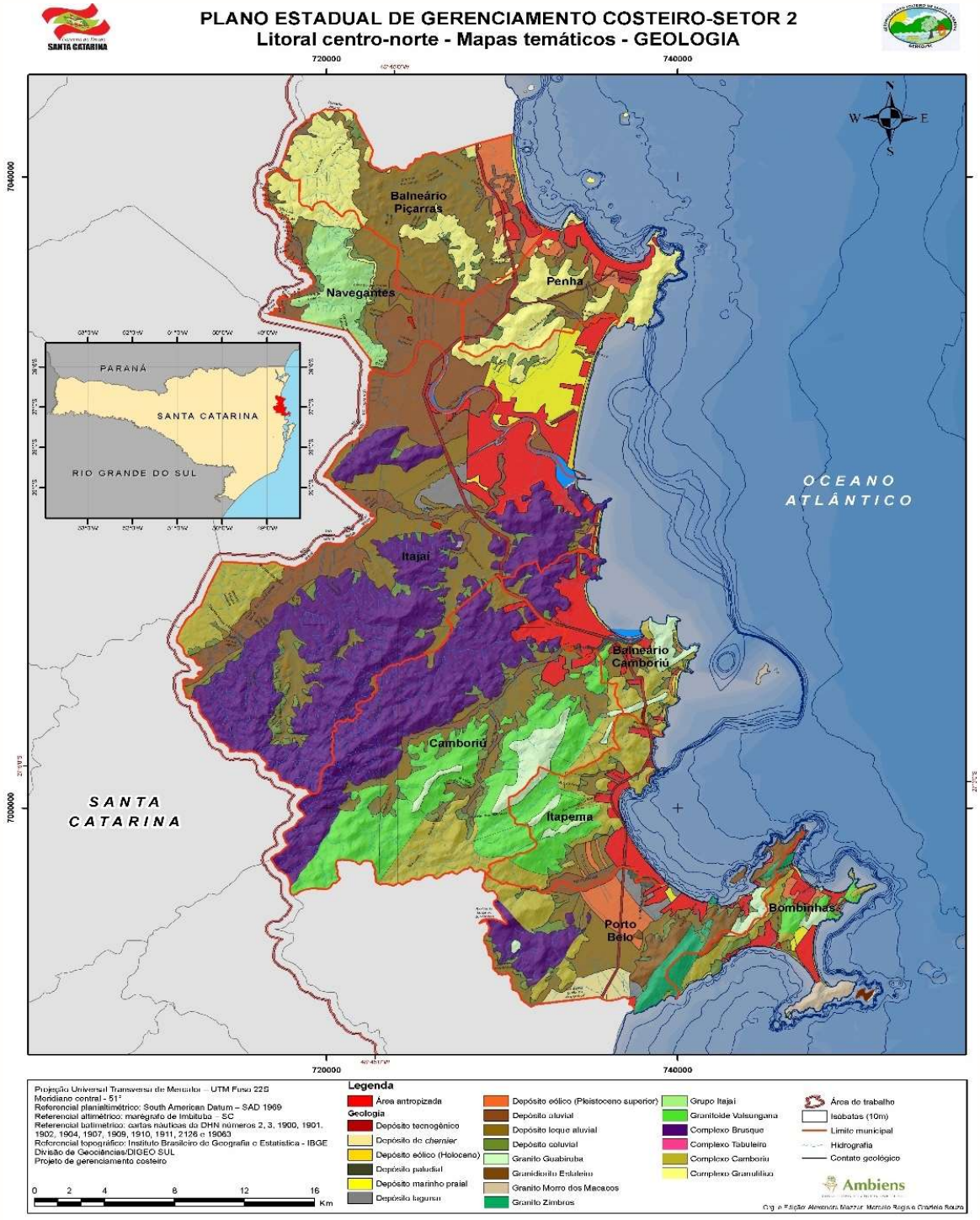


Figura 6. Mapa geológico da planície costeira do setor centro-norte de Santa Catarina.

Fonte: GERCO, 2010b; Horn Filho, 2010b.

A planície costeira do setor 3 (Figura 23.7) representa o segmento emerso da Bacia de Santos no litoral Central catarinense, apresentando largura estreita à média, onde rochas do embasamento afloram em meio aos sedimentos continentais e litorâneos, e configuram pontas e promontórios rochosos ao atingirem a linha de costa. A coluna estratigráfica da planície costeira dos seis municípios consiste em 27 unidades geológicas, sendo 13 do embasamento e 14 representam os depósitos e suas fácies. O sistema deposicional litorâneo do litoral Central catarinense apresenta

características mistas do ponto de vista geológico e geomorfológico, predominando no extremo norte uma planície costeira na forma de cordões arqueados de granulometria arenosa, intercalados com áreas planas de sedimentação lamosa, típicos dos depósitos de *cheniers.* Destaca-se nesse setor, a Ilha de Santa Catarina, onde está localizada a capital do estado Florianópolis, o maciço costeiro da Armação, a Baía de Florianópolis setorizada em baía norte e baía sul e a enseada da Pinheira.

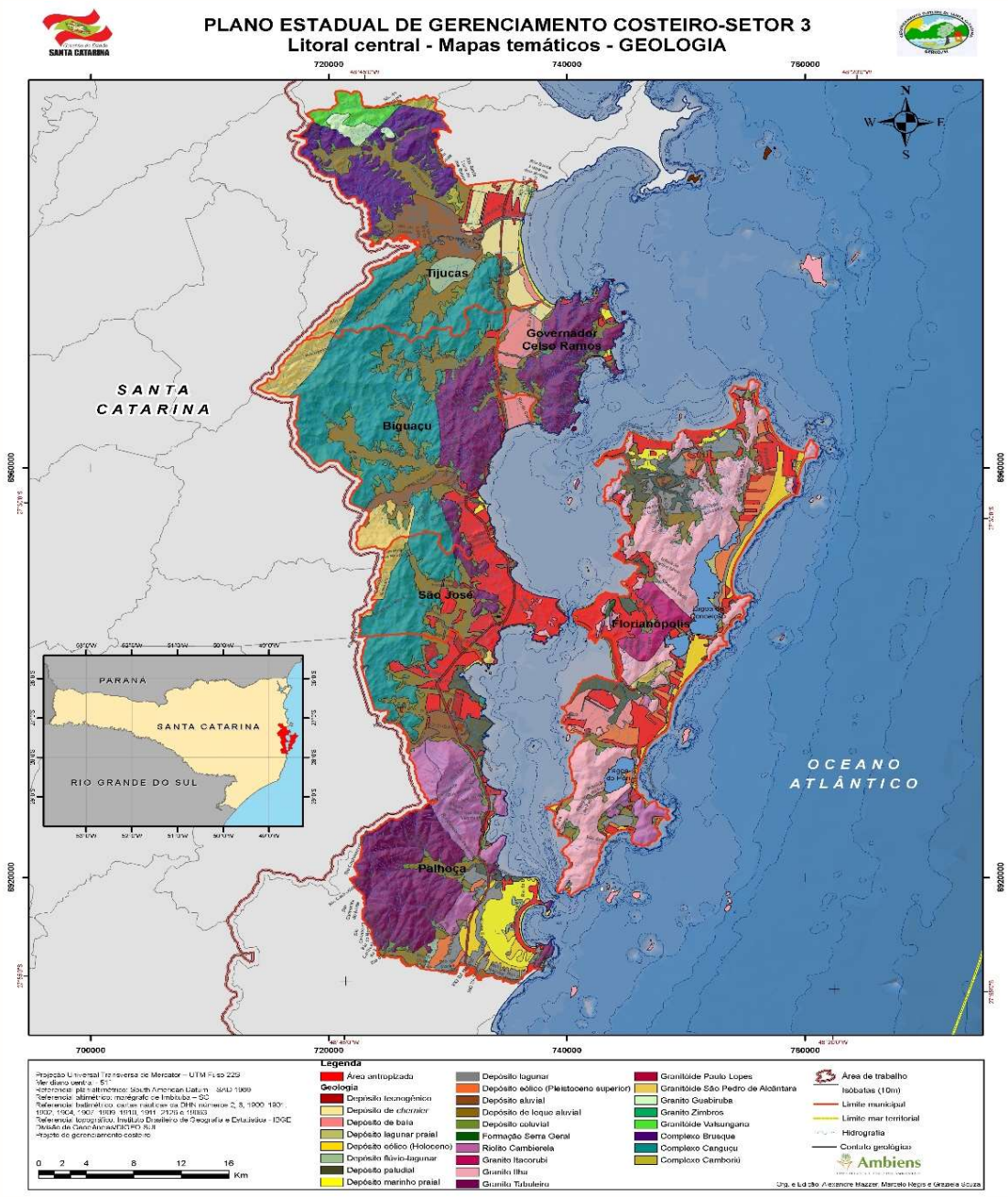


Figura 23.7. Mapa geológico da planície costeira do setor Central de Santa Catarina.

Fonte: GERCO, 2010c; Horn Filho & Ferreti, 2010.

A planície costeira do setor 4 (Figura 23.8) representa o segmento emerso da Bacia de Pelotas no litoral centro-sul catarinense, apresentando largura estreita à média, onde rochas do embasamento configuram promontórios ao longo da linha de costa. A coluna estratigráfica da planície costeira dos sete municípios consiste em 21 unidades geológicas, sendo seis do embasamento e 15

representam os depósitos e suas fácies. Na planície costeira existe uma alternância de uma série de plainos praiais (*strandplains*) e regiões do tipo laguna-barreira, associado às variações relativas do nível do mar ocorridas durante o Quaternário, compreendendo a barreira III e a barreira IV. Destaca-se nesse setor, o Cabo de Santa Marta Grande, que delimita o litoral sudeste do litoral sul do Brasil, o maior complexo lagunar do estado, representado pelas Lagunas Mirim-Imaruí-Santo Antônio, o porto de Imbituba, os sítios arqueológicos de Jaguaruna, considerada a capital mundial dos sambaquis, inclusive abrigando o maior sambaqui do mundo e as serras cristalinas litorâneas ou serras do leste catarinense.

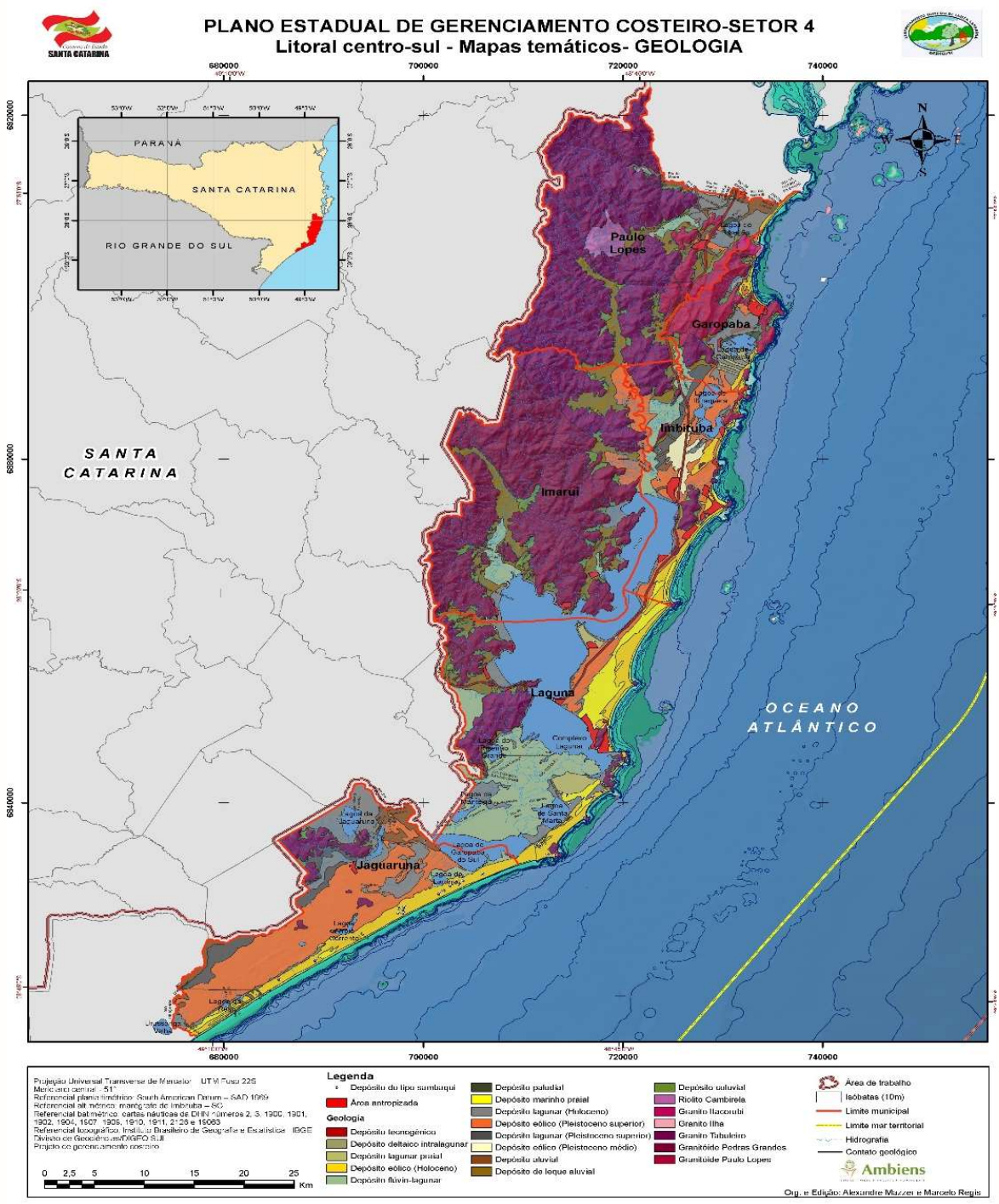


Figura 23.8. Mapa geológico da planície costeira do setor Centro-sul de Santa Catarina.

Fonte: GERCO, 2010d; Horn Filho, 2010c.

A planície costeira do setor 5 (Figura 23.9) representa o segmento emerso da Bacia de Pelotas no litoral Sul catarinense, sendo larga, somente comparada à planície costeira do setor norte do estado, onde rochas magmáticas (basaltos e diabásios) e sedimentares (arenitos, folhelhos, siltitos e argilitos) afloram em meio aos depósitos coluvial, de leque aluvial, aluvial, marinho praial, lagunar, eólico, paludial e flúvio-lagunar. A coluna estratigráfica da planície costeira dos oito municípios consiste em 17 unidades geológicas, sendo cinco do embasamento e 12 representam os depósitos e suas fácies. O litoral sul do estado de Santa Catarina distingue-se dos demais pela presença marcante de depósitos dos ambientes sedimentares marinho, eólico e lagunar, típicos do sistema deposicional laguna-barreira, à semelhança daqueles encontrados no estado do Rio Grande do Sul (Horn Filho et al., 1988). Destaca-se nesse setor, a retilinidade de seu litoral, os sistemas barreira-laguna do Pleistoceno superior e do Holoceno e a serra geral, que aparece a oeste da planície costeira.

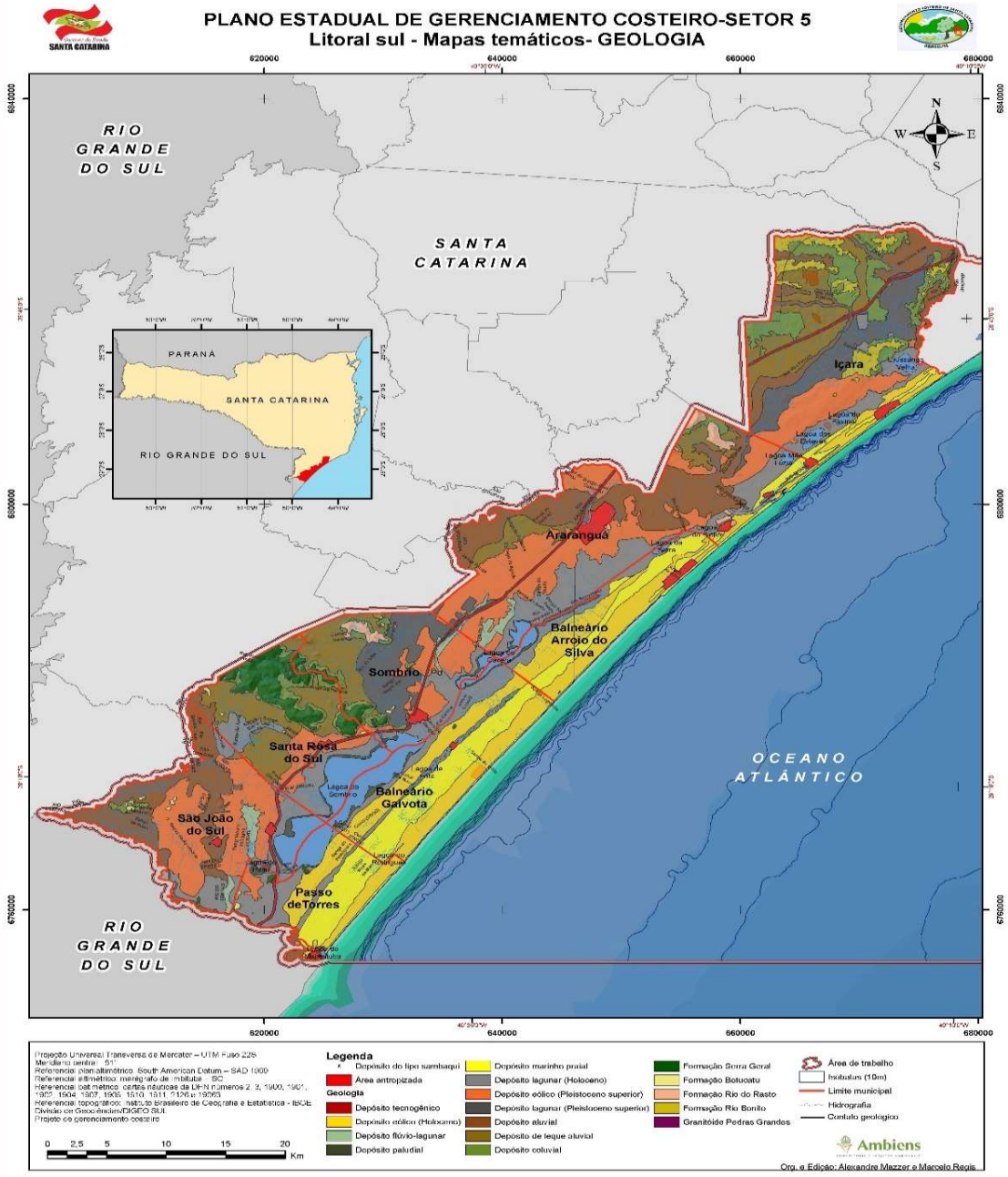


Figura 23.9. Mapa geológico da planície costeira do setor Sul de Santa Catarina.

Fonte: GERCO, 2010e; Horn Filho, 2010d.

Do ponto de vista paleogeográfico, a alternância de períodos glaciais e interglaciais ocorridos durante o Quaternário no hemisfério norte e suas consequências indiretas nos oceanos austrais; os movimentos tectônicos cenozoicos; as deformações do geoide terrestre; a acumulação de sedimentos nas bacias oceânicas; entre outras, são causas importantes para explicar a formação dos depósitos emersos e submersos das planícies costeiras e plataformas continentais adjacentes.

A evolução geológico-geomorfológica da planície costeira de Santa Catarina, mediante a interpretação dos seus depósitos quaternários, está intimamente relacionada às flutuações do nível relativo do mar do Atlântico sul. Entre os depósitos predominam aqueles de idade holocênica, seguidos dos depósitos do Pleistoceno superior e raras ocorrências do Pleistoceno médio.
Os sedimentos mais antigos típicos dos ambientes marinho praial, lagunar e eólico, estão correlacionados às fases transgressivas e regressivas do Pleistoceno médio e superior. O médio, relacionado ao período interglacial *Mindel/Riss* ou Yarmouthiano do hemisfério norte, teria sido formado durante a transgressão do Pleistoceno médio. O superior, referente ao período interglacial *Riss/Wurm* ou Sangamoniano do hemisfério norte (120 Ka AP), teria sido o responsável pela formação dos depósitos brasileiros correspondentes à transgressão do Pleistoceno superior. Os depósitos holocênicos dos ambientes marinho praial, eólico, fluvial, paludial, flúvio-lagunar e lagunar, foram originados durante as fases regressivas pós-transgressão Flandriana, desde o ótimo climático (5,1 Ka AP) até os dias atuais.

Principalmente, no setor sul da planície costeira de Santa Catarina, os depósitos quaternários são típicos do sistema deposicional laguna-barreira, onde são evidenciados sedimentos arenosos do ambiente marinho praial da barreira, direcionado para o oceano e, sedimentos areno-lamosos do ambiente lagunar da retrobarreira voltada para a região continental. Ambos sedimentos são recobertos parcial ou totalmente por depósitos eólicos na forma de dunas e mantos de aspersão, originados durante as fases regressivas marinhas. As laguna-barreiras foram originadas durante o Pleistoceno médio (barreira II), Pleistoceno superior (barreira III) e Holoceno (barreira IV).

A análise textural de 1.462 amostras pontuais de sedimentos da planície costeira de Santa Catarina (vide Figura 2, Estevam, 2019), propiciou o agrupamento dos sedimentos em nove unidades geológicas: (1) Depósito coluvial do Quaternário indiferenciado, constituído de sedimento lamo-areno cascalhoso com areia média e silte, mal selecionado a muito mal selecionado; (2) Depósito de leque aluvial do Quaternário indiferenciado, constituído de sedimento areno-lamo cascalhoso com areia fina e silte, muito mal selecionado a moderadamente selecionado; (3) Depósito aluvial do Quaternário indiferenciado, constituído de sedimento areno-lamo cascalhoso com areia média e silte, muito mal selecionado a moderadamente selecionado; (4) Depósito lagunar do Holoceno, constituído de sedimento areno-lamo cascalhoso com areia média a areia muito fina, moderadamente bem selecionado a mal selecionado, chegando a 85,2% de bioclastos; (5) Depósitos flúvio lagunar, flúvio estuarino, estuarino, de baía e paludial, do Holoceno, constituído de sedimento arenoso fino e finos, mal selecionado a bem selecionado, chegando a 82,1% de bioclastos; (6) Depósitos lagunar praial, estuarino praial, baía praial e *chenier,* do Holoceno, constituído de sedimento areno-cascalhoso com areia grossa à areia fina, mal selecionado a bem selecionado; (7) Depósito marinho praial do Pleistoceno, constituído de sedimento arenoso com areia fina a areia média, bem selecionado a mal selecionado; (8) Depósito marinho praial do Holoceno, constituído de sedimento arenoso fino a médio, bem selecionado a moderadamente bem selecionado; e (9) Depósito eólico do Holoceno e Pleistoceno, constituído de sedimento arenoso com areia fina, bem selecionado a moderadamente bem selecionado.

O Sistema praial

O sistema praial de Santa Catarina, localizado entre os sedimentos da planície costeira e da plataforma continental, exibe praias diversificadas no que diz respeito às características geomorfológicas, sedimentológicas e morfodinâmicas. A costa do estado de Santa Catarina é classificada como uma costa do tipo atlântica, de granulometria predominantemente arenosa, com presença marcante de afloramentos rochosos. Nesse sistema são mapeados o depósito marinho praial, pleistocênico e/ou holocênico e os depósitos estuarino praial, de baía praial e lagunar praial, todos holocênicos. As formas exibidas por esses depósitos são terraços e planícies de cordões regressivos (Figura 23.10), geralmente cobertos por sedimentação eólica, na forma de dunas, mantos eólicos, paleodunas, rampas de dissipação e lençóis.



Tijucas (UTM $6982146_{x,}$ 734730_{y})



Jurerê (UTM $6962223_{x,}$ 747230_{y})



Pinheira (UTM $6915429_{x,}$ 734580_{y})



Sombrio (UTM $6771475_{x,\ 633851y}$)

Figura 23.10. Fotos aéreas de 1978, escala 1:25.000, que mostram as planícies de cordões regressivos litorâneos de Santa Catarina: Tijucas, no litoral central; Jurerê, na Ilha de Santa Catarina (litoral central); Pinheira, no litoral centro-sul e Sombrio, no litoral sul.

Fonte: Acervo fotográfico.

O “Atlas geológico-oceanográfico das praias arenosas oceânicas de Santa Catarina, Brasil” (Horn Filho et al., 2020, no prelo)”, descreve do ponto de vista geológico e oceanográfico as 260 praias arenosas do litoral catarinense tendo como base a coleta de 370 amostras superficiais de sedimentos do setor de antepraia. As praias dos 27 municípios e cinco setores costeiros do GERCO/SC são considerados no Atlas (Figura 23.11).

O setor sul com cinco municípios, 22 praias e 40 pontos, apresenta praias arenosas finas, dissipativas, retilíneas e ausência de protuberâncias rochosas. O setor centro-sul com cinco municípios, 45 praias e 73 pontos, apresenta praias arenosas de textura predominante areia fina, dissipativas e intermediárias, retilíneas, parabólicas e de bolso. O setor central com quatro municípios, 69 praias e 86 pontos, apresenta praias intermediárias descontínuas, variação na granulometria do sedimento arenoso de fino a grosso, praias de bolso, parabólicas, enseadas e costões rochosos. As 104 praias do setor centro-norte de oito municípios com 124 pontos têm características morfodinâmicas que variam de reflectiva à intermediária, granulometria arenosa fina à média, fisiografia retilínea à recortado com praias de enseada, bolso, baías, tômbolo e parabólicas. As 20 praias de cinco municípios do setor norte com 47 pontos, revelaram características morfodinâmicas que variam de dissipativa à intermediária, granulometria arenosa fina à média e litoral retilíneo à recortado em meio a um complexo estuarino amplo.



Figura 23.11. Localização geográfica das 370 amostras de sedimentos superficiais das 260 praias do litoral de Santa Catarina, nos seus 27 municípios costeiros.

Fonte: Horn Filho et al., 2020, no prelo.

De um modo geral considerando todos os 370 pontos de observação, a maioria das praias são expostas, parabólicas, intermediárias, larguras entre 0-25m, declividades entre 3,5-7°, com arrebentação deslizante, orla natural, deriva litorânea para sul, compostas predominantemente de areias finas (Figura 23.12), bem selecionadas, assimetria aproximadamente simétrica, mesocúrticas, tons marrom e estratificadas.

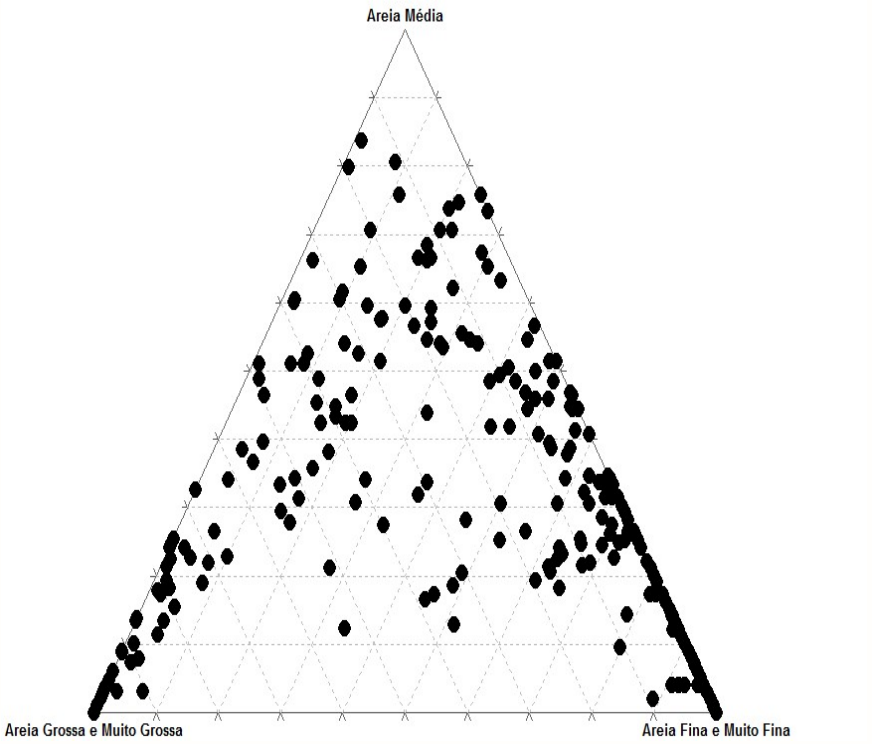


Figura 23.12. Diagrama ternário areia-areia-areia das 260 praias oceânicas do litoral catarinense, observando-se a predominância dos sedimentos arenosos finos.

Fonte: Horn Filho et al., 2020, no prelo.

Considerações finais

As projeções das Nações Unidas indicam que dentro de três décadas, 75% da população mundial, ou cerca de 6,3 bilhões de pessoas, deverão residir na zona costeira ou província costeira, definida como sendo, historicamente, uma zona geradora de conflitos, pelo fato de constituir-se em área de interesses múltiplos e sobreposição de usos. No Brasil, 23,9% da população se concentra na zona costeira, isto é, cerca de 40,6 milhões de pessoas. A população costeira dos 27 municípios catarinenses de frente para o Oceano Atlântico alcançou 1.604.549 habitantes em 2015, tendo havido um aumento populacional de 216.676 pessoas entre 2012 e 2015. Segundo estimativa do IBGE (2019), os municípios costeiros de Joinville e Florianópolis, no litoral norte e litoral central, respectivamente, terão uma população de 1,1 milhões de pessoas.

Esse aumento populacional tem gerado uma urbanização acelerada, às vezes desorganizada, verticalizando as construções na planície costeira, tornando muito atrativa a especulação imobiliária nos balneários dos 27 municípios catarinenses de frente para o Oceano Atlântico, fato presenciado em Balneário Camboriú, no litoral centro-norte, considerado um dos balneários do Brasil com o m^2 mais caro da construção civil (Figura 23.13).



Figura 23.13. Vista do setor Central da praia de Balneário Camboriú em janeiro de 2012.
Fonte: Foto de Repórter Voador Patrick Rodrigues. (www.imoveisembalneariocamboriu.blogspot.com).

Neste enfoque enquadra-se os objetivos da Geografia Costeira e especificamente desse trabalho, no sentido de prover conhecimento técnico-científico geológico-geomorfológico, indispensável para a tomada de medidas que visem a preservação ambiental da planície costeira e das praias do litoral catarinense, que ainda representam importantes feições geomorfológicas da geodiversidade costeira.

Agradecimentos

Agradeço a oportunidade concedida pelos editores Prof. Dieter Carl Ernst Heino Muehe, Prof.ª Flavia Moraes Lins de Barros e Prof.ª Lidriana de Souza Pinheiro, no sentido de apresentar esse capítulo "Geologia-geomorfologia da planície costeira de Santa Catarina" no livro Geografia Marinha - Oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Esse livro é resultado das experiências do Grupo de Trabalho "Geografia Costeira e Marinha", no âmbito da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (ANPEGE). Agradeço ao Departamento de Geologia e Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina, bem como ao Programa de Pós-graduação em Geografia, Programa de Pós-graduação em Oceanografia e Laboratório de Geologia Costeira, pela infraestrutura e apoio recebidos.

Referências bibliográficas

DIEHL, F. L. & HORN FILHO, N. O. Compartimentação geológico-geomorfológica da zona litorânea e planície costeira do estado de Santa Catarina. **Gravel**, Porto Alegre, v.9, p.39-50, 1996.

DUARTE, G. M. O futuro do litoral de Santa Catarina. **Geosul,** Florianópolis, v.6, p.39-52, 1988.

ESTEVAM, C. N. **Análise espacial do registro clástico Quaternário da Planície Costeira de Santa Catarina**. 2019. 101f. Trabalho de Graduação (Graduação em Geologia) - Curso de Geologia, UFSC, Florianópolis, 2019.

GERCO/SC. Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina. 2010a. **Diagnóstico geológico-geomorfológico do litoral Norte ou setor 1 do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis: Governo do estado de Santa Catarina e AMBIENS Consultoria e Projetos Ambientais. 470p.

GERCO/SC. Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina. 2010b. **Diagnóstico geológico-geomorfológico do litoral Centro-norte ou setor 2 do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis: Governo do estado de Santa Catarina e AMBIENS Consultoria e Projetos Ambientais. 458p.

GERCO/SC. Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina. 2010c. **Diagnóstico geológico-geomorfológico do litoral Central ou setor 3 do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis: Governo do estado de Santa Catarina e AMBIENS Consultoria e Projetos Ambientais. 470p.

GERCO/SC. Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina. 2010d. **Diagnóstico geológico-geomorfológico do litoral Centro-sul ou setor 4 do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis: Governo do estado de Santa Catarina e AMBIENS Consultoria e Projetos Ambientais. 493p.

GERCO/SC. Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina. 2010e. **Diagnóstico geológico-geomorfológico do litoral Sul ou setor 5 do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis: Governo do estado de Santa Catarina e AMBIENS Consultoria e Projetos Ambientais. 393p.

GONÇALVES, A.; OLIVEIRA, M.A.M.; MOTTA, S.O. **Geologia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis**. Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro, v.22, n.3, p.157-174, 1979.

HORN FILHO, N. O. **Diagnóstico geológico-geomorfológico do litoral Norte ou setor 1 do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina – GERCO/SC**. Florianópolis: Governo do estado de Santa Catarina e AMBIENS Consultoria e Projetos Ambientais, 2010a.

HORN FILHO, N. O. **Diagnóstico geológico-geomorfológico do litoral Centro-Norte ou setor 2 do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis: Governo do estado de Santa Catarina e AMBIENS Consultoria e Projetos Ambientais, 2010b.

HORN FILHO, N. O. **Diagnóstico geológico-geomorfológico do litoral Centro-Sul ou setor 4 do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis: Governo do estado de Santa Catarina e AMBIENS Consultoria e Projetos Ambientais, 2010c.

HORN FILHO, N. O. **Diagnóstico geológico-geomorfológico do litoral Sul ou setor 5 do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis: Governo do estado de Santa Catarina e AMBIENS Consultoria e Projetos Ambientais, 2010d.

HORN FILHO, N. O. & DIEHL, F. L. Geologia da planície costeira de Santa Catarina. **Alcance**, Itajaí, v.1, n.1, p.95-102, 1994.

HORN FILHO, N.O. & DIEHL, F. L. Geologia da planície costeira de Santa Catarina, Brasil. In: CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DE PAÍSES DE LÍNGUAS IBÉRICAS, 1., 2001, Lisboa. **Actas**... p.203-206.

HORN FILHO, N. O. & FERRETI, O. 2010. **Diagnóstico geológico-geomorfológico do litoral Central ou setor 3 do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis: Governo do estado de Santa Catarina e AMBIENS Consultoria e Projetos Ambientais, 2010.

HORN FILHO, N.O.; FELIX, A.; CAMARGO. J.M.de. **Atlas geológico da planície costeira do estado de Santa Catarina em base ao estudo dos depósitos quaternários.** 1ed. Florianópolis: Edições do Bosque, 2020 (no prelo), 328p.

HORN FILHO, N. O.; LEAL, P. C.; OLIVEIRA, J. S. de. 2014. **Geologia das 117 praias arenosas da ilha de Santa Catarina, Brasil**. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 220p. ISBN 978-3-639-89711-1.

HORN FILHO, N.O.; SCHMIDT, A.D.; ESTEVAM, C.N.; OLIVEIRA, U.R. de. **Atlas geológico-oceanográfico das praias arenosas oceânicas de Santa Catarina, Brasil**. 1.ed. Florianópolis: Edições do Bosque, 2020 (no prelo), 523p**.**

HORN FILHO, N. O.; VILLWOCK, J. A.; DEHNHARDT, B. A.; TOMAZELLI, L. J.; DEHNHARDT, E. A.; LOSS, E. L.; BACHI, F. A.; GODOLPHIM, M. F. **Mapeamento geológico da província costeira do Rio Grande do Sul.** In: SIMPÓSIO DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS DAS BAIXADAS LITORÂNEAS BRASILEIRAS: ORIGEM, CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS E EXPERIÊNCIAS DE OBRAS, 1988, Rio de Janeiro. Trabalhos completos... v.2, p.2.1-2.21.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2019.** IBGE, 2019.

MACHADO, L. G. **Evolução morfo-tectônica do Alto de Florianópolis que segmenta as Bacias de Santos e Pelotas, margem Sudeste da costa brasileira**. 2010. 128f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) - Programa de Pós-graduação em Geologia e Geofísica, UFF, Niterói, 2010.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. **Mapa geológico do Quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina**. Série Geologia Básica, n. 28, Brasília: DNPM, 1988.

MAZZER, A.M.; GARCINDO, T.B.; POLETTE, M. 1994. Levantamento e caracterização das ilhas do litoral de Santa Catarina. In: SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 7., 1994, Itajaí. **Resumos**... p.145.

PELUSO JR., V. A. O relevo do território catarinense. **Geosul,** Florianópolis, v.2, p.7-69, 1986.

SANTA CATARINA. **Atlas de Santa Catarina**. Gabinete do Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. 1986.

SILVEIRA, J. D. **Morfologia do litoral**. In: AZEVEDO, A. de E. (Ed.). Brasil a terra e o homem. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1964. 305p.

VALLEGA, A. Agenda 21 of Ocean Geography. In: VALLEGA, A.; AUGUSTINUS, P. G.E.F.; SMITH, H. D. (Eds.). **Geography, oceans and coasts toward sustainable development**. FancoAgnelli, 1998. 150p.

VILLWOCK, J. A. Contribuição à geologia do Holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. 1972. 133f. Dissertação (Mestrado de Geociências) - Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 1972.

VILLWOCK, J. A. A costa brasileira: geologia e evolução. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, v.7, p.38-49, 1994.

ZEMBRUSCKI, S.G. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias adjacentes. In: CHAVES, H.A.F. (Ed.). **Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas adjacentes (Relatório Final)**. PETROBRÁS, CENPES, DINTEP. v.7. 1979. p.129-177.

Norberto Olmiro Horn Filho é geólogo, Doutor em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Professor Titular pela Universidade Federal de Santa Catarina. Participa de projetos de mapeamento geológico de planícies costeiras, enfocando principalmente temas ligados à geomorfologia costeira, sedimentologia costeira e paleogeografia, junto ao Programa de Pós-graduação em Geografia e Programa de Pós-graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail norberto.horn@ufsc.br. CV: http://lattes.cnpq.br/8510528371667021.

Capítulo 24

Regionalização dos municípios do litoral norte do Rio Grande do Sul e a gestão ambiental costeira

Nina Simone Vilaverde Moura; Tânia Marques Strohaecker

Introdução

A ocupação dos municípios litorâneos brasileiros vem se intensificando nas últimas décadas, decorrentes de três processos: urbanização, industrialização e exploração turística, o que Moraes (1999) denomina como os vetores prioritários de desenvolvimento. O Rio Grande do Sul seguiu a tendência nacional de uma urbanização ampliada e extensiva, onde a maior parte da população reside em áreas urbanas desde a década de 1970. As principais formações espaciais urbanas no estado são a região metropolitana de Porto Alegre, a região metropolitana da serra gaúcha, a aglomeração urbana do sul e a aglomeração urbana do litoral norte (Rio Grande do Sul, 2019).

A região do litoral norte, um dos segmentos da zona costeira do Rio Grande do Sul, caracteriza-se pela sequência de ambientes longitudinais à costa chegando até as encostas do planalto meridional. Após a área de interface com o mar, identifica-se uma planície sedimentar costeira, composta por dunas primárias, secundárias e terciárias, seguidas por um cordão de lagoas costeiras, campos, áreas úmidas antigas até chegar à escarpa do planalto meridional, entalhada pelos vales dos rios Maquiné e Três Forquilhas.

▪ COMO CITAR:
MOURA. N. S. V.; STROHAECKER, T.M. Regionalização dos municípios do litoral Norte do Rio Grande do Sul e a gestão ambiental costeira. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 552-567 ISBN 978-65-992571-0-0

O litoral norte do Rio Grande do Sul, seguindo a tendência estadual, passou por um processo relativamente recente de urbanização e de emancipações municipais. Em 1965, os municípios de Santo Antônio da Patrulha, Osório, Torres e Tramandaí, a partir de seus limites político-administrativos, representavam, conjuntamente, o território do litoral norte considerado neste trabalho. Nas décadas seguintes, principalmente 1980 e 1990, foram institucionalizados mais 17 novos municípios, criados a partir de desmembramentos dos territórios dos municípios anteriormente citados. Atualmente, são 21 municípios que compõem a região do litoral Norte, a saber: Arroio do Sal, Balneário Pinhal, Capão da Canoa, Capivari do Sul, Caraá, Cidreira, Dom Pedro de Alcântara, Imbé, Itati, Mampituba, Maquiné, Morrinhos do Sul, Osório, Palmares do Sul, Santo Antônio da Patrulha, Terra de Areia, Torres, Tramandaí, Três Cachoeiras, Três Forquilhas e Xangri-lá (Figura 24.1).

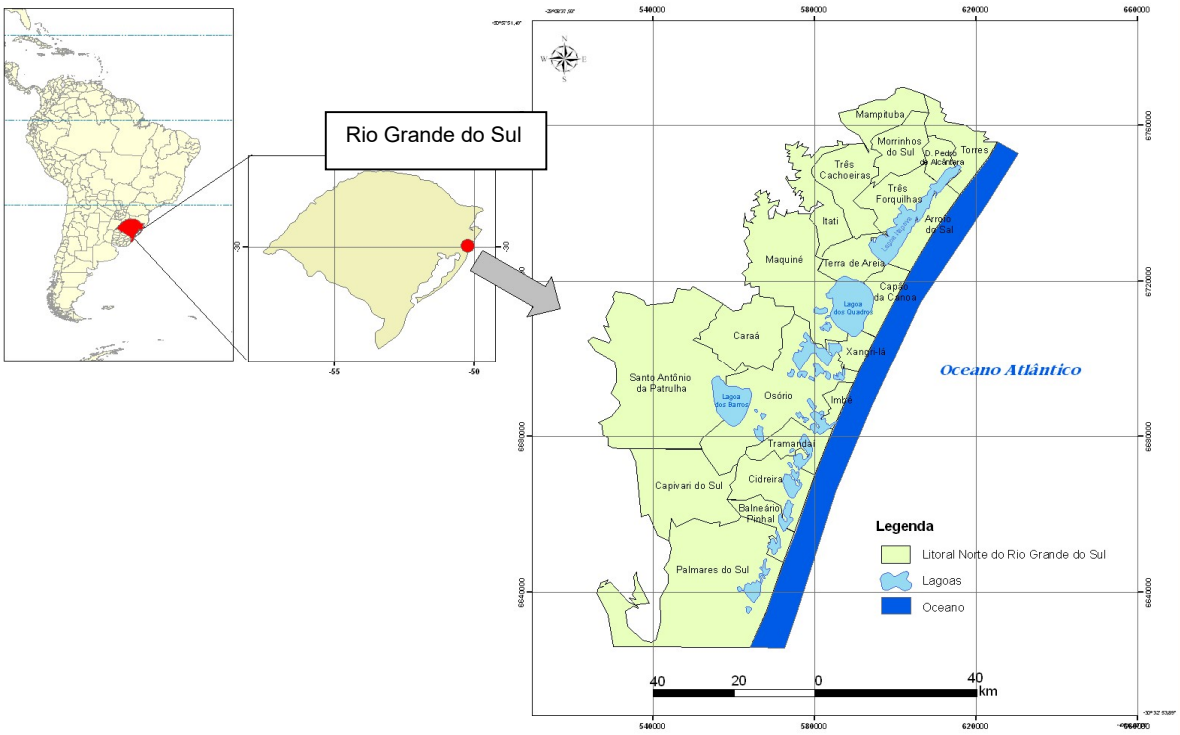


Figura 24.1. Localização do litoral norte no estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Strohaecker, 2007.

As emancipações desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento da região, segundo Strohaecker (2007), tendo em vista os investimentos tanto do setor público (rodovias, infraestrutura, equipamentos e serviços nos setores de saúde e educação) quanto no setor privado (loteamentos e condomínios residenciais, indústria da construção civil, redes de comércio varejista, turismo, serviços ligados aos setores de educação, saúde, recreação e lazer).

No entanto, os dados de infraestrutura e habitação dos municípios do litoral norte do Rio Grande do Sul apontam deficiências no que diz respeito ao saneamento básico notadamente na rede de abastecimento de água, no esgotamento sanitário, na coleta de resíduos sólidos e na rede de drenagem pluvial, além de se observar um crescimento no número de moradias irregulares, principalmente nos municípios com maior população residente, e uma série de alterações ambientais decorrentes do processo de urbanização recente (Bertê et al., 2016; IBGE, 2010; Strohaecker, 2007).

A urbanização significativa que os municípios do Litoral Norte apresentaram nas últimas décadas, indica que um novo eixo de expansão da urbanização começa a se formar a partir da região metropolitana de Porto Alegre, ou que será incorporada por ela nos próximos anos (Strohaecker, 2007). Por pertencer à região perimetropolitana e estar na confluência de rodovias federais (BR-101 e BR-290), além de uma série de rodovias estaduais (RS-030, RS-040, RS-389, RS-407, RS-417, RS-474, RS-484, RS-494, RS-784, RS-786) apresenta os condicionantes básicos de acessibilidade para o seu crescimento e desenvolvimento (Fujimoto et al*.,* 2006). A conclusão da "Rota do Sol" (RS-486), conectando o litoral norte com a região do planalto meridional, nos permite observar os investimentos públicos e privados significativos que a região tem recebido em função de sua localização estratégica.

A temática do desenvolvimento regional apresenta abordagens distintas e complementares privilegiando ora a instância econômica, política, social ou territorial (Soja, 1993; Raffestin, 1993; Harvey, 1992, 2006 e 2011; Amin, 1998). Nesse contexto, o entendimento da organização espacial da sociedade, a partir da teoria da formação socioespacial proposta por Santos (1996, 2000), amplia o debate sobre a importância das categorias analíticas do tempo e espaço, direcionando para um estudo das interações e relações transescalares que se estabelecem entre diferentes agentes políticos para cada momento histórico analisado. O estado, enquanto agente propositivo e indutor de desenvolvimento regional (Bandeira, 2000; Brandão, 2007; Silva, 2018), desempenha um papel essencial na coordenação dos esforços de múltiplos atores e nos pactos de governança entre as distintas escalas de poder e de gestão.

No caso específico do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, a diversidade e a fragilidade dos ecossistemas costeiros, conjugados à carência de estudos integradores, tem levado muitos pesquisadores a frisarem a "falta de planejamento" como uma das causas para as desigualdades sociais e econômicas da região. Nesse sentido, o presente estudo visa contribuir metodologicamente para a compreensão da dinâmica territorial através de uma proposta de regionalização e de medidas de gestão ambiental costeira para subsidiar a adoção de políticas, programas e ações pelos diferentes atores na construção do desenvolvimento regional do litoral norte.

A regionalização do litoral norte do Rio Grande do Sul

A regionalização adotada neste trabalho contemplou aspectos político-administrativos (divisão municipal e os critérios estabelecidos pelo II Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC II), físico-naturais (feições geomorfológicas) e aspectos socioeconômicos, a fim de caracterizar os perfis de municípios do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, a partir da análise territorial dos processos emancipatórios e de urbanização, das migrações e de indicadores econômicos, de forma a demonstrar como tal regionalização pode subsidiar a formulação de políticas nas escalas regional e municipal.

Os procedimentos metodológicos e operacionais adotados para a regionalização dos municípios do litoral norte foram realizados durante as pesquisas sobre o uso e ocupação do solo dentro do Projeto Instituto do Milênio - Recursos Costeiros (IM-RECOS) (2002-2004), a partir da análise realizada por Fujimoto et al. (2005), Strohaecker et al. (2006) e Fujimoto et al. (2006). Operacionalmente, fez-se o levantamento e análise: a) de dados secundários em órgãos institucionais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul (FEE-RS); b) bibliográfica sobre a evolução geológica e geomorfológica do litoral norte e sobre a urbanização regional (processos emancipatórios e políticas públicas; c) dados cartográficos planialtimétricos e de sensores remotos; d) com trabalhos de campo sistemáticos a partir de observações e entrevistas com representantes de órgãos

institucionais locais e, por fim, e) a sistematização e proposição da regionalização dos municípios do litoral norte para fins de gestão e planejamento ambiental costeiro.

A regionalização proposta para o litoral norte do Rio Grande do Sul contempla quatro perfis socioeconômicos distintos: a) municípios urbanos com população permanente; b) municípios urbanos para fins de segunda residência; c) municípios urbanos agroindustriais, e d) municípios rurais, conforme mostra a Figura 24.2.

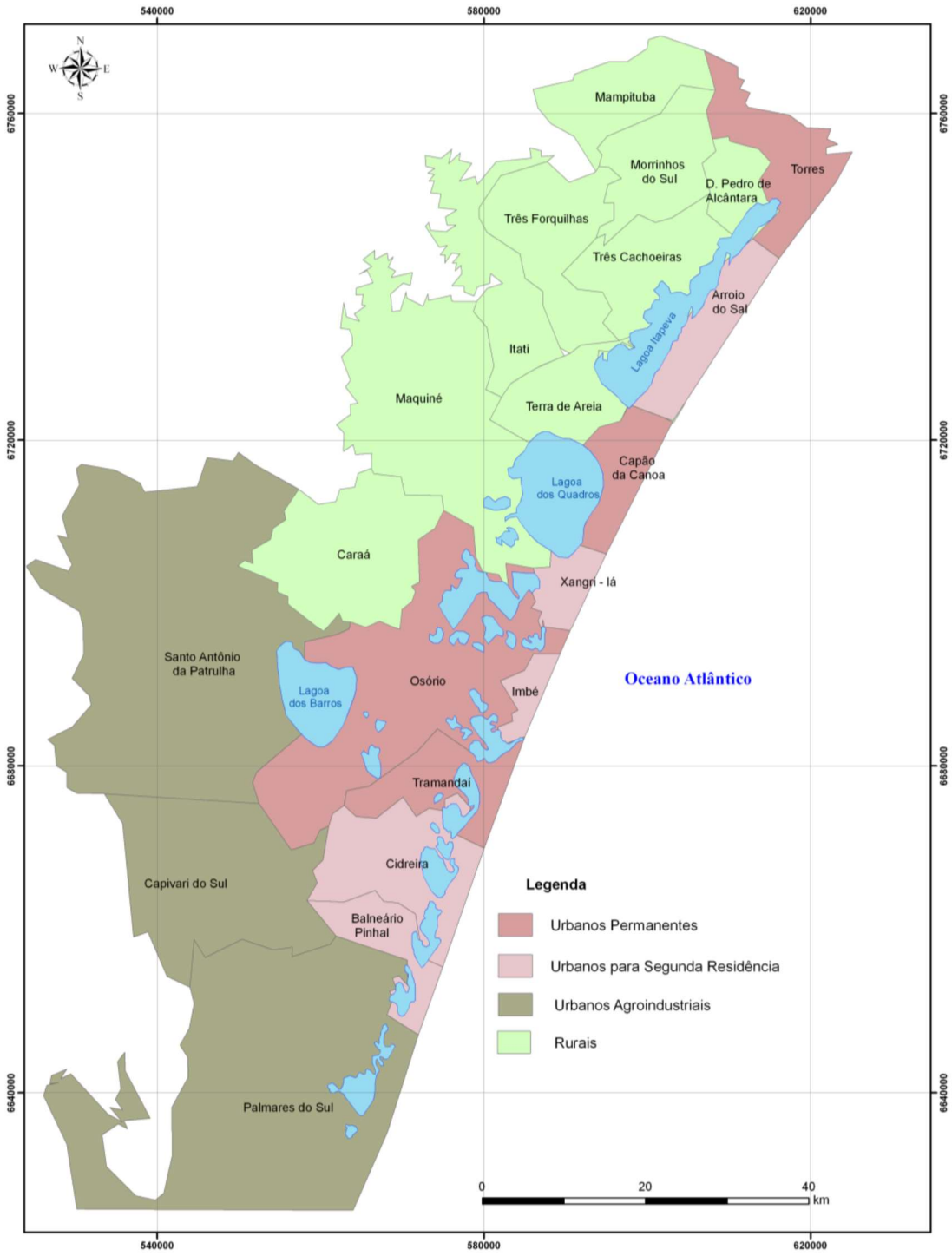


Figura 24.2 Regionalização dos municípios do litoral norte do RS.

Fonte: Moura et al. (2015).

Os municípios urbanos com população permanente são: Capão da Canoa, Osório, Tramandaí e Torres. Esses municípios são de médio porte e apresentam características econômicas predominantemente urbanas, exercendo funções de centralidade na região. Apresentam um número significativo de domicílios ocupados o ano inteiro (mais de 30%) e a população está na faixa dos trinta a cinquenta mil habitantes. São municípios antigos localizados junto à orla (planície marinha), e de seus territórios foram desmembrados muitos municípios com perfil atualmente de segunda residência. Constatou-se que, mesmo com as emancipações, esses municípios não perderam população, ao contrário, apresentaram incremento populacional decorrente de suas funções polarizadoras na região no tocante à concentração de serviços, equipamentos e investimentos públicos e privados (Moura et al., 2015).

Os municípios urbanos com perfil de segunda residência são: Arroio do Sal, Balneário Pinhal, Cidreira, Imbé e Xangri-lá. Esses municípios se caracterizam por serem de pequeno porte (na faixa de dez mil a vinte mil habitantes), estarem situados junto à orla (planície marinha) e terem sido áreas de antigos balneários antes de sua emancipação. Esse grupo apresenta uma população predominantemente urbana (acima de 95%), pois a maior concentração de domicílios ocorre na área urbana. No entanto, menos de 20% dos domicílios são ocupados permanentemente, comprovando que são municípios com perfil de segunda residência com economia fundamentada no setor de serviços, com relevante aumento populacional nos meses de verão.

Os municípios urbanos com população permanente ocupada com atividades agroindustriais são: Capivari do Sul, Palmares do Sul e Santo Antônio da Patrulha. São municípios que têm população majoritariamente urbana, apesar das atividades econômicas predominantes estarem nas áreas rurais dos referidos municípios, e um número considerável de domicílios ocupados o ano inteiro (mais de 70%). Eles se localizam nas áreas de planície lagunar, onde a abundância de recursos hídricos é potencialmente adequada para o cultivo de arroz irrigado e para o florestamento com cultivo de espécies exóticas, associados às atividades industriais de beneficiamento dessas culturas, entre outras atividades industriais.

Os municípios rurais são: Caraá, Dom Pedro de Alcântara, Itati, Mampituba, Maquiné, Morrinhos do Sul, Terra de Areia, Três Cachoeiras e Três Forquilhas. A maioria desses municípios foi emancipada na década de 1990, com exceção de Três Cachoeiras, que foi criado em 1988. Esse grupo de municípios está localizado nas áreas de escarpa do Planalto Meridional que coincidem com resquícios de mata atlântica no estado do Rio Grande do Sul, apresentando características predominantemente rurais, com estrutura fundiária baseada na pequena propriedade, com predominância de população rural e sua economia está direcionada principalmente para o setor primário e, mais recentemente, também para o turismo rural e ecológico. A maioria dos municípios desse grupo apresenta população inferior a cinco mil habitantes que se dedica ao cultivo de olerículas, feijão, milho, banana, abacaxi e ao extrativismo vegetal nos fundos dos vales dos rios Maquiné e Três Forquilhas.

Partiu-se da premissa que a diversidade ambiental, econômica e cultural do litoral norte pode contribuir para a construção de uma identidade territorial e, consequentemente, para a preservação e conservação dos seus referenciais ambientais e culturais. Além disso, entende-se que estratégias de gestão ambiental costeira nas escalas regional e local podem cooperar efetivamente para a sustentabilidade da região.

Subsídios para a gestão ambiental costeira

A regionalização adotada dos quatro perfis de municípios serviu como diretriz metodológica para a continuidade do trabalho na escala regional, com a seleção de elementos das dimensões socioambiental e político-institucional-legal, como ferramenta analítica para a compreensão da dinâmica territorial do litoral norte do Rio Grande do Sul (RS) a fim de contribuir com diretrizes para o seu desenvolvimento (Strohaecker, 2007).

Posteriormente, a partir das diretrizes de desenvolvimento propostas no âmbito regional, procurou-se detalhar a análise para a escala local, elegendo-se o município de Capão da Canoa como estudo de caso representativo do perfil dos municípios urbanos permanentes por apresentar características de centralidade regional, conforme explicitado anteriormente, com o objetivo de se propor medidas de gestão urbana ambiental costeira.

Diretrizes para o desenvolvimento regional

O levantamento de elementos selecionados das dimensões socioambiental e político-institucional-legal consistiu em pesquisa bibliográfica, observações de campo, entrevistas com técnicos e lideranças regionais, análise de projetos da esfera pública federal e estadual, bem como da esfera privada, principalmente do setor terciário de grande porte.

A sistematização de todas essas informações foi integrada contemplando: a) as demandas socioambientais da região; b) as potencialidades e tendências de desenvolvimento do litoral norte por categorias de municípios; c) a identificação dos espaços dinamizadores, estabilizadores e inibidores de crescimento urbano. A partir desses três conjuntos de informações, foi possível propor diretrizes de desenvolvimento regional.

As principais demandas socioambientais detectadas por categorias de municípios estão sintetizadas na Tabela 24.1. Elas derivam da caracterização do meio físico, das principais atividades econômicas e dos principais problemas ambientais presentes na região de estudo (Fujimoto et al., 2006). Constatou-se que a solução ou minimização dos problemas de caráter tanto estrutural quanto setorial provém da conjugação de esforços do setor público (nas instâncias federal, estadual, regional e municipal), do setor privado e da sociedade civil organizada, em um cenário de médio e longo prazo.

Tabela 24.1. Levantamento das principais demandas socioambientais do litoral norte do RS.

Urbano Permanente	Saneamento urbano; Legislação ambiental em nível municipal; Aproveitamento dos resíduos urbanos gerados; Educação ambiental formal e informal; Regularização fundiária; Habitação social; Fiscalização das atividades econômicas sazonais; Manutenção e ampliação das áreas verdes urbanas.
Urbano para Segunda Residência	Saneamento urbano; Legislação ambiental em nível municipal; Aproveitamento dos resíduos urbanos; Educação ambiental formal e informal; Habitação social; Fiscalização das atividades econômicas sazonais; Manutenção e ampliação das áreas verdes urbanas.
Urbano Agroindustrial	Melhorias na acessibilidade; Tecnologias de caráter sustentável para o setor agropecuário; Tecnologias de caráter sustentável para o setor industrial; Diversificação da economia; Educação ambiental formal e informal; Saneamento urbano.
Rural	Melhorias na acessibilidade; Tecnologias agrícolas de caráter sustentável; Alternativas de manejo dos recursos naturais existentes nas Áreas de Preservação Permanente (APPs); Diversificação da economia; Educação ambiental formal e informal. Saneamento urbano.

Fonte: Strohaecker, 2007.

As vocações e potencialidades da região estão vinculadas às suas características culturais, econômicas, ambientais e institucionais, conforme levantamento e sistematização efetuados por Strohaecker (2007). A diversidade de potencialidades no litoral norte pode se constituir em importante elemento para o desenvolvimento e gerenciamento integrado. Assim, procurou-se apresentar as potencialidades e tendências de desenvolvimento da região, segundo a classificação dos perfis de municípios adotada neste trabalho, sintetizadas na Tabela 24.2.

Tabela 24.2. Potencialidades e tendências de desenvolvimento dos municípios do litoral norte do RS.

Categorias de Municípios	Relação dos Municípios	Potencialidades e Tendências de Desenvolvimento
Urbanos Permanentes	Capão da Canoa Osório Tramandaí Torres	Comércio varejista; serviços gerais e especializados; Centros de distribuição atacadista e mineração de areia (em Osório); Parques eólicos (Osório, Tramandaí); Indústrias da construção civil, indústria do mobiliário e de confecções; Turismo esportivo e de eventos; Lazer e recreação.
Urbanos para fins de Segunda Residência	Arroio do Sal Balneário Pinhal Cidreira Imbé Xangri-lá	Comércio varejista e serviços gerais; Indústria da construção civil e da alimentação (conservas e mel); Parques eólicos (Cidreira, Xangri-lá); Atividades de lazer e recreação sazonais; Turismo para terceira idade.
Urbanos Agroindustriais	Capivari do Sul Palmares do Sul Santo Antônio da Patrulha	Beneficiamento da cana-de-açúcar e produtos derivados; Cultivo de plantas ornamentais (Santo Antônio da Patrulha); Silvicultura; Orizicultura; Parques eólicos (Palmares do Sul).
Rurais	Caraá Dom Pedro de Alcântara Itati Mampituba Maquiné, Morrinhos do Sul Terra de Areia Três Cachoeiras Três Forquilhas	Produção e comercialização de bebidas e alimentos coloniais; Produção de hortaliças, citros e olerículas agroecológicos; Extrativismo com manejo adequado da samambaia-preta e dos frutos do palmito juçara; Turismo rural, ecológico, e de aventura; Cultivo de flores e plantas ornamentais; Indústria de carrocerias de madeira para caminhões (Três Cachoeiras); Indústria do mobiliário (Dom Pedro de Alcântara, Três Cachoeiras, Terra de Areia).

Fonte: Strohaecker, 2007.

A análise das potencialidades e tendências de desenvolvimento por categorias de municípios permitiu que se obtivesse uma síntese dos fatores dinamizadores, estabilizadores e inibidores de desenvolvimento, conforme apresenta a Tabela 24.3**.** Observa-se que os municípios urbanos, de um modo geral, apresentam melhores condições de desenvolvimento, mas apresentam também problemas de maior complexidade, principalmente nas categorias dos urbanos permanentes e dos para fins de segunda residência, decorrentes da maior pressão antrópica nos meses de veraneio, quando se intensifica o fluxo de veranistas, turistas e excursionistas.

Tabela 24.3. Fatores dinamizadores, estabilizadores e inibidores de desenvolvimento no litoral norte

Categorias de Municípios	Fatores Dinamizadores	Fatores Estabilizadores	Fatores Inibidores
Urbano Permanente	Investimentos públicos e privados de pequeno, médio e grande portes; Ótima acessibilidade; Amenidades naturais[1] e culturais[2]; Crescimento demográfico; Bons serviços públicos de saúde e educação; Turismo de grande porte; Legislação urbanística municipal.	Legislação ambiental; Legislação referente ao patrimônio da união; Legislação federal (estatuto da cidade); Legislação urbanística estadual.	Carência de infraestrutura; Poluição hídrica, sonora e visual; Violência urbana; Desemprego; Assentamentos espontâneos; Pobreza.
Urbanos para Segunda Residência	Investimentos de pequeno porte; Boa acessibilidade; Amenidades naturais; Bons serviços públicos de saúde e educação; Crescimento demográfico; Turismo de pequeno porte.	Legislação ambiental; Legislação referente ao patrimônio da união; Legislação federal (estatuto da cidade); Legislação urbanística estadual.	Carência de infraestrutura; Poluição hídrica, sonora e visual; Desemprego; Assentamentos espontâneos; Pobreza.

[1] Elementos da paisagem natural que qualificam o espaço geográfico (e.g.: mar, lagoa, vegetação, dunas, pôr do sol), baseado em CORRÊA, 1989, p.18.

[2] Elementos da paisagem construída que qualificam o espaço geográfico (e.g. praças, parques urbanos, equipamentos públicos, equipamentos comerciais de grande porte como shopping centers, hipermercados), baseado em CORRÊA, 1989, p. 59.

Urbanos Agroindustriais	Investimentos de pequeno porte; Economia fundamentada no agronegócio; Média acessibilidade; Amenidades naturais; Uso agrícola intensivo (orizicultura e manejo florestal).	Legislação ambiental; Legislação referente ao patrimônio da união; Legislação federal (estatuto da cidade); Legislação urbanística estadual.	Poluição hídrica; Baixa densidade demográfica; Carência de diversificação econômica.
Rurais	Amenidades naturais; Agricultura familiar; Extrativismo com manejo adequado; Valores culturais; Atividades de lazer e recreação; Turismo rural, de aventura e ecológico; Pesquisa científica; Educação ambiental.	Legislação ambiental; Zonas núcleo da reserva da biosfera da mata atlântica (ucs e apps); Economia baseada no setor primário.	Poluição hídrica; Investimentos escassos; Carência de infraestrutura e serviços de saúde e educação; Baixa densidade demográfica; Acessibilidade precária; Carência de diversidade econômica.

Fonte: Strohaecker, 2007.

A configuração territorial do litoral norte do Rio Grande do Sul vem se caracterizando na atualidade pela dicotomia da dinamização e da estabilização. Por um lado, temos as categorias dos municípios urbanos permanentes e dos urbanos para fins de segunda residência, demarcando espaços dinamizados pelo crescimento populacional e diversificação econômica, impulsionando a implementação de novos investimentos e, consequentemente, a valorização do solo no médio prazo. Por outro lado, temos as categorias dos municípios urbanos agroindustriais e dos rurais, constituindo espaços estabilizados pela baixa diversificação econômica e crescimento demográfico mínimo, dificultando a implantação de novos empreendimentos e, consequentemente, demarcando as prováveis áreas de expansão do grande capital no longo prazo (Strohaecker, 2007).

Os principais polos de centralidade urbana (Osório, Capão da Canoa, Tramandaí e Torres) estão sujeitos a maior pressão antrópica, ampliando, assim, as possibilidades de ocorrência de problemas ambientais costeiros. A expansão da urbanização em áreas de antigos banhados, campos de dunas móveis e adjacências das lagoas costeiras é motivo de preocupação, bem como a densificação excessiva dos espaços urbanos compromete a qualidade ambiental pelas deficiências de saneamento básico na maioria dos municípios costeiros. A Figura 24.3 sintetiza, cartograficamente, a dinâmica territorial da região de estudo.

A análise da dinâmica territorial do litoral norte do Rio Grande do Sul indica a necessidade da implementação de políticas interdependentes e complementares nas três esferas de gestão. Nesse sentido, procurou-se contribuir com algumas diretrizes que consideramos importantes para subsidiar as políticas de gerenciamento costeiro integrado em nível regional:

- implementar um processo de planejamento contínuo e permanente, articulado entre os diversos atores envolvidos (públicos e privados), e que estabeleça as prioridades de investimentos a médio e longo prazos por categorias de municípios, apoiando as parcerias público-privadas (PPPs);
- viabilizar e implementar instrumentos de controle do uso e ocupação do solo que garantam a função social da propriedade e da cidade coadunadas à sustentabilidade ambiental, conforme estabelece o Estatuto da Cidade;
- incentivar os consórcios municipais no tocante aos serviços e equipamentos públicos (nas áreas de educação, saúde, infraestrutura, lazer e transportes) visando à racionalização dos custos e à ampliação do alcance social;
- investir nos sistemas de esgoto cloacal e pluvial com tratamento adequado dos efluentes;
- investir na coleta de resíduos sólidos com destinação adequada dos dejetos;
- implantar coleta seletiva de resíduos como forma de geração de renda para as comunidades carentes;
- ampliar os fóruns de discussão regional com o intuito de conhecer as potencialidades e as restrições que os municípios apresentam, incentivando os atores sociais, políticos e econômicos, das categorias de municípios adotadas neste trabalho, a encontrarem em conjunto alternativas factíveis e viáveis economicamente;
- investir no ensino formal e informal, com maior contrapartida da sociedade civil e de suas organizações, visando à qualificação do capital social e o desenvolvimento da cidadania dentro de uma perspectiva de sustentabilidade ambiental;
- valorizar os espaços naturais e culturais preservados da região como elementos aglutinadores de identidade territorial para as comunidades locais.

Portanto, o litoral norte do Rio Grande do Sul apresentará condições de desenvolvimento integrado quando a cooperação entre o setor público e o setor privado ultrapassar a retórica dos discursos e se basear na aplicação consistente de recursos humanos e econômicos em programas, projetos e ações que visem à sustentabilidade da região.

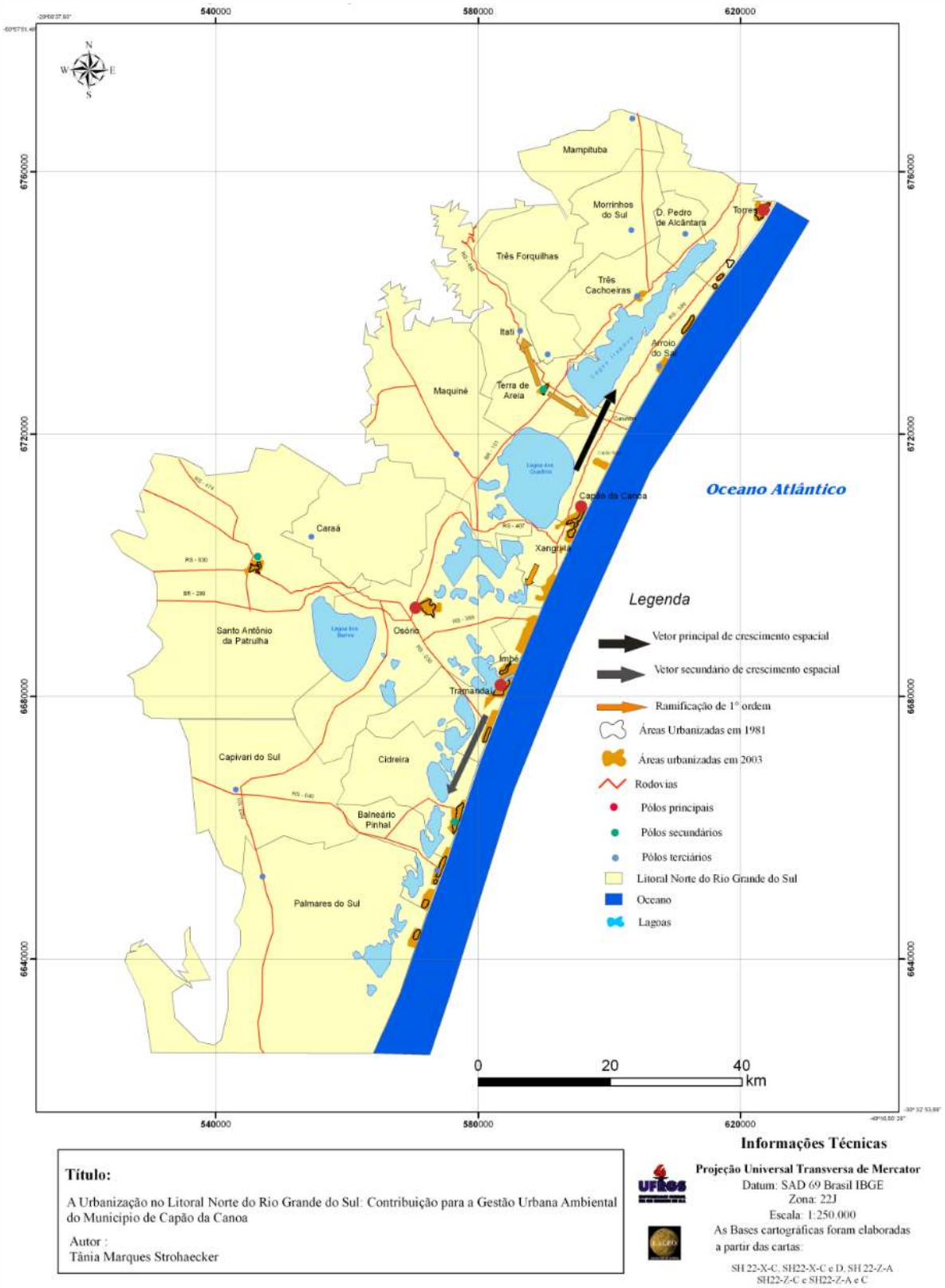


Figura 24.3. Modelagem gráfica da dinâmica territorial do litoral norte do Rio Grande do Sul.
Fonte: Strohaecker, 2007.

Gestão urbana ambiental costeira

Para a análise na escala local do município de Capão da Canoa selecionou-se uma série de elementos da dimensão físico-espacial (clima, geologia e geomorfologia, hidrologia e hidrogeologia, saneamento, interação praia-duna-ocupação, legislação urbanística) e da dimensão socioespacial (evolução urbana, dinâmica demográfica, padrões de uso do solo (Figura 24.4), densidades de ocupação, espaços de segregação social, espaços de interação social). A integração das informações foi obtida através de produtos cartográficos temáticos que, por sua vez, culminaram com a produção de cartogramas de síntese, como a identificação das áreas de segregação e de interações sociais; pontos críticos de degradação ambiental e dos setores prioritários de intervenção urbana ambiental costeira (Strohaecker, 2007).

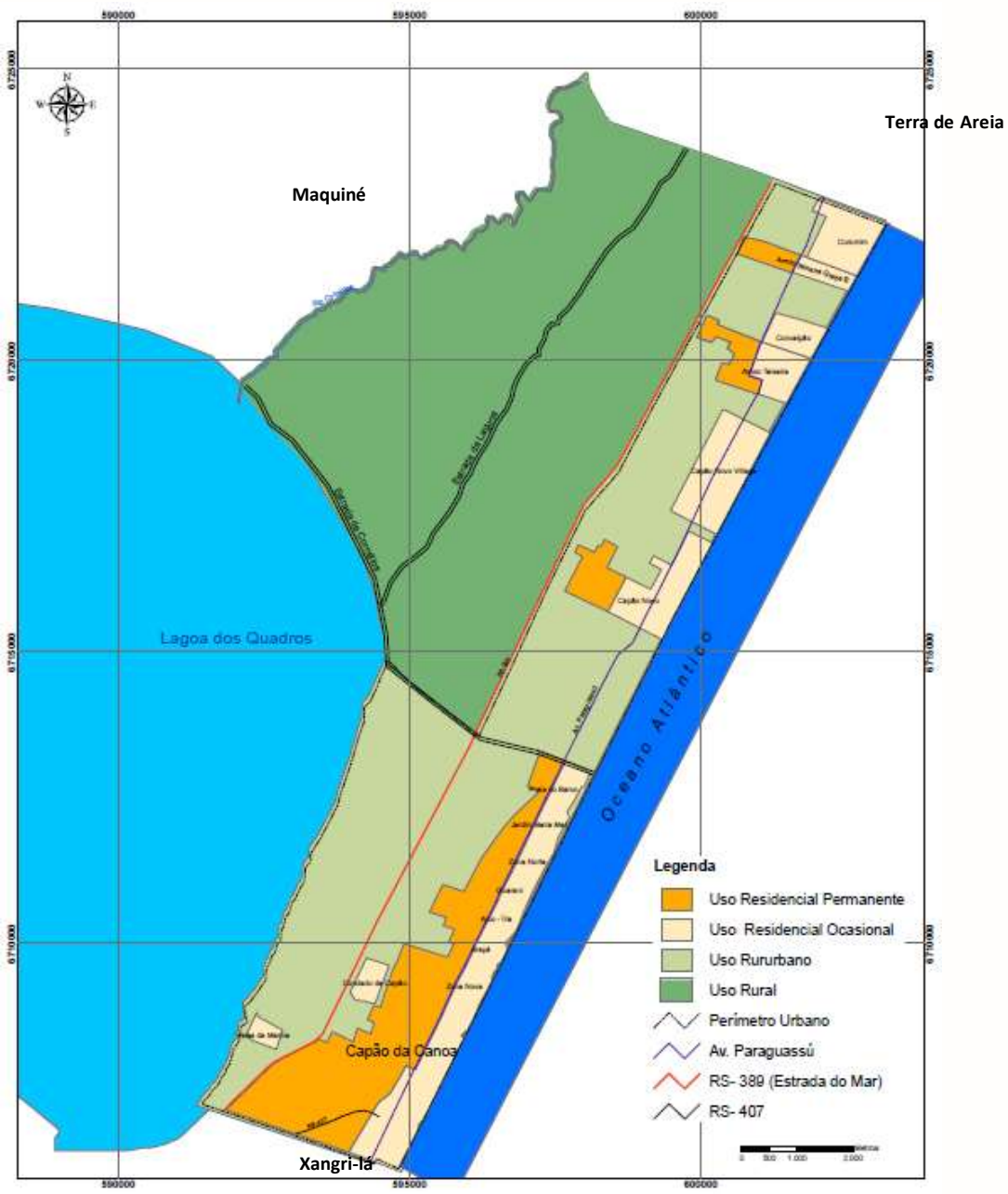


Figura 24.4. Usos do solo no município de Capão da Canoa.
Fonte: Strohaecker, 2007.

O marco teórico do desenvolvimento sustentável, as diretrizes regionais para o desenvolvimento regional e os levantamentos e análises realizadas para o município de Capão da Canoa serviram de fundamentação para as propostas de gestão urbana ambiental costeira coadunadas em três setores prioritários de intervenção: o saneamento básico, a preservação ambiental e cultural, o controle do uso e ocupação do solo. As medidas sugeridas têm caráter preventivo, de controle e para fins corretivos, conforme estabelece o Decreto Federal N^0 5.300/2004, referente à regulamentação do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.

As medidas sugeridas têm como elementos norteadores o caráter multifuncional, o baixo custo de implantação e amplo alcance social para viabilizar o aporte de recursos provenientes de diversas fontes de financiamento e a legitimação das ações pela sociedade local. Cinco estratégias interdependentes e complementares nortearam as propostas de gestão urbana ambiental costeira: a) integração das políticas públicas visando à sustentabilidade socioambiental; valorização das referências ambientais e culturais do território municipal; compatibilização da legislação urbanística e edilícia, ao Estatuto da Cidade (Lei Federal N^0 10.570/2001) e à Lei Estadual de Desenvolvimento Urbano (Lei N^0 10.116/1994); qualificação e integração do capital social à economia urbana.

O principal problema do município de Capão da Canoa se refere ao saneamento básico, o que corrobora com as constatações também no âmbito regional dos demais municípios. Esse é o condicionante principal que pode comprometer rapidamente as qualidades ambientais urbanas e costeiras. Para a minimização desse quadro é imprescindível investir em ações que integrem várias demandas complementares e interdependentes.

Nesse sentido, as propostas indicadas para o setor do saneamento básico contemplam: ampliação e qualificação dos sistemas de esgotamento sanitário e de coleta de resíduos sólidos; a reciclagem de resíduos provenientes da indústria da construção civil e posterior beneficiamento para promover obras de pavimentação, construção e regularização fundiária para a população carente; o controle do escoamento das águas pluviais desde as áreas fontes (os lotes) e em bacias de amortecimento (reservatórios de retenção e detenção pluvial) a serem implantadas nas praças e parques públicos, procurando resgatar as condições pretéritas de escoamento natural antes da ocupação urbana intensiva.

A questão da identidade territorial foi pensada a partir da estratégia de valorização e preservação dos referenciais ambientais e culturais do município, destacando-se a necessidade de se implementar um plano de manejo dos campos de dunas remanescentes; a criação de unidades de conservação municipais; projetos de arborização urbana; qualificação urbanística e paisagística do Arroio da Pescaria pela sua importância histórica e cultural; elaboração de inventário dos bens patrimoniais do município.

Entre as medidas de caráter preventivo e de controle do uso e ocupação do solo, destacam-se: a revisão do Plano Diretor, incorporando novos instrumentos previstos no Estatuto da Cidade que auxiliariam o poder público municipal na gestão urbana ambiental; a atualização do Código de Edificações, com a finalidade de se adequar à legislação federal e estadual e poder se transformar em instrumento indutor de mudanças no setor da construção civil no município; atualização da Lei de Parcelamento do Solo Urbano, incorporando padrões distintos de loteamento, fixando limites de testada das quadras adjacentes à orla e dispositivos que melhorem a permeabilidade do solo; obrigatoriedade de implantação de reservatórios de amortecimento das águas pluviais nos lotes, entre outras medidas.

Entende-se que estratégias de ação nas escalas local e regional podem contribuir efetivamente para a sustentabilidade do litoral norte. A adoção das medidas de gestão urbana ambiental costeira aqui propostas depende de mudanças políticas, econômicas, ambientais, culturais e do engajamento e participação de instituições representativas da sociedade civil.

Considerações finais

A proposta de regionalização dos municípios do litoral norte do Rio Grande do Sul surge a partir de um estudo do uso do solo na região costeira, considerando em sua análise as formas como a sociedade de apropriou da natureza através das diferentes atividades econômicas em cada compartimento geomorfológico identificado ao longo do processo de urbanização. As características da urbanização na análise compreenderam diferentes escalas espaciais, considerando as características intrínsecas à dinâmica natural e às mudanças proporcionadas pela intervenção humana e pelo uso da terra. A regionalização proposta permite identificar uma série de problemas ambientais decorrente das características naturais do ambiente e da análise histórica das alterações nas mudanças do uso da terra. Os problemas ambientais estão representados por uma série de conflitos que se modificam ao longo do tempo e, em cada período, impõem novas formas de uso e ocupação que agravam ou geram novos problemas ambientais e socioeconômicos. Os diversos fatores e dinâmicas que se conectam e se conflitam, causam modificações e alterações no espaço e no modo de vida de seus habitantes. Essas complexas e contraditórias relações causam problemas socioambientais e severas desigualdades sociais ao longo do processo de ocupação urbana.

Nesse cenário, vê-se a importância de uma gestão e planejamento coordenados entre as diferentes esferas institucionais e sociais da região, em articulação com as políticas nacionais, para a criação de soluções mais eficazes aos problemas e o estabelecimento de políticas de desenvolvimento alicerçada na perspectiva da sustentabilidade.

Referências bibliográficas

AMIN, A. An institutionalist perspective on regional economic development. In: **Economic Geography Research Group Seminar** 'Institutions and Governance', 1998. London: Departament of Geography UCL. Disponível em: http://www.egrg.rgs.org/wp-content/uploads/2013/12/egrg_wp-amin.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

BANDEIRA, P. S. Participação, articulação de atores sociais e desenvolvimento regional. In: BECKER, D. F.; BANDEIRA, P. S. **Desenvolvimento local-regional:** determinantes e desafios contemporâneos. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2000.

BERTÊ, A. M. de A.; LEMOS, B. de O.; TESTA, G.; ZANELLA, M. A. R.; OLIVEIRA, S. B. de. Perfil socioeconômico - COREDE Litoral. In: **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, n. 26, p. 404-441, fev. 2016. Disponível em: http://revistas.fee.tche.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/viewFile/3749/3642. Acesso em 23 fev. 2020.

BRANDÃO, C. A. **Território e desenvolvimento**: as múltiplas escalas entre o local e o global. Campinas (SP): Ed. UNICAMP, 2007.

CORRÊA, R.L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

FUJIMOTO, N. S. V. M.; STROHAECKER, T. M.; GRUBER, N.L.S.; KUNST, A.V.; FERREIRA, A.H. Litoral norte do estado do Rio Grande do Sul: indicadores socioeconômicos e principais alterações ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Editora da UFPR, n. 13, p. 99-124, 2006.

FUJIMOTO, N.S.V.M.; STROHAECKER, T.M.; KUNST, A.V.; FERREIRA, A.H. Uso e ocupação do solo no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul – Brasil. *In:* ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, São Paulo, **Anais...** São Paulo; Departamento de Geografia/FFLCH/USP, p. 5575-5591, 2005.

HARVEY, D. **O enigma do capital e as crises do capitalismo**. São Paulo: Boitempo, 2011.

HARVEY, D. **A produção capitalista do espaço**. 2° ed. São Paulo: Annablume, 2006.

HARVEY, D. **A condição pós-moderna**. São Paulo: Loyola, 1992.

IBGE. Censo demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagens? São Paulo: **Biota Neotropica**, v.1, 2001. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/bn/v1n1-2/a06v1n1-2.pdf. Acesso em: 13 abr. 2020.

MOURA, N. S. V.; MORAN, E. F.; STROHAECKER, T. M.; KUNST, A.V. A Urbanização na Zona Costeira: processos locais e regionais e as transformações ambientais – o caso do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. In: **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37 n. 42, p. 594-612, set-dez. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, 2015.

RAFFESTIN, C. **Por uma geografia do poder**. São Paulo: Ática, 1993.

RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEPLAG/PROCERGS, 4. ed., 2019. Disponível em: https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial. Acesso em: 19 mar. 2020.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização.** Rio de Janeiro: Record, 2000.

SANTOS, M. **A natureza do espaço:** técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1996.

SILVA, S. A. da. As dimensões espacial, territorial e regional no âmbito do planejamento governamental brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia.** São Paulo, v. 98, 2018, p.38-62. Disponível em: <https://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/boletim-paulista/article/view/1034/1298> Acesso em: 22 mar. 2020.

SOJA, E. **Geografias pós-modernas:** a reafirmação do espaço na teoria social crítica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.

STROHAECKER, T. M. **A urbanização no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul:** contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa. 2007. Tese (Doutorado em Geociências). Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. 2 V. Disponível em: http://www.ufrgs.br/bibliotecadigital/tesesedissertacoes Acesso em: 20 nov. de 2019.

STROHAECKER, T. M. Trajetória do planejamento territorial no litoral norte do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, n. 27, p. 68-93, mar. 2016.

STROHAECKER, T. M.; FUJIMOTO, N.S.V.M.; FERREIRA, A. H.; KUNST, A.V. Caracterização do uso e ocupação do solo dos municípios do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora UFPR, n. 13, p. 75-98, jan./jun., 2006.

Nina Simone Vilaverde Moura é licenciada e bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), mestre e doutora em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (USP). Professora Titular do Departamento de Geografia e professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, ambos da UFRGS. Atualmente é Coordenadora do Núcleo Docente Estruturante (NDE) do Curso de Graduação em Ciências da Natureza na modalidade EaD - UFRGS. E-mail: nina.moura@ufrgs.br CV: http://lattes.cnpq.br/0634706736636728

Tânia Marques Strohaecker é arquiteta e urbanista (UFPEL), mestre em Geografia (UFRJ), doutora em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professora associada no Departamento de Geografia da UFRGS. Coordena o projeto de pesquisa *A dinâmica territorial do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul: subsídios para o desenvolvimento regional* junto ao Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO) do Instituto de Geociências IGEO/UFRGS e professora permanente no Programa de Pós Graduação em Geografia (UFRGS). E-mail tania.strohaecker@ufrgs.br CV: http://lattes.cnpq.br/3322872875785944

DINÂMICAS E DESAFIOS ATUAIS NA PESQUISA EM GEOGRAFIA MARINHA

Capítulo 25

Geoeconomia do petróleo e gás natural e seus impactos na zona costeira e marinha

Claudio Antonio G. Egler

Apresentação

O presente capítulo reúne algumas reflexões sobre a dinâmica territorial das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural na zona costeira e marítima brasileira. Seu enfoque é essencialmente geoeconômico, procurando apoiar-se no diálogo entre a geografia e a economia para compreender o papel do Brasil no mercado mundial de petróleo após a conquista de águas profundas e ultraprofundas obtida através do esforço inovador e persistente dos técnicos e gestores da Petrobras, mas que acabou se constituindo em uma fragilidade para a própria empresa.

Procura mostrar que a ocorrência de petróleo e gás natural em águas ultraprofundas é resultante da conformação da província de hidrocarbonetos do Atlântico Sul e que as formidáveis reservas do pré-sal não ocorrem apenas na margem continental sul-americana, mas sim são muito mais promissoras na margem continental africana.

A seguir descreve os passos seguidos para vencer os limites e as dificuldades da lâmina de água e da camada de sal do assoalho atlântico e culmina com a descoberta de campos produtores nas Bacias de Campos e Santos o que contribui para adensar a cadeia produtiva no litoral sudeste, principalmente nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

O detalhamento da estrutura espacial das atividades de exploração e produção na zona costeira e marinha mostra a segmentação do litoral em duas grandes áreas produtoras, onde a distribuição do recurso natural acaba por contribuir para reforçar a concentração da riqueza no Sudeste, o que se manifesta diretamente na distribuição dos *royalties* entre os municípios costeiros.

▪ COMO CITAR:
EGLER, C. A. G. Geoeconomia do petróleo e gás natural e seus impactos na Zona Costeira e Marinha. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** Oceanos e Costas na Perspectiva de Geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 569-584. ISBN 978-65-992571-0-0

Por final, são levantadas algumas indagações genéricas sobre o futuro das atividades de exploração de petróleo e gás natural no Brasil que de um lado promoveram a inovação tecnológica para vencer as barreiras das águas ultraprofundas, de outro podem significar a submissão do desenvolvimento às rendas obtidas com o petróleo.

O Brasil no mercado mundial de petróleo

Em 2019 o Brasil ocupava a oitava posição entre os grandes produtores mundiais de petróleo bruto (EIA, 2020). Nesse ano as exportações de petróleo representavam 11 % do total, que em conjunto com a soja (12 %) e o minério de ferro (10 %) respondiam por um terço das mercadorias exportadas pelo Brasil (MDIC, 2020). A crescente presença do petróleo bruto na balança comercial brasileira é um processo recente, conforme mostra a Figura 25.1, e acentuou-se a partir de 2015, com a expansão das atividades de exploração e produção (EeP) em alto mar em campos produtores que situam-se a centenas de quilômetros da linha de costa, como é o caso do campo de Lula, o mais produtivo do Brasil nos dias atuais, situado a 290 km do litoral do Rio de Janeiro.

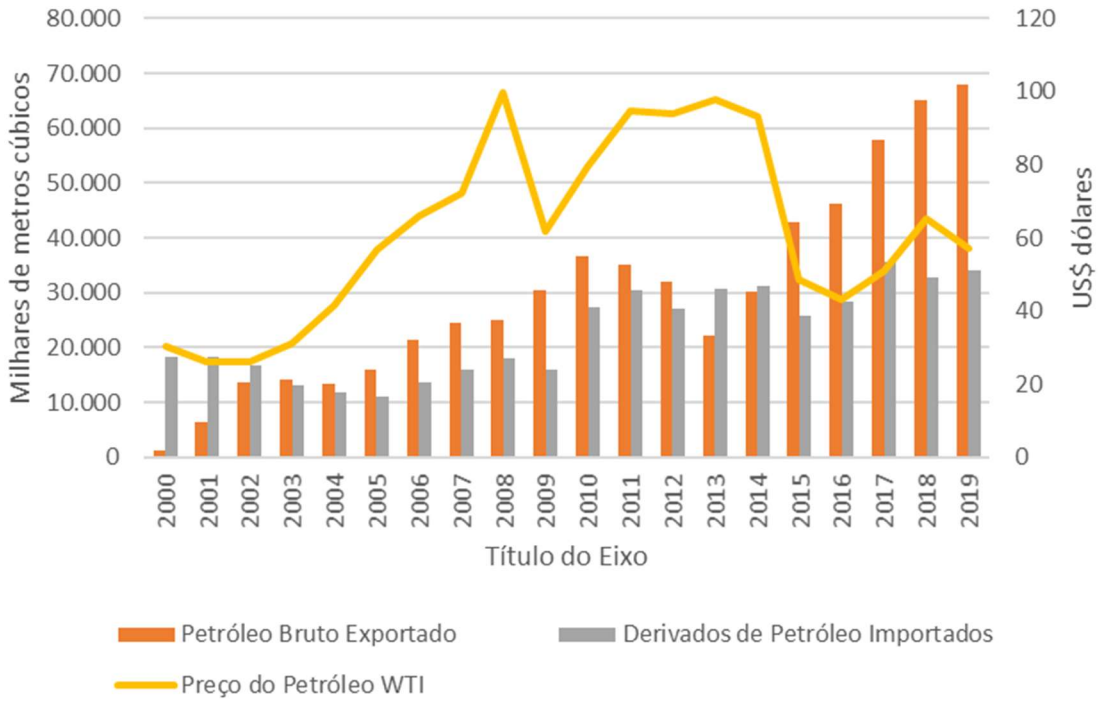


Figura 25.1. Brasil – Comércio Exterior de petróleo e derivados – 2000-2019.

Fonte: ANP, 2020 para importações e exportações de petróleo e derivados e EIA, 2020 para as cotações anuais do petróleo.

A crescente presença brasileira no mercado mundial de petróleo ocorreu após a pronunciada queda dos preços a partir de 2014. Nesse contexto, apesar de praticamente duplicar o volume exportado de petróleo entre 2011 e 2019, a receita obtida aumentou em apenas 10% no mesmo período.

A rápida expansão da oferta externa de petróleo cru não foi acompanhada pela produção nacional de derivados de petróleo, ao contrário, boa parte da demanda de combustíveis passou a ser atendida pela importação de óleos combustíveis de petróleo, principalmente diesel, que nos dias

atuais responde por cerca de 7% das importações brasileira, mostrando os gargalos da cadeia produtiva nacional e o descompasso entre a rápida expansão das atividades de EeP e a lenta ampliação da capacidade doméstica de refino.

De um modo simplificado, a cadeia produtiva de petróleo e gás natural pode ser subdividida em *upstream*, que corresponde as atividades de exploração, desenvolvimento e produção nos campos em terra (*onshore*) e o no mar (*offshore*); *midstream* que são aquelas relativas ao transporte e armazenagem entre os campos produtores e as áreas de processamento; e *downstream* envolvendo as atividades de refino de petróleo e beneficiamento de gás natural e sua distribuição (Fernández et al., 2020).

As principais conquistas na cadeia produtiva de petróleo e gás natural no Brasil se devem a presença efetiva da Petrobras, que detinha – desde sua criação em 1953, o monopólio das duas fases iniciais e forte presença na distribuição (Costa, 2012). Após as mudanças no marco regulatório em 1997, o monopólio foi quebrado e instituiu-se o regime de concessões, que por sua vez foi alterado em 2010 com a introdução do regime de partilha para a exploração e produção nos campos do pré-sal (Gobetti e Serra, 2011).

As alterações envolveram a modificação do regime contratual de exploração das reservas, a criação de uma estatal para gerir os novos contratos e o estabelecimento de um fundo a partir dos recursos provenientes das atividades de exploração, produção e comercialização de petróleo. Ademais, o papel da Petrobras também sofreu alterações, que resultaram no aumento da participação e da responsabilidade da estatal nas atividades de exploração de petróleo (Ribeiro, 2011).

No Brasil convivem o regime de concessão criado em 1997, com o regime de partilha da produção e o de cessão onerosa, ambos instituídos em 2010. A superposição de três regimes de regulação define uma superfície complexa, onde os recursos que estão no polígono do pré-sal estão submetidos ao regime de partilha, enquanto parcela dos recursos energéticos que estão no continente, bem como as reservas de hidrocarbonetos que estão no pós-sal e já vinham sendo exploradas, permanecem sob o regime de concessão (Pires do Rio, 2012).

O crescimento da presença da Petrobras nas atividades de exploração e produção tem sido acompanhada pela redução dos investimentos na área de refino e distribuição de combustíveis. A Figura 25.2 mostra a rápida saída da Petrobras do segmento importador de combustíveis, culminando com a privatização de sua subsidiária Petrobras Distribuidora S.A. em 2019. Assim como a distribuição, a área de biocombustíveis e de refino também estão sendo preparadas para novas privatizações, alterando radicalmente a orientação vigente nos primeiros anos da década, quando a Petrobras se diversificou como uma companhia energética global e não apenas petrolífera operando quase exclusivamente no Brasil (Egler e Pires do Rio, 2015).

O aumento da participação brasileira na oferta mundial de petróleo é o resultado de um esforço concentrado para acelerar a exploração de campos produtores submarinos situados no Atlântico Sul. Em 2019, 96% do petróleo bruto extraído no Brasil provinha da plataforma continental e as atividades de prospecção e exploração envolvem uma logística complexa com a intensificação do fluxo de embarcações tanto para abastecer as unidades produtivas, como para escoar a produção de petróleo, aumentando significativamente o risco de vazamentos e derramamentos não apenas de óleo bruto, mas também de toda a sorte de produtos químicos utilizados nas atividades de EeP.

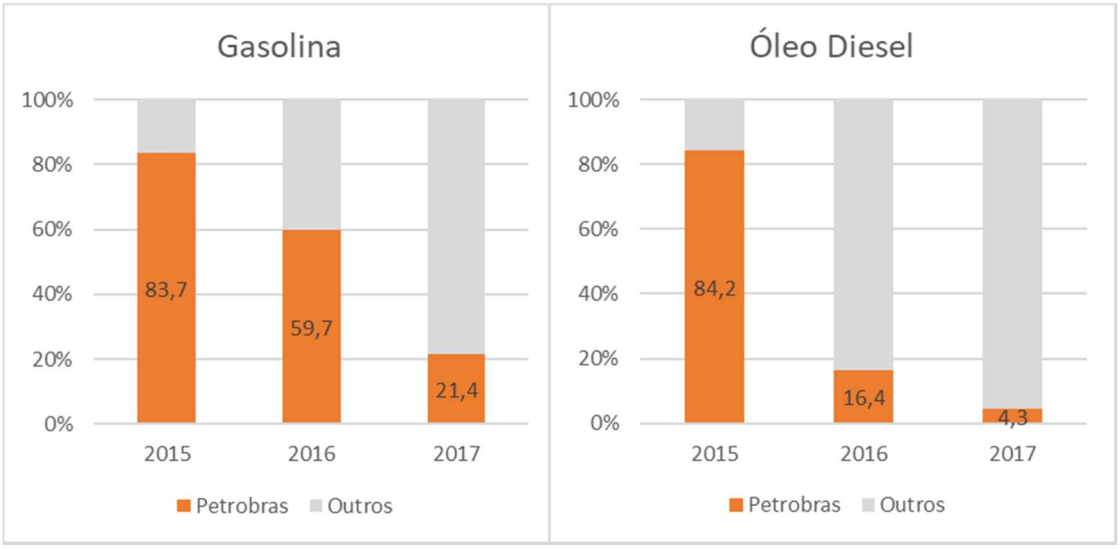


Figura 25.2. Participação da Petrobras na importação de combustíveis.
Fonte: Oddone, 2018

A província de hidrocarbonetos do Atlântico Sul

Do ponto de vista geológico, um sistema petrolífero inclui todos os elementos e processos essenciais para a formação dos depósitos de petróleo e gás natural existentes na natureza. Esses elementos básicos incluem uma rocha de fonte de petróleo, a rota de migração, as rochas reservatório, de vedação e de captura (trapa) (Figura 25.3); e os processos geológicos que criam cada um desses elementos básicos. Todos estes componentes devem ser colocados corretamente no tempo e no espaço, para que a matéria orgânica existente em uma rocha fonte possa ser convertida em um depósito de petróleo. Um sistema de petróleo existe sempre que todos esses elementos básicos são encontrados ou onde suspeita-se que possam ocorrer (Magoon, 1988).

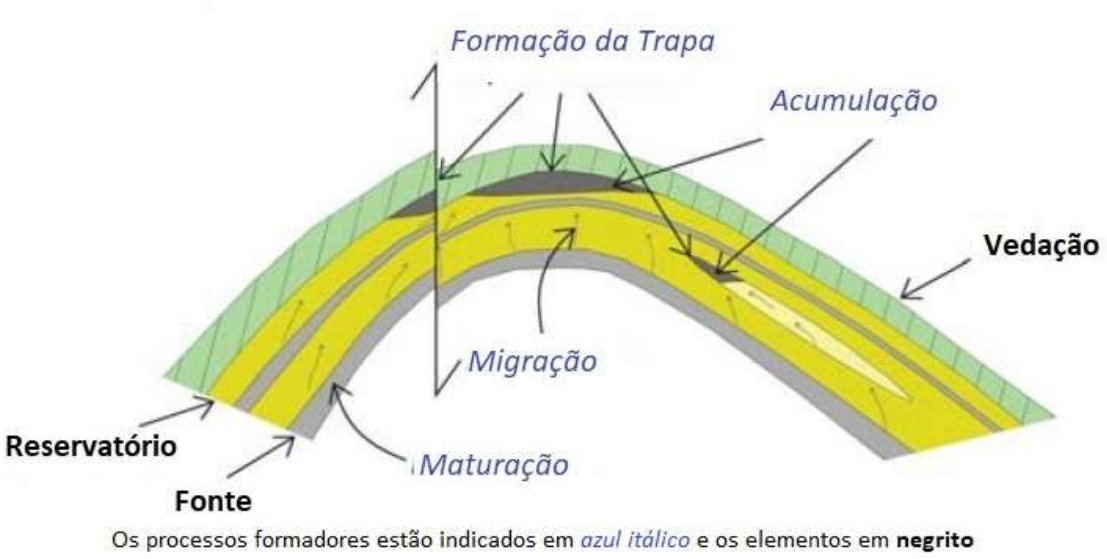


Figura 25.3. Esquema de um sistema petrolífero.
Fonte: Adaptado de Nordeng (2013, p.8).

No caso do Brasil, os sistemas petrolíferos encontrados na margem continental integram a província de hidrocarbonetos do Atlântico Sul, definida como a porção do oceano Atlântico situada ao sul de uma linha direta que liga de Tânger (Marrocos), até a fronteira Guiana-Venezuela e ao norte da linha imaginária que une a Cidade do Cabo (África do Sul) ao Cabo Horn (Argentina) (Cameron et al., 1999).

Em 2019, essa área detinha 4,0% das reservas provadas[1] mundiais de petróleo e 3,7% dos depósitos de gás natural. A maior parcela das reservas provadas encontradas está situada na margem continental africana, tanto em petróleo, como em gás natural. Os principais depósitos de hidrocarbonetos situados na África Ocidental estão concentrados na Nigéria, em Angola e no Congo. Na fachada atlântica sul-americana destacam-se Brasil e Argentina (Figura 25.4). Do ponto de vista geopolítico, praticamente todos os países produtores da margem continental africana pertencem ao cartel da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEC), o que não ocorre com os produtores da margem continental sul-americana.

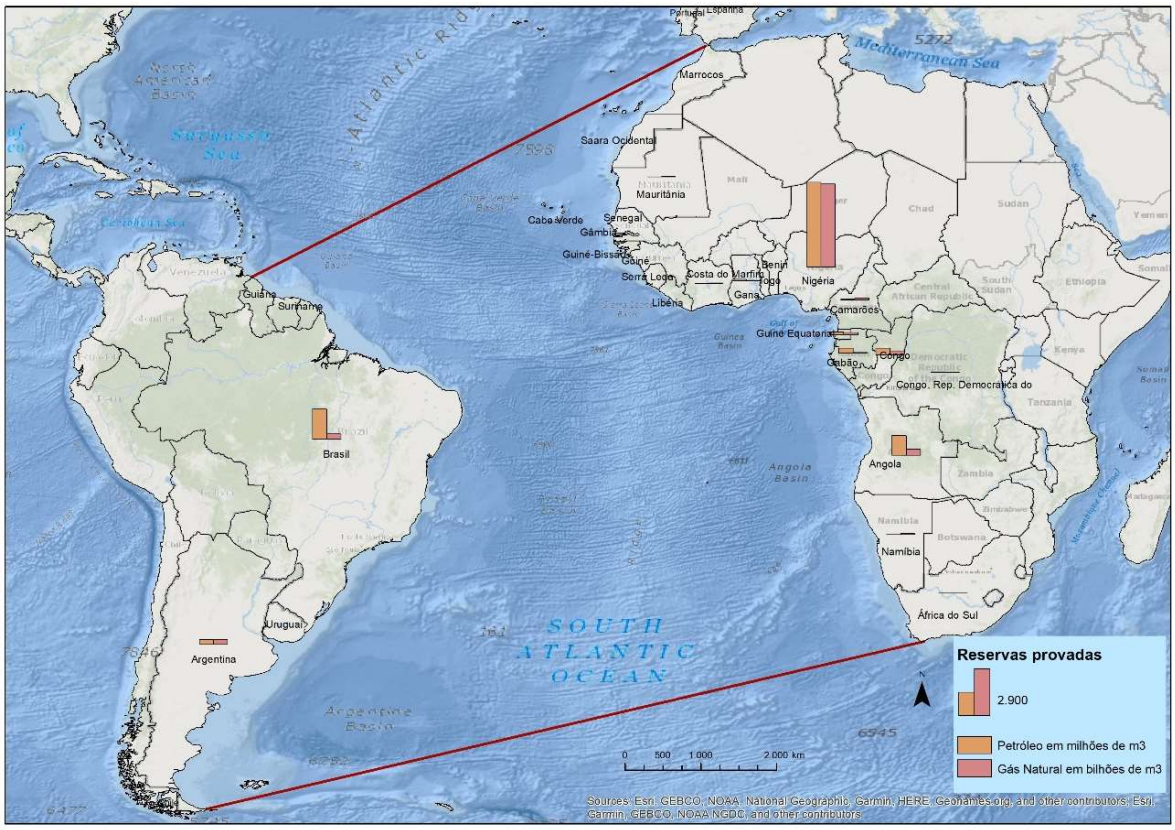


Figura 25.4. Atlântico Sul – distribuição das reservas provadas de petróleo e gás natural – 2019.
Fonte: elaborado a partir dos dados básicos da EIA (2020).

A formação do petróleo e gás natural nas margens continentais do Atlântico Sul é um processo cuja origem remonta ao período Cretáceo, há aproximadamente 140 a 130 milhões de anos atrás, quando a Pangea, ou o supercontinente de Gondwana, se rompeu com o movimento do bloco da América do Sul em direção ao oeste e o bloco da África em direção ao leste.

[1] Quantidade de petróleo ou gás natural que a análise de dados de geociências e engenharia indica com razoável certeza, como recuperáveis comercialmente, na data de referência (ANP, 2020).

A configuração geográfica desta zona de ruptura, corresponde ao que os geólogos chamam de fase de *rifting*, é muito semelhante ao observado hoje ao longo do Vale do Rift, na África Oriental: um longo corredor com uma série de falhas tectônicas ocupadas por grandes lagos. As fases de enchimento desses lagos alternam com períodos de isolamento, durante os quais as águas do mar evaporaram dando origem a espessas camadas de sal (evaporitos). O confinamento desses lagos levou à deposição de rochas ricas em matéria orgânica capazes de atuar como depósitos de petróleo e gás natural. (HUC, 2004, p. 247).

Várias bacias sedimentares se formaram ao longo das margens continentais do Atlântico Sul, que podem ser caracterizadas pela evolução tectôno-sedimentar semelhantes, como as margens Argentina e da Namíbia, ricas em magma, a região das bacias de Santos/ Campos/ Espírito Santo e de Angola e margens da bacia Bahia/Sergipe e a do Gabão, pobres em magma. A maioria das camadas de sal das bacias de evaporação ao longo das margens conjugadas do Atlântico Sul ocorram em regiões de águas profundas e ultraprofundas (Mohriak e Leroy, 2012).

O setor brasileiro da margem do Atlântico é compartimentado por falhas transversais regionais predominantemente na direção leste-oeste. A margem continental é uma plataforma rasa de 50 a 400 m de profundidade que se aprofunda acentuadamente em direção ao leste, até 2.000 a 2.600 m. Em partes desse setor, nas bacias de Santos e Campos, ocorre um intervalo espesso (até 4.000 m) de evaporitos, na forma de sal, localizado na parte central inferior da sucessão de rochas sedimentares (Figura 25.5), o que permite a subdivisão em três grandes unidades conhecidas como pré-sal, sal e pós-sal. (Clemente, 2013).

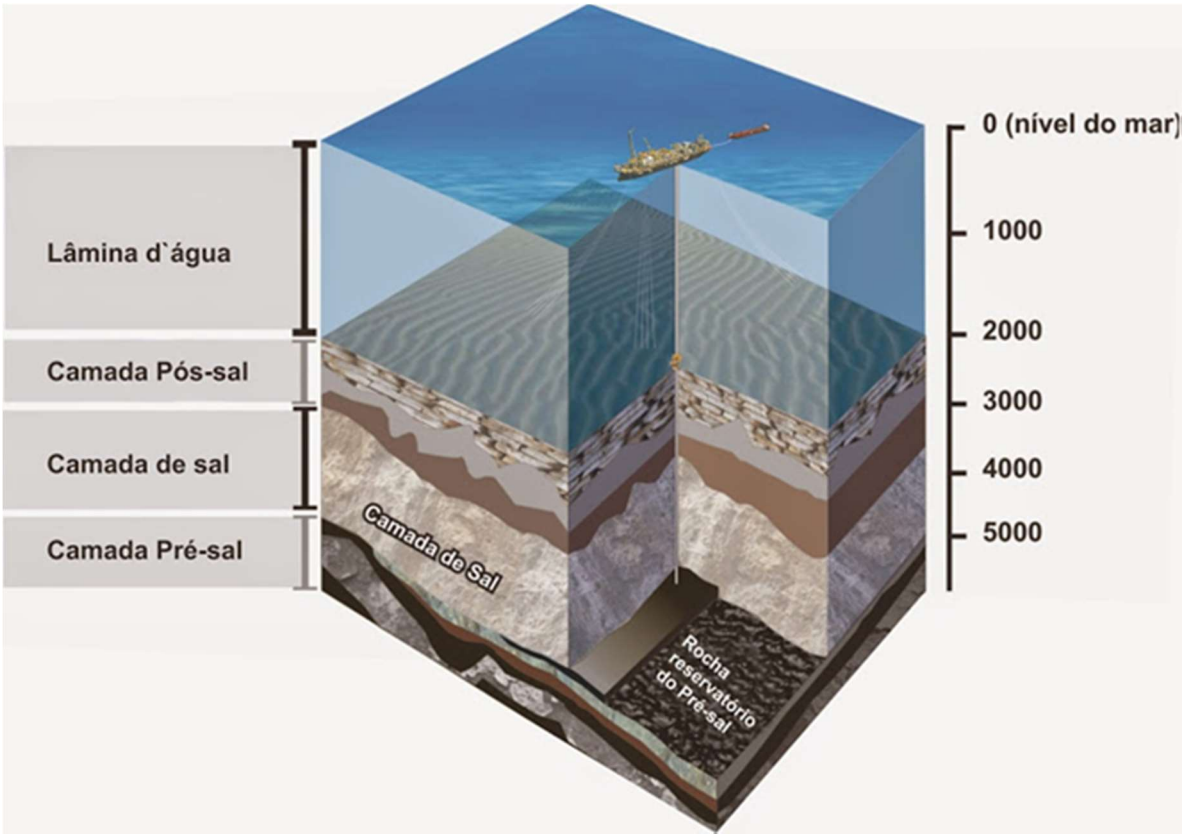


Figura 25.5. Bacia de Santos – camadas do assoalho submarino.
Fonte: PETROBRAS, 2020

Essas bacias sedimentares adquiriram importância crescente no cenário mundial a partir do desenvolvimento de novas técnicas de exploração e produção em águas profundas (lâminas d'água superiores a 600 m) e ultraprofundas (lâminas d'água superiores a 2.000 m) dos taludes e sopés das margens continentais. As bacias sedimentares de Campos e Santos no Brasil, da costa oeste da África, notadamente os campos marítimos situados em Angola (delta do Congo) e na Nigéria (delta do Níger), em conjunto com o Golfo do México formam o chamado "triângulo dourado das águas profundas" (Milani et al., 2000).



Figura 25.6. Brasil – bacias sedimentares marinhas.

Fonte: ANP

A costa brasileira compreende dezessete bacias marítimas (Figura 25.6). Devido à exploração de petróleo e gás natural, as mais importantes são, no Nordeste: Potiguar, Sergipe, Jacuípe, Recôncavo; e no Sudeste do Brasil: Espírito Santo, Campos e Santos. A maioria dessas bacias está localizada parcialmente em terra e nas águas rasas da margem continental e parcialmente em águas profundas e ultraprofundas Em duas delas, o polígono do pré-sal tem uma relevância peculiar devido a importância das jazidas de petróleo e gás natural descobertas e em exploração: as bacias de Campos e de Santos (Mohriak et al., 2008).

Os desafios tecnológicos da exploração e produção de petróleo em águas profundas e ultraprofundas são evidentes: a construção de plataformas de perfuração que suportem o movimento das ondas, o desenvolvimento de técnicas de corte e soldagem de metais debaixo da água e o transporte de materiais e equipamentos por vastas extensões do oceano. De outro lado, os desafios sociais também não são triviais: a atração e manutenção de uma força de trabalho capaz e disposta a viver em uma pequena estrutura de metal por períodos de semanas ou de trabalhar a centenas ou mesmo milhares de metros abaixo da superfície do mar; estabelecendo uma expressiva e dispersa indústria isolada no meio do oceano.

A produção *offshore* representava 30% do petróleo e 27% do gás natural produzido no mundo em 2016. A maioria da produção em águas profundas ou ultraprofundas ocorre em quatro países: Angola, Brasil, Estados Unidos, e Noruega. Os Estados Unidos e o Brasil juntos representam mais de 90% da produção global de águas ultraprofundas, com previsão de aumento significativo nos próximos anos (EIA, 2016).

A Petrobras e a fronteira tecnológica do pré-sal

A decisão de direcionar as prospecções de petróleo para o litoral marítimo foi tomada pela Petrobras, em 1966, concretizando ideias que começaram a ser cogitados em 1961-1962. Para empreender a "inversão de rumos" em direção ao mar, os investimentos em terra deveriam diminuir diante das exigências de grande aumento de gastos na nova fronteira exploratória, em aquisições ou aluguel de plataformas de perfuração, dispêndios em pesquisas relativas às condições geológicas, sísmicas e gravimétricas das costas marítimas, e capacitação de recursos humanos para as especificidades dos trabalhos de perfuração de poços no mar, entre outras despesas com explorações offshore.

Para iniciar a exploração offshore a Petrobras encomendou, em dezembro de 1966, a construção no Brasil da plataforma de perfuração autoelevável Petrobras I, para realizar explorações em lâminas de água de até 30 m de profundidade, ao largo da costa marítima. Foi a primeira plataforma de perfuração construída no Brasil, pela Companhia de Comércio e Navegação no Estaleiro Mauá, em Niterói (RJ), capaz de perfurar poços de até 4.000 m de profundidade (Morais, 2013, p. 112).

Até 1975, as plataformas e os equipamentos eram quase todos importados; importavam-se plataformas fixas para águas rasas de apenas quinze metros de profundidade, mas a partir daquele ano começou a construção no Brasil de plataformas fixas de produção, por meio de consórcios de firmas nacionais e estrangeiras; não obstante ainda se continuar a importar partes de plataformas fixas nos casos de maiores profundidades.

Até a implantação da primeira plataforma flutuante de produção na Bacia de Campos, a produção de petróleo na plataforma marítima brasileira vinha sendo realizada com o uso de plataformas fixas, em lâminas d'água de até 50 m, no Nordeste brasileiro. Passar para a lâmina d"água de 120 metros, no início da produção na Bacia de Campos, representou um grande salto tecnológico para a empresa. Em 2000, as perfurações encontravam-se em torno de 1.500 m de profundidade. A

produção *offshore* do Brasil foi da ordem de 452 mil barris/dia, em 2000. Desse total, a produção da Bacia de Campos correspondeu a 80% do total.

A construção deste território de produção exigiu uma vultosa infraestrutura de operações e instalações tanto no mar como em terra. São plataformas, redes de dutos para o escoamento da produção, bases de apoio, tanques de armazenamento, emissário para o descarte de águas tratadas, além de complexas operações de abastecimento de navios e transporte da produção, que se localizam em uma área extremamente valorizada e vulnerável, que é a zona costeira.

No princípio da década de 2000, a Petrobras intensificou as atividades exploratórias nas rochas sedimentares da Bacia de Santos, acima da camada de sal. As perfurações de poços resultaram na descoberta de vários campos de gás, como Mexilhão, em 2003 - o maior campo de gás natural na plataforma continental do Brasil e de diversos campos de petróleo, como Uruguá e Atlanta, todos acima da camada de sal (Morais, 2013, p. 221).

A partir de 2010 na área do pré-sal, a produção de petróleo se expandiu rapidamente, partindo de 16 milhões de barris em 2010, ultrapassando a produção das áreas do pós-sal em 2017, e atingindo o patamar de 520 milhões de barris em 2018 (Figura 25.7). Um crescimento de mais de 30 vezes graças à alta produtividade dos poços perfurados no polígono do pré-sal.

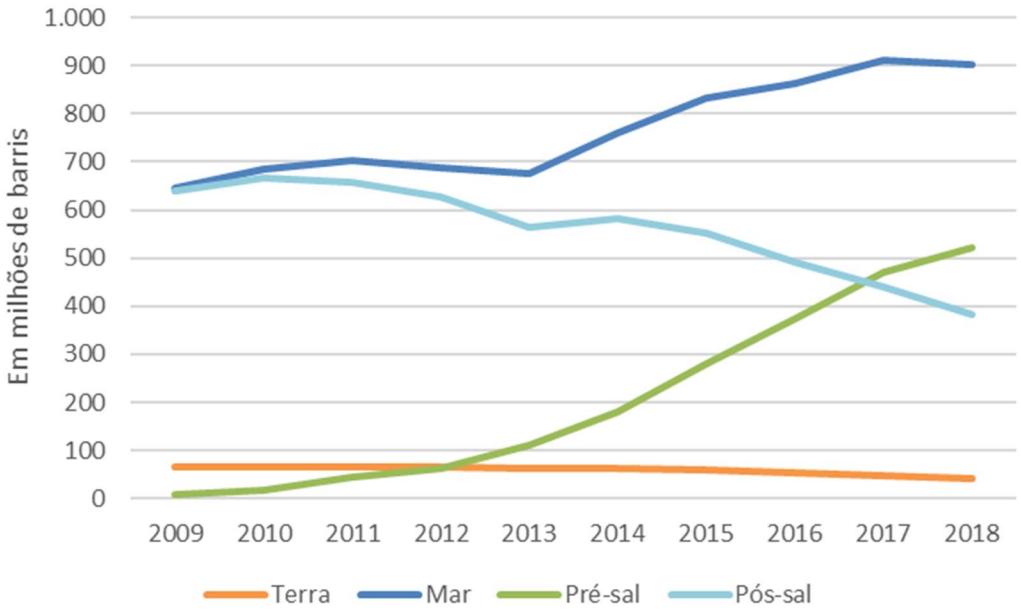


Figura 25.7. Brasil – variação anual da produção de petróleo por situação geográfica.
Fonte: ANP, 2019.

Não menos importante foi o avanço na produção de gás natural, que na Bacia de Santos se iniciou a partir da operação do campo de Mexilhão, no pós-sal, e se expandiu rapidamente com a produção dos campos de Lula e Sapinhoá no pré-sal, conferindo à Bacia de Santos a primazia na produção de gás natural no Brasil, com 63% da oferta interna em 2019, bastante superior a segunda bacia produtora no mar, Campos que respondia por 13% e a maior produtora de gás em terra, a bacia do Solimões, foi responsável por apenas 11% da produção nacional (ANP, 2020).

O gás natural tem aumentado significativamente sua participação no mercado mundial de energia. Em termos globais, representa cerca de um quarto da oferta de energia primária e no Brasil participa com 12,5% da oferta interna de energia em 2019 (EPE, 2020). Nos dias atuais, o gás natural

é comercializado de duas formas básicas: como gás processado distribuído através de gasodutos e como gás natural liquefeito (GNL) que é obtido através de processo de resfriamento criogênico e pode ser transportado a longas distâncias por navios tanque metaneiros. Entre 2008 e 2019, o comércio mundial de GNL cresceu 6,2% ao ano, enquanto a venda de gás por dutos diminuiu -0,4% a.a. O Japão destaca-se como principal mercado de gás natural liquefeito, influindo diretamente na formação dos preços do energético no mercado mundial (BP, 2020, p. 38–40)

A exploração de gás natural na Bacia de Santos adensou a estrutura de produção e distribuição do energético no Brasil, cuja base logística da exploração e produção está assentada em um conjunto de redes físicas, destacando-se os gasodutos que interligam os campos produtores situados à centenas de quilômetros do litoral às unidades de processamento situadas na zona costeira.

O conjunto de plataformas fixas e unidades flutuantes de armazenamento e transferência, denominadas de FPSO (*floating, production, storage and offloading),* são abastecidas regularmente por navios que garantem a operação dos equipamentos e a sobrevivência do pessoal embarcado, bem como retiram toda sorte de resíduos para tratamento em bases situadas em terra. O principal porto de apoio à produção na Bacia de Santos é o administrado pelas Docas do Rio de Janeiro, no interior da Baia da Guanabara, e o principal aeroporto de apoio logístico é o de Jacarepaguá, na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro.

A estrutura espacial da cadeia produtiva de petróleo e gás natural

A cadeia produtiva de hidrocarbonetos no Brasil está fortemente concentrada na zona costeira e marinha. Considerando apenas as atividades de exploração e produção (EeP), duas áreas se destacam no contexto nacional, tanto pela concentração do equipamento produtivo, como pela extensão do litoral submetido aos riscos ambientais associados, são elas o litoral Sudeste, correspondendo às bacias de Santos, Campos e Espírito Santo (Figura 25.8) e Litoral Nordeste, que inclui as bacias sedimentares de Camamu-Almada, Recôncavo, Jacuípe, Sergipe-Alagoas, Pernambuco-Paraíba, Potiguar e Ceará (Figura 25.9). É importante assinalar que cerca de 99% do petróleo e do gás-natural produzido e 98% dos *royalties* pagos no Brasil em 2020 são provenientes das atividades de EeP do litoral Sudeste, onde estão situados os campos do pré-sal.

Os principais campos produtores são Lula, Búzios e Sapinhoá e Jubarte, todos com mais de 1 milhão de metros cúbicos de petróleo em março de 2020. Os três primeiros situam-se na Bacia de Santos e o último na Bacia de Campos, no litoral sul do estado do Espírito Santo, tendo sido o primeiro campo a ser explorado no pré-sal em 2008.

Nos campos do pré-sal são encontradas grandes quantidades de gás natural associadas ao petróleo, assim como a presença de dióxido de carbono (CO_2). O CO_2 é um problema não apenas por ser corrosivo, mas também porque sua liberação na atmosfera contribui diretamente para o aquecimento global. Os reservatórios de hidrocarbonetos do pré-sal possuem distintos teores de CO_2 podendo variar entre 1% a 25% que são liberados junto com o gás natural durante a produção de petróleo.

A necessidade de dar uma destinação ao gás natural e ao CO_2, sem que aumentasse significativamente a emissão de gases de estufa, fez com que a exploração dos grandes campos produtores no pré-sal da Bacia de Santos demandasse, desde o início da operação, uma rede de gasodutos para escoar o gás natural para o continente e promover a separação e reinjeção do CO_2 nos reservatórios (ANP; EPE, 2020, p. 9).

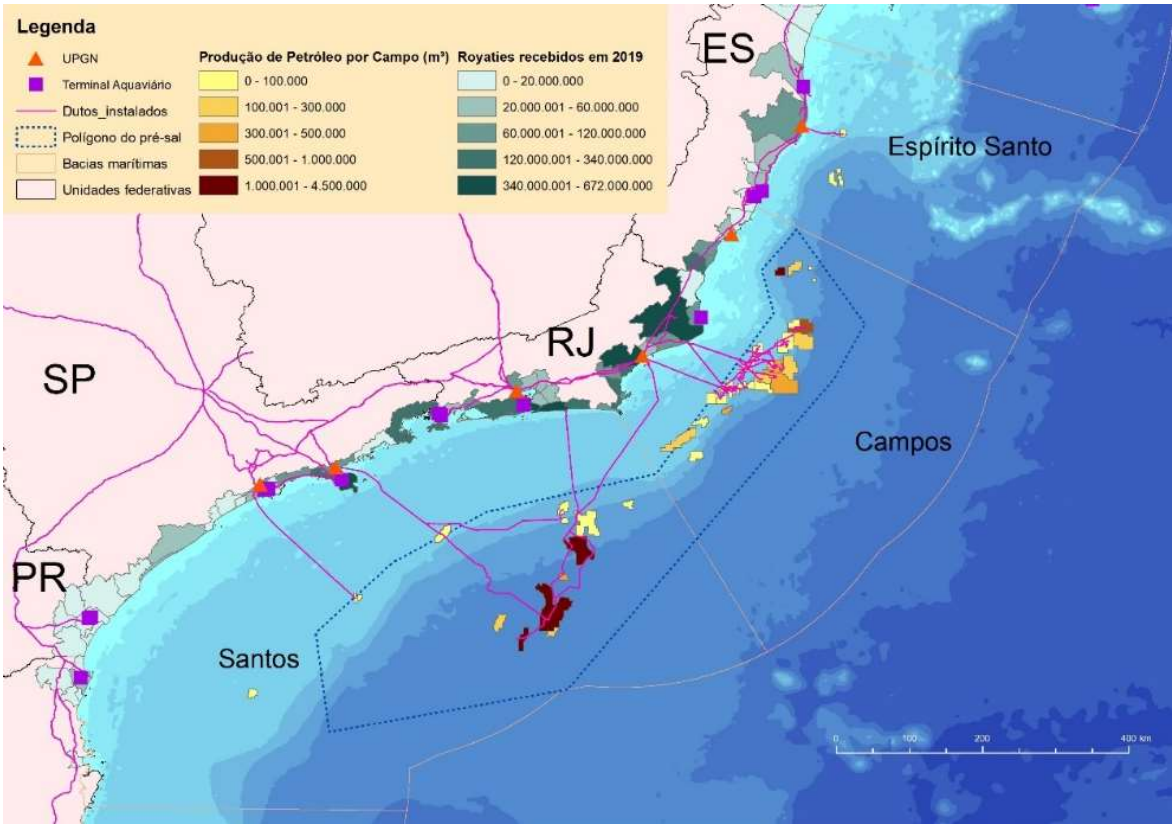


Figura 25.8. Litoral Sudeste – campos produtores, dutos e *royalties* pagos aos municípios.
Fonte: ANP, 2020c e EPE, 2015.

A Figura 25.8, mostra que existem três sistemas de gasodutos marinhos no litoral Sudeste, o da Bacia de Santos formado pelo gasoduto Merluza-Cubatão ainda no pós-sal e o gasoduto Mexilhão-Caraguatatuba, que ampliado em seguida com conexões aos campos de Lula e Sapinhoá. Posteriormente, foi implantada a Rota 2, que interliga os campos do pré-sal da Bacia de Campos à Unidade de Tratamento de Gás de Cabiúnas, em Macaé, onde se conecta com o sistema de gasodutos da Bacia de Campos.

Por fim, ainda em fase final de construção, tem-se a Rota 3, que ligará os campos do pré-sal à futura UPGN do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj), que originalmente foi concebido para ser um complexo petroquímico, posteriormente reduzido a uma refinaria de grande porte, mas que nos dias atuais se resume à uma unidade de processamento de gás natural ainda em construção.

Além dos sistemas das bacias de Campos e Santos, existe um duto isolado que conecta o campo de Peroá à UPGN de Cacimba, no município de Linhares, na Bacia do Espírito Santo, no estado de mesmo nome. É importante assinalar que toda a rede de gasodutos está interligada desde a Refinaria Duque de Caxias, passando por Cabiúnas e formando o gasoduto da integração sudeste-nordeste (GASENE), que chega até o município baiano de Catu percorrendo, no total, 1.387 quilômetros. O sistema ainda conta com uma unidade de regaseificação de GNL situada na Baia da Guanabara. Esse conjunto abastece diversas usinas termoelétricas, que complementam a oferta de energia para as metrópoles do Sudeste, devido ao risco de estiagens prologadas que poderiam comprometer a geração hidroelétrica.

Além dos gasodutos, é importante assinalar a rede de oleodutos que interliga os terminais costeiros às refinarias existentes em São Jose dos Campos no Vale do Paraíba Paulista (REVAP), em Paulínia

(REVAP) e em Cubatão (RPBC), no estado de São Paulo, e Duque de Caxias (REDUC) e Manguinhos, no estado do Rio de Janeiro. É marcante a concentração de equipamentos para as atividades de EeP de petróleo e gás natural na Baia da Guanabara, onde além de terminais, dutos, e refinarias, encontra-se o principal porto de apoio às operações da Bacia de Campos, e um conjunto de estaleiros de reparação de plataformas e FPSOs. O movimento constante de embarcações e o fundeio nas águas da Guanabara são fatores que contribuem para o elevado risco tecnológico e o comprometimento de sua - já bastante degradada -, biodiversidade.

Há perspectivas de transferir parte das atividades que se utilizam do apoio logístico na baia da Guanabara para o Porto de Açu, no município de São João da Barra, no norte fluminense. Uma das atividades que estão já sendo executadas nesse terminal é a transferência direta de petróleo de navio a navio (*ship to ship*) sem desembarque em terra. Essas operações economizam tempo de transbordo, porém tem grande risco de ocorrência de colisão e derramamentos de óleo (Zhuang e Su, 2015).

As compensações financeiras pela extração e processamento de petróleo e gás natural ocorrem na forma de *royalties* e são distribuídos em função da posição dos campos produtores em relação às linhas ortogonais e paralelas traçadas a partir da linha de costa. A posição e o traçado dos limites municipais influem diretamente na quota de cada municipalidade na partilha dos *royalties*. E o resultado pode significar um acirramento das desigualdades regionais entre os municípios costeiros (Piquet e Serra, 2007).

Atualmente os municípios que mais recebem *royalties* em função da produção da Bacia de Santos são Maricá e Niterói, no estado do Rio de Janeiro, e Ilha Bela, em São Paulo. Esse último, que possuía uma população estimada de cerca de 34.000 habitantes em 2019, recebeu a quantia de 340 milhões de reais, representando cerca de 10.000 reais por habitante, isso sem contar o salto que a extração de petróleo representou na formação de seu Produto Interno Bruto, o que lhe confere também uma das mais altas rendas per capita do Brasil. Municípios como Campos dos Goytacazes e Macaé, no estado do Rio de Janeiro, que recebem *royalties* da Bacia de Campos, viram sua participação decrescer nos últimos anos em consequência dos movimentos combinados de queda de preços do petróleo e o esgotamento dos campos mais antigos, embora continuem entre os cinco maiores recebedores de *royalties* e participações especiais da zona costeira brasileira.

A população dos estados litorâneos do Nordeste brasileiro foi surpreendida no final de 2019 por um dos maiores e mais devastadores derramamentos de óleo já vistos no mundo. O petróleo pesado e denso avançou por mangues e praias, e contaminou áreas protegidas como o Parque Nacional de Abrolhos, com seus bancos de corais e uma das maiores concentrações de biodiversidade marinha do Atlântico Sul. Independentemente de qualquer consideração sobre a origem do derramamento, que até o presente momento continua desconhecida, seus impactos foram demonstrativos do potencial destruidor presente na produção e circulação de petróleo.

A produção de petróleo e gás natural no litoral do nordeste é bastante inferior aos campos da zona costeira do Sudeste, embora recentes descobertas em águas profundas na Bacia de Sergipe-Alagoas venham a dinamizar as atividades de EeP na região, em especial no que diz respeito à produção de gás natural (Petrobras, 2019).

As bacias do Nordeste possuem trechos significativos situados em terra, como é o caso das bacias do Recôncavo e Potiguar e a produção de petróleo e gás natural nessas áreas são predominantemente terrestres. O Nordeste detém mais de 80% das reservas terrestres provadas do Brasil e 70% da produção de petróleo, com um número expressivo de poços operados por empresas de menor porte.

Todos os estados do Nordeste Ocidental, desde a Bahia até o Ceará, possuem terminais de desembarque de petróleo e unidades de processamento de gás natural (UPGN) situadas na zona costeira. Também conta com uma unidade de regaseificação no Porto de Pecém, no Ceará, que

alimenta o gasoduto Guamaré (RN) - Pecém (CE) (Gasfor), abastecendo as termelétricas Ceará e Fortaleza. Embora o gás natural esteja presente no Nordeste desde a década de 1970, seus impactos sobre a economia regional são limitados à região litorânea.

Os municípios nordestinos que recebem *royalties* são dispersos no litoral e com transferências muito inferiores em ralação aos do Sudeste, com o agravante de que muitos poços produtores entraram em hibernação diante da queda nos preços do petróleo e a produtividade é muito inferior à dos poços do pré-sal. De um modo geral, o que se observa atualmente é uma concentração acentuada das rendas petrolíferas no Sudeste brasileiro.

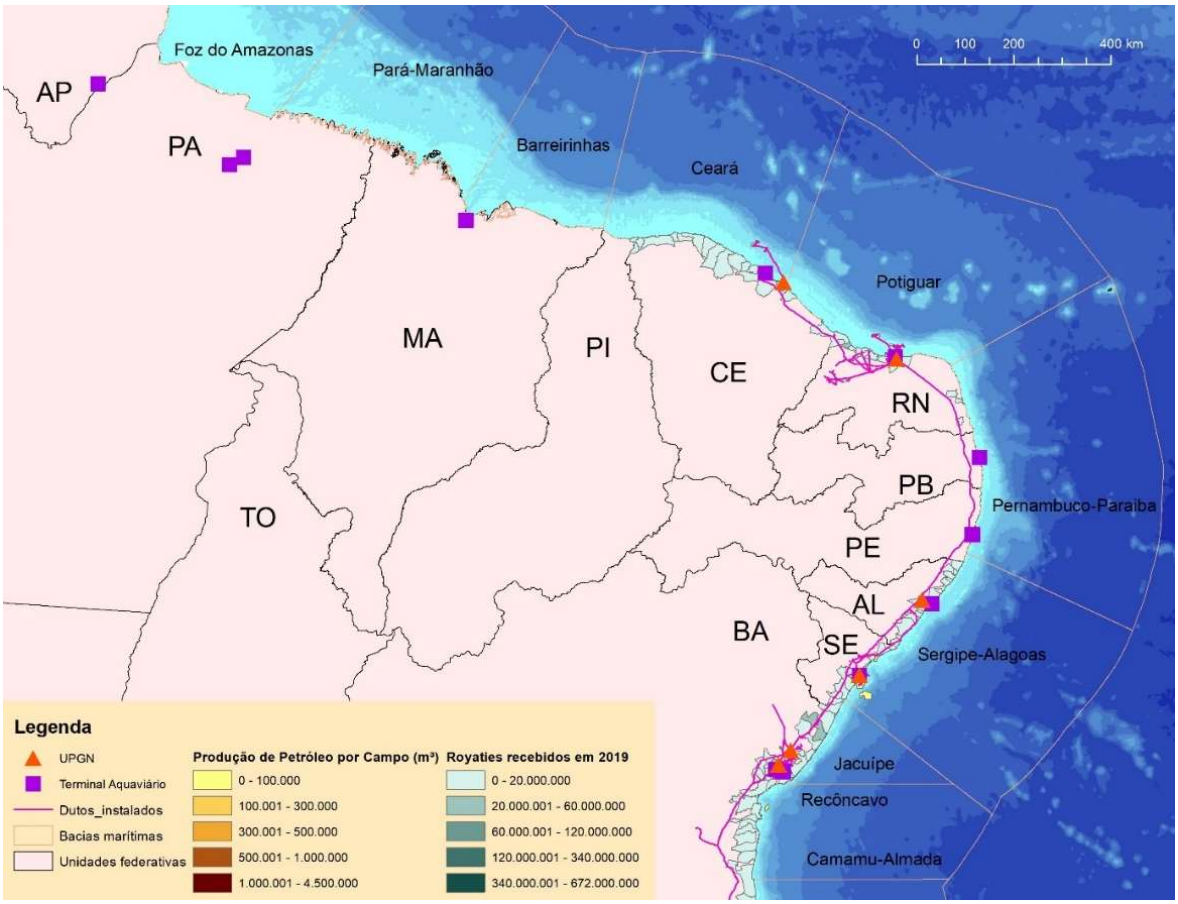


Figura 25.9. Litoral Nordeste – campos produtores, dutos e *royalties* pagos aos municípios.
Fonte: ANP, 2020c e EPE, 2015.

Considerações finais

O petróleo e o gás natural enquanto recursos não renováveis e integrantes da economia do carbono tem um futuro incerto. De um lado o avanço da inovação tecnológica abriu novas fronteiras com as fontes não convencionais nas areias betuminosas, no fraturamento hidráulico (*fracking*) para extração de gás e petróleo do folhelo sedimentar (*shale gas/shale oil*) e no avanço em águas ultraprofundas. Entretanto, se de um lado a produção aumentou, de outro os preços caíram abruptamente em consequência da crise econômica e sanitária que marca os dias atuais indicando cenários de extrema instabilidade na década que se inicia.

As medidas propostas para reduzir os impactos do aquecimento global, expressas no Acordo de Paris, firmado por 195 países, aí incluso o Brasil, indicam uma forte orientação para a transição para uma economia de baixo carbono que, apesar da resistência dos Estados Unidos – que abandonaram o acordo em 2017, tende a uma progressiva substituição do petróleo por fontes renováveis de energia, em especial eólica e solar. Países que integram a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), principalmente os da União Europeia tem investido maciçamente na busca de alternativas que reduzam as emissões de gases de estufa, inclusive com a completa substituição de automóveis com combustão interna a partir de 2040.

No Brasil os biocombustíveis são concorrentes potenciais para substituir gradualmente os derivados de petróleo, com a vantagem de serem renováveis e contribuírem para o sequestro de gases de efeito estufa. A recente expansão da produção de petróleo e gás natural no pré-sal tem o bônus de garantir a oferta interna de energéticos a preços competitivos, porem também é portadora do ônus da doença holandesa, onde as rendas petrolíferas inibem o desenvolvimento científico e tecnológico capaz de garantir alternativas quando esgotarem-se as reservas de hidrocarbonetos.

Referências bibliográficas

ANP, AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2019**. Rio de Janeiro: ANP, 2019.

ANP, AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Boletim de Recursos e Reservas de Petróleo e Gás Natural 2019**. Rio de Janeiro: ANP, 2020a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/arquivos/dados-estatisticos/reservas/boletim-reservas-2019.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020.

ANP, AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Boletim Mensal da Produção de Petróleo e Gás Natural -** ANP, jan. 2020b. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/publicacoes/boletins-anp/2395-boletim-mensal-da-producao-de-petroleo-e-gas-natural>. Acesso em: 5 abr. 2020

ANP, AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. ***Royalties***. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/royalties-e-outras-participacoes/royalties>. Acesso em: 30 jun. 2020c.

ANP, AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS; EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudo sobre o Aproveitamento do Gás Natural do Pré-Sal** ANP, 2020. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/publicacoes/livros-e-revistas/5702-estudo-sobre-o-aproveitamento-do-gas-natural-do-pre-sal>. Acesso em: 29 abr. 2020

BP, BRITISH PETROLEUM. **BP Statistical Review of World Energy 2020**. London: BP, 2020.

CAMERON, N. et al. Oil and gas habitat of the South Atlantic: Introduction. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 153, n. 1, p. 1–9, 1999.

CLEMENTE, P. Petroleum geology of the Campos and Santos basins, Lower Cretaceous Brazilian sector of the South Atlantic margin. **Danmarks Tekniske Universitet**, p. 1–33, 2013.

COSTA, P. A evolução da indústria petrolífera: uma caracterização geral. In: MONIÉ, F.; BINSZTOK, J. (Eds.). . **Geografia e Geopolítica do Petróleo**. Rio de Janeiro: MAUAD Editora Ltda, 2012. p. 53–80.

EGLER, C.; PIRES DO RIO, G. Petrobras: incertitudes d'un acteur énergétique global. **Outre-Terre**, v. 42, n. 1, p. 163–171, 2015.

EIA, U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Offshore oil production in deepwater and ultra-deepwater is increasing**. Disponível em: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=28552>. Acesso em: 4 jun. 2020.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás. Ciclo 2013-2015**. Brasília: MME/EPE, 2015.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional 2020**EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 27 jun. 2020

FERNÁNDEZ, E. F. Y; PEDROSA JUNIOR, O. A.; PINHO, A. C. DE. **Dicionário do Petróleo em Língua Portuguesa**. Disponível em: <http://dicionariodopetroleo.com.br/>. Acesso em: 20 maio. 2020.

GOBETTI, S. W.; SERRA, R. V. Novo Marco Regulatório do Petróleo: **Finanças Públicas- XVI Prêmio Tesouro Nacional**, p. 43, 2011.

HUC, A. Y. Petroleum in the South Atlantic. **Oil e Gas Science and Technology**, v. 59, n. 3, p. 243–253, maio 2004.

MAGOON, L. B. The petroleum system - a classification scheme for research, exploration, and resource assessment. In: MAGOON, L. B. (Ed.). **Petroleum systems of the United States**. US Geological Survey bulletin. Denver, CO: U.S. Government Printing Office, 1988.

MDIC, MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **Comex Stat - ComexVis**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>. Acesso em: 14 maio. 2020.

MILANI, E. J. et al. Petróleo na margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 18, n. 3, p. 352–396, 2000.

MOHRIAK, W.; SZATMARI, P.; ANJOS, S. M. C. **Sal: geologia e tectônica: exemplo nas bacias brasileiras**. 1. ed ed. São Paulo, SP, Brasil: Beca, 2008.

MOHRIAK, W. U.; LEROY, S. Architecture of rifted continental margins and break-up evolution: insights from the South Atlantic, North Atlantic and Red Sea-Gulf of Aden conjugate margins. **Special Publication - Geological Society of London**, v. 369, p. 1–40, 2012.

MORAIS, J. M. DE. **Petróleo em águas profundas: uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore**. Brasilia: IPEA Petrobras, 2013.

NORDENG, S. H. Petroleum Systems in the Williston Basin. **Geo News (North Dakota Geological Survey)**, v. 40, n. 1, p. 8–13, 2013.

ODDONE, D. **O Refino no Brasil - Cenário atual oportunidades e ações para a criação de um mercado aberto, dinâmico e competitivo**. Palestra do Diretor-geral da ANP apresentado em Reposicionamento da Petrobras no Refino. Fundação Getúlio Vargas - Rio de Janeiro/RJ, 19 abr. 2018. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/palestra/4425-o-refino-no-brasil>. Acesso em: 5 maio. 2020

PETROBRAS. **Petrobras esclarece sobre descoberta de gás natural na Bacia de Sergipe**. Disponível em: <https://www.agenciapetrobras.com.br/Materia/ExibirMateria?p_materia=980916>. Acesso em: 30 abr. 2020.

PETROBRAS. **Comunicação Bacia de Santos**. Disponível em: <https://www.comunicabaciadesantos.com.br/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

PIQUET, R.; SERRA, R. V. **Petróleo e região no Brasil: o desafio da abundância**. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2007.

PIRES DO RIO, G. Petróleo e Gás Natural: de fronteira em fronteira, do espaço às superfícies de regulação. In: MONIÉ, F.; BINSZTOK, J. (Eds.). **Geografia e Geopolítica do Petróleo**. Rio de Janeiro: MAUAD Editora Ltda, 2012. p. 105–124.

RIBEIRO, T. M. O pré-sal e as mudanças no marco regulatório do petróleo. **Boletim de Economia FUNDAP**, v. 5, jun. 2011.

ZHUANG, Y.; SU, W. **Risk analysis on ship to ship (STS) crude oil transfer at sea**. 2015 International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS). **Anais**. 2015.

Claudio Antonio G. Egler é geógrafo, Mestre em Ciências em Engenharia de Produção, Doutor em Ciências Econômicas e Professor Associado aposentado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É Bolsista de Produtividade do CNPq e foi Professor Visitante Sênior da Universidade Federal da Grande Dourados. Atualmente participa como responsável técnico e pesquisador da Geoeconômica Estudos e Pesquisas em Sustentabilidade. E-mail claudio.egler@geoeconomica.com.br CV: http://lattes.cnpq.br/0235412725994054

Capítulo 26

Espaços territoriais protegidos na zona costeira e marinha

Régis Pinto de Lima

Introdução

> "*Esta costa do Brasil está para a parte do ocidente, corre-se de Norte a Sul. Da primeira povoação até a derradeira há trezentas e cinquenta léguas. São oito Capitanias, todas têm portos muito seguros onde podem entrar quaisquer naus por grandes que sejam. Não há pela terra dentro povoações de portugueses por causa dos índios que não o consentem, e também pelo socorro e tratos do reino lhes é necessário estarem junto ao mar, para terem comunicação de mercadorias. E por este respeito vivem todos juntos da Costa*", Declaração da Costa (Gândavo, 1576).

Este trecho de Pero de Magalhães Vaz tem vários aspectos que envolvem tantos as diferentes áreas de estudos da Geografia, como a existência de conflitos de território entre os diferentes atores, todos interessados na ocupação estratégica do litoral. Esta busca pelo uso dos recursos naturais da zona costeira e marinha brasileira e as consequentes disputas relacionadas são muito atuais, sendo também a base para o desenvolvimento das políticas públicas de proteção da natureza.

A intenção deste capítulo, num contexto da Geografia Costeira e Marinha, é proporcionar ao leitor informações sobre a origem das políticas públicas que levaram à adoção pelo Brasil na criação de espaços territoriais de conservação nas zonas costeiras e marinha, bem como apresentar um panorama geral sobre eles.

▪ COMO CITAR:
LIMA, R. P. de. Espaços territoriais protegidos na zona costeira e marinha. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 585-607. ISBN 978-65-992571-0-0

> "*O Brasil possui uma extensa área marítima, com importância inquestionável por ser a principal via de transporte do comércio exterior do País, por sua diversidade de recursos naturais como a pesca, a biodiversidade marinha, por suas reservas de petróleo e gás e outros recursos minerais, além de sua influência sobre o clima brasileiro. Em virtude de possuir uma área equivalente a 67% do nosso território terrestre, com dimensão e biodiversidade semelhantes ao da Amazônia Verde, convencionou-se chamá-la de AMAZÔNIA AZUL*" (CIRM, 2020).

O Brasil é um país de imenso território, desde sua fronteira ao norte com o rio Oiapoque (04º52"45"N) até a fronteira sul na foz do rio Chuí (33º45"10"S), a oeste pelos limites dos municípios da faixa costeira até as 200 milhas náuticas a leste, incluindo as áreas em torno do Atol das Rocas, dos arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo e das ilhas de Trindade e Martin Vaz (Prates et al., 2012). A parte marinha abrange uma área de aproximadamente 3,5 milhões de km². A faixa terrestre, de largura variável, se estende por aproximadamente 10.800 quilômetros ao longo da costa, se contabilizadas suas reentrâncias naturais. Uma área de aproximadamente 514 mil km², dos quais 324 mil km² correspondem ao território de 395 municípios distribuídos ao longo dos 17 estados litorâneos (MMA, 2008).

Segundo Prates et al. (2012):

> *"(...) a Zona Costeira registra expressiva sobreposição territorial com os biomas Amazônia e Mata Atlântica, bem como, em menor escala, com a Caatinga, Cerrado e Pampa, o que a caracteriza não como uma unidade ecológica, mas como um complexo de ecossistemas contíguos – ou ecótonos – formadores de ambientes de alta complexidade ecológica e de extrema relevância para a sustentação da vida no mar (...)"* (Prates et al., 2012, p.14).

Em 2017, foi realizado o 1º Workshop sobre Representação de Biomas Compatível com a Escala 1:250.000 coordenado pelo IBGE e neste evento:

> *"...considerou-se a criação de um bioma "costeiro-marinho", ressaltando- -se a importância de sua introdução no novo Mapa de Biomas, entre outros motivos, pela fragilidade dos ambientes costeiros, sua dinâmica particular e sua enorme influência na biodiversidade a eles associada, fortemente afetada, também, pelas atividades antrópicas. As discussões resultantes mostraram uma unanimidade em favor de sua inclusão, ainda que o termo "bioma" tenha sido considerado inadequado por quase todos os participantes, o que resultou na adoção da expressão "Sistema Costeiro-Marinho"* (IBGE, 2019).

Os sistemas costeiros e marinhos são formados por diferentes ecossistemas dispostos ao longo de um imenso território continental e de uma ampla plataforma continental brasileira, com importância inquestionável por ser a principal via de transporte do comércio exterior do País, por sua diversidade de recursos naturais como a pesca, a biodiversidade marinha, por suas reservas de petróleo e gás e outros recursos minerais, além de sua influência sobre o clima brasileiro (CIRM, 2020).

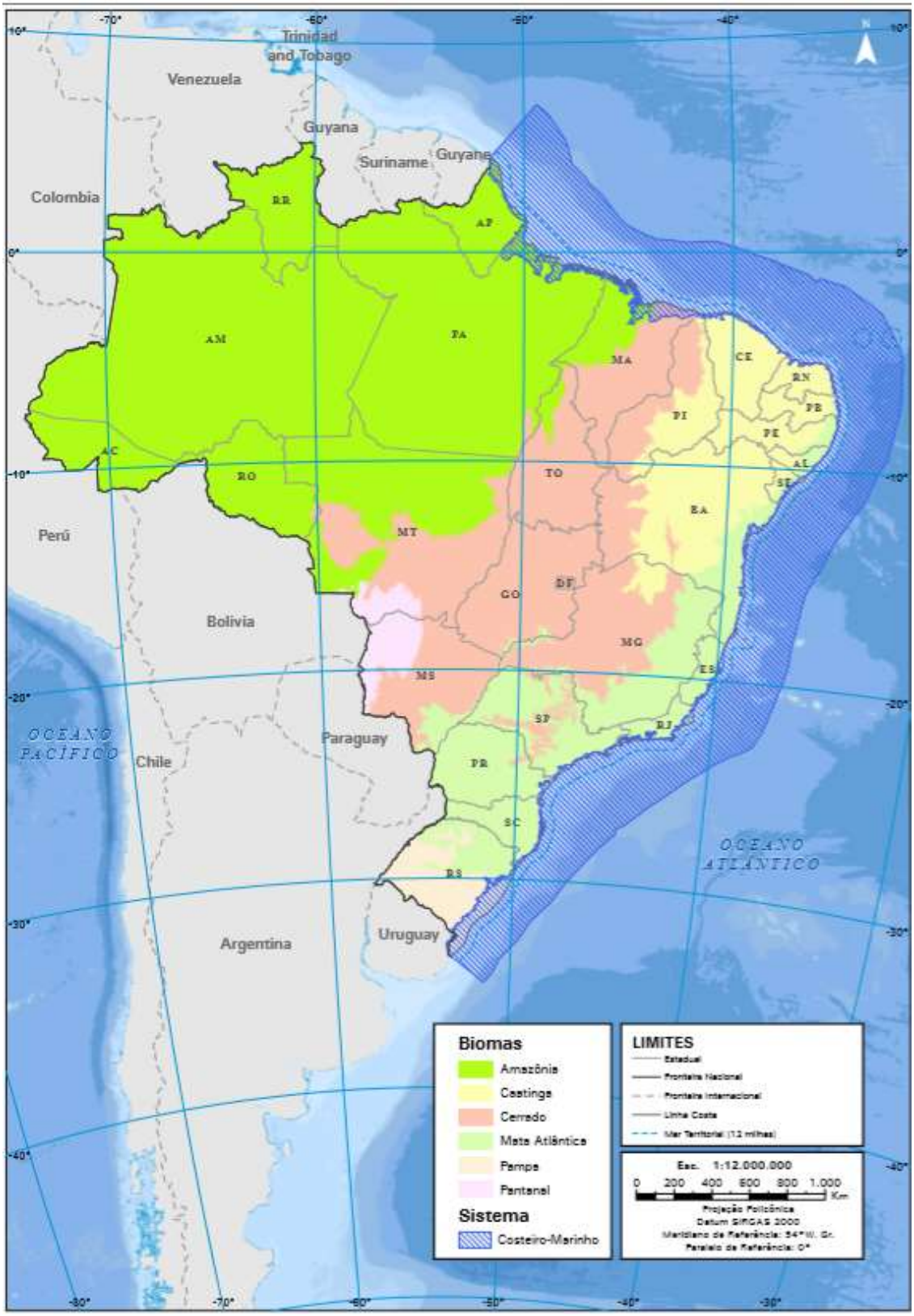


Figura 26.1. Mapa Biomas e Sistema Costeiro-Marinho.
Fonte: IBGE[2], 2019

[2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. https://www.ibge.gov.br/apps/biomas/, 2019.

Para que possamos entender por que existem hoje no território brasileiro espaços protegidos e, sobretudo, entendermos a importância de conhecê-los para mantê-los conservados e sustentáveis, precisamos "navegar" por uma parte da história recente dos acordos multilaterais e da política pública nacional, vindo do passado ao presente, através de uma linha do tempo com marcações dos seus principais eventos.

Espaços territoriais de conservação da zona costeira e marinha

Uma breve linha do tempo

Já em 1930 a Liga das Nações começava a discussão multilateral para implantação de mecanismo jurídico para tratar dos diversos assuntos relativos ao mar numa escala global (CEMBRA, 2012). No Brasil, em 1934, o Decreto no 23.793, o antigo Código Florestal, foi o primeiro texto legal brasileiro a prever a criação de parques nacionais, estaduais e municipais. Assim, nesta década o Brasil criou sua primeira unidade de conservação da natureza, o Parque Nacional de Itatiaia – na região serrana do Rio de Janeiro, pelo Decreto Federal nº 1.713 de 14 de julho de 1937 (Drummond et al., 2010).

Na década de 1960[3] a Lei nº 4.771/1965 institui um novo Código Florestal, tratando como bens de interesse comum a todos os habitantes do País as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação (Brasil, 1965). Em seu Artigo 2º *"Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:*

> *f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues."*

Trazendo no seu Artigo 3º *"Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:*

> *a) a atenuar a erosão das terras*
> b) *a fixar as dunas."*

A instituição da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), criada pelo Decreto no 74.557, de 12 de setembro de 1974, estabelece o fórum nacional para tratar dos assuntos estratégicos relacionados aos compromissos do Brasil relacionados ao mar e sua zona costeira. Tem como objetivo elaborar uma Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM), no mesmo ano em que ampliava para 200 milhas a largura de seu mar territorial (CEMBRA, 2012).

Em 1979 é criada pelo Decreto nº 83.549 a Reserva Biológica do Atol das Rocas, sendo a 1ª Unidade de Conservação da Natureza exclusivamente marinha, distante 144 milhas náuticas de Natal/RN. Nesta época era vinculada ao Ministério da Agricultura e subordinada ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente/IBDF. Em seu Artigo 2º:

> *"A Reserva Biológica do Atol das Rocas, compreendendo todas as águas recifes, ilhas e plataforma continental, localizadas no litoral do Rio Grande do Norte, dentro do limite do mar territorial brasileiro, contidos dentro da isóbata 1000, a partir da ilha do Farol, (Gr.Lp (2) B. 6 Seg. 18 m. 13 m. SG) abrangerá um quadrante cujas coordenadas são: Lat. 03º45º a 03º56"S; Long. 33º37"W" a 33º56"W-Gr, com a área aproximadamente de 36.249 ha (trinta e seis mil, duzentos e quarenta e nove hectares)"* (Brasil, 1979).

[3] Ainda na década de 60, o Código de Fauna (Lei nº 5.197, de 3/01/1967) trouxe como novidade a criação de UCs de uso indireto (parques nacionais, estaduais, municipais e reservas biológicas), que não permitiam o uso dos recursos naturais, e as de uso direto (florestas nacionais e parques de caça), que permitiam a exploração direta dos recursos naturais (Drummond e Barros-Platiau, 2006).

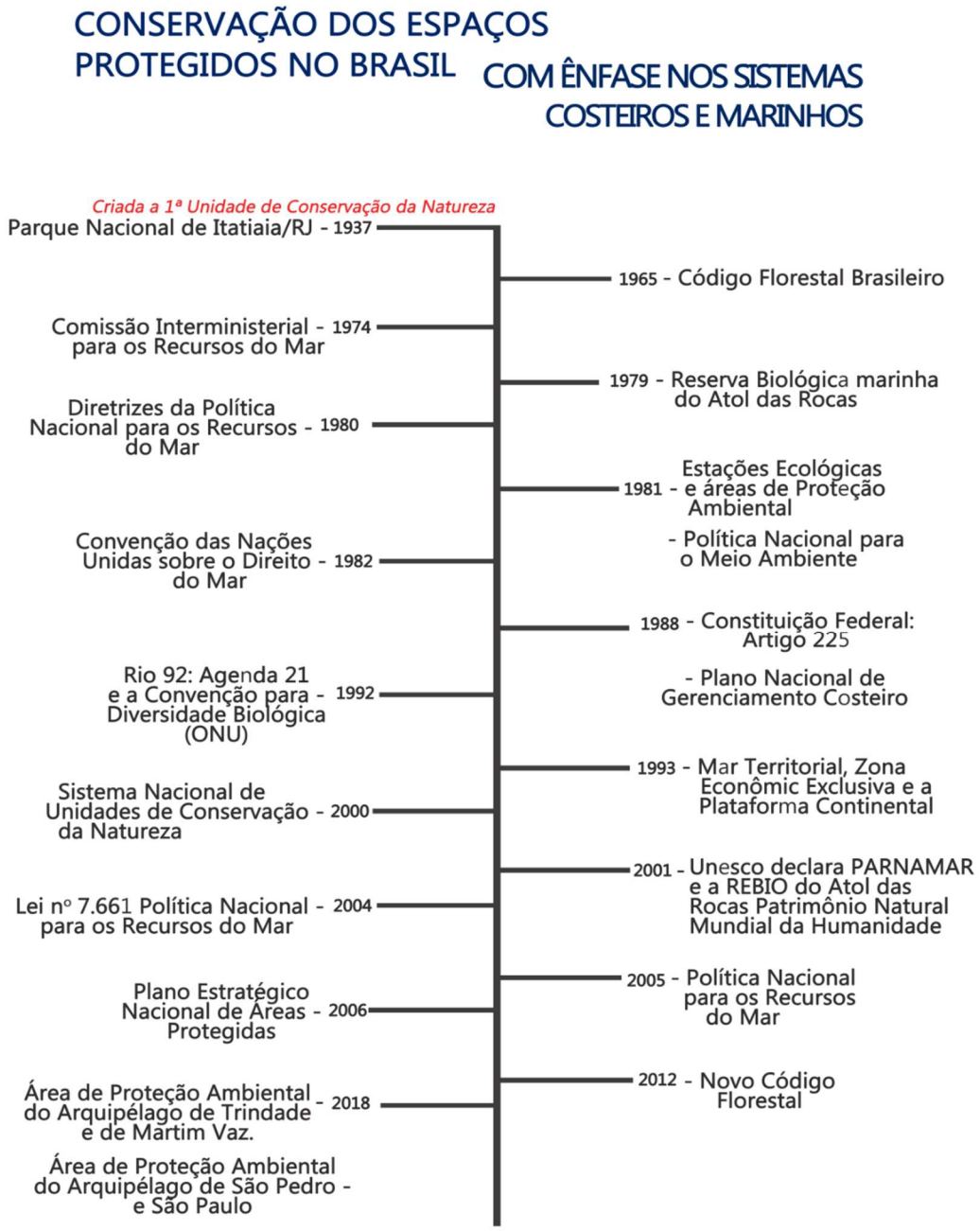


Figura 26.2. Linha do tempo da criação de espaços territoriais protegidos na costa e no mar brasileiro.
Fonte: o autor.

A década de 1980 começa com a edição de Medida Presidencial que lança as diretrizes para a Política Nacional para os Recursos do Mar/PNRM. A finalidade da PNRM era a de "*fixar as medidas essenciais à promoção da integração do mar territorial e plataforma continental ao espaço brasileiro e à exploração racional dos oceanos*" (Marroni e Silva, 2015).

No ano seguinte, surge um dos principais instrumentos em defesa de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, para a proteção de espécies e ecossistemas, a Lei nº 6.938/1981 que cria a Política Nacional para o Meio Ambiente. Edis Milaré (2004) sustenta que:

> *"O espaço territorial especialmente protegido é um dos instrumentos jurídicos para implementação do direito constitucional ao ambiente hígido e equilibrado, em particular no que se refere à estrutura e às funções dos ecossistemas. Devido à sua importância, no contexto nacional, ele também consta do rol dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente".* (Edis Milaré, 2004, p.234).

Ainda em 1981 surgem duas novas categorias de unidades de conservação da natureza no país, criadas pela Lei nº 6.902 (Brasil, 1981), que vem se juntar aos Parques Nacionais e Reservas Biológicas. Em seu Artigo 1º:

> *"Estações Ecológicas são áreas representativas de ecossistemas brasileiros, destinadas à realização de pesquisas básicas e aplicadas de Ecologia, à proteção do ambiente natural e ao desenvolvimento da educação conservacionista."* (Brasil, 1981, art. 1º).

Em seu Artigo 8º cria também as Áreas de Proteção Ambiental (APAs):

> *"O Poder Executivo, quando houver relevante interesse público, poderá declarar determinadas áreas do Território Nacional como de interesse para a proteção ambiental, a fim de assegurar o bem-estar das populações humanas e conservar ou melhorar as condições ecológicas locais."* (Brasil, 1981, art. 8º).

Foi somente em 10 de dezembro de 1982, em Montego Bay na Jamaica, que a Organização das Nações Unidas (ONU) criou, com a participação de 170 países, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar[4], CNUDM ou *UNCLOS* na siga em inglês (CEMBRA, 2012). Seu Princípio nº 1 *"O homem tem o direito fundamental à liberdade, à igualdade, e ao desfrute de adequadas condições de via em um meio cuja qualidade lhe permita levar uma vida digna e gozar de bem-estar e tem solene obrigação de proteger e melhorar este meio para as gerações presentes e futuras"* (Balbinott, 2005, p.491). Desta Convenção surge a base conceitual para as delimitações dos espaços territoriais marinhos, entre outras o mar territorial e a zona contígua, a zona econômica exclusiva, a plataforma continental[5], já concedendo direito aos Estados costeiros da exploração dos recursos naturais, mas também da preservação do meio ambiente marinho, incluídos água, solo e subsolo.

Através do Decreto nº 89.336 de 31 de janeiro de 1984, foram criadas duas novas categorias: as reservas ecológicas e as áreas de relevante interesse ecológico[6] e em 1987 surge mais uma categoria[7]: a reservas extrativista, através da Portaria nº 627 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária/Incra (Drummond et al., 2010).

A Constituição Federal de 1988 - CF traz em seu Art. 225. *"Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações". No seu §1º traz: "Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público: III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração (...) permitidas somente através de Lei(...)"* (Brasil, 1988a).

---

[4] O Brasil a ratifica em 22 de dezembro de 1988 e no nível nacional propõe-se a executá-la pelo Decreto nº 99.165, de 12 de março de 1990.

[5] Pela Lei nº 8.617/1993, o País adotou os seguintes limites marítimos: mar territorial (12 m), zona contígua (12 a 24 m), ZEE (12 a 200 m) e a plataforma continental, com limites exteriores estabelecidos segundo o Artigo 76 da CNUDM.

[6] Sendo reconhecidas como Unidades de Conservação pela Resolução nº 12, de 14 de dezembro de 1987, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).

[7] Reconhecida como Unidades de Conservação pelo Decreto 98.897, de 30 de janeiro de 1990.

A CF traz uma profunda inovação na proteção dos espaços territoriais como parques nacionais, estaduais, municipais, reservas biológicas, estações ecológicas, áreas de proteção ambiental, podendo estes ser criados por decreto e/ou lei, mas não poderão ser alterados e/ou suprimidos por decreto (Machado, 1991). Com isso, o Poder Público passa a ter a tutela destes bens, estando estes penalmente protegidos pela Constituição. A zona costeira e marinha foi especificamente contemplada na Carta Magna de 1988, pois trouxe como bens ambientais, entre outros, ilhas, mar territorial, praias marítimas, recursos naturais da zona econômica exclusiva e os terrenos de marinha e acrescidos. Ainda, no seu art. 225, § 4º *"...a zona costeira é patrimônio nacional e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais".*

No mesmo ano da promulgação da atual Constituição Federal do Brasil, é criado pela Lei nº 7.661 o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro/PNGC (Brasil, 1988b) objetivando estabelecer diretrizes gerais para a governança da zona costeira. Importante citar que a Lei que cria o PNGC é de competência da União, indicando que estados e municípios poderão estabelecer seus planos de gestão costeira nos seus respectivos níveis de governança. O Plano visa "*orientar a utilização racional dos recursos na zona costeira (...)"* tendo como inovação a contribuição para a preservação dos danos ambientais e culturais na zona costeira.

Na década de 1990[8], acontece no Rio de Janeiro, um dos mais importantes eventos em escala global voltados à conservação do planeta – a Rio 92 – a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), onde 179 países assinaram a Agenda 21 entre outros importantes tratados. Em seu capítulo 15, item 15.5: *"adotar medidas, quando necessário, para a conservação da diversidade biológica por meio da conservação in situ dos ecossistemas e* habitat*".* No seu Capítulo 17 traz: *"Proteção de oceanos, de todos os tipos de mares - inclusive mares fechados - e das zonas costeiras e proteção. Uso racional e desenvolvimento de seus recursos vivos*" (MMA, 2020).

Durante a *Rio 92* é criada também a Convenção sobre Diversidade Biológica[9] (CDB) sendo hoje um dos principais fóruns de discussão mundial sobre a utilização e proteção dos ecossistemas, espécies e recursos genéticos. Em seu Artigo 8º estabelece: "*Conservação in situ – Cada Parte Contratante deve, na medida do possível e conforme o caso: a) Estabelecer um sistema de áreas protegidas ou áreas onde medidas especiais precisem ser tomadas para conservar a diversidade biológica".*

Finalmente no ano 2000 pela Lei nº 9.985 de 18 de julho, é instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza/ SNUC, visando atender ao disposto na Constituição Federal que determinou que fossem criados espaços especialmente protegidos no território nacional. Assim, o objetivo específico da Lei do SNUC foi estabelecer critérios e normas para a criação, implantação e gestão das UCs. São definidas doze categorias de unidades de conservação (Brasil, 2000).

A primeira década[10] do novo milênio traz importantes eventos. Em dezembro de 2001 a UNESCO declara a região do Atlântico Sul tropical entre o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha e a Reserva Biológica do Atol das Rocas como Patrimônio Mundial Natural da Humanidade. Todo

[8] Em 1996 foi instituída, pelo Decreto 1.992, a categoria reserva particular do patrimônio natural, modalidade de UC criada em terras particulares, por iniciativa dos seus proprietários (Drummond e Barros-Platiau, 2006).

[9] Ela foi ratificada no Brasil pelo Decreto Federal nº 2.519 de 16 de março de 1998.

[10] Cabe aqui destacar uma importante estratégia do Ministério do Meio Ambiente que veio contribuir nas políticas públicas voltadas para o mar, a "Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros" (MMA, 2002).

este complexo sistema marinho insular com profundidades de até 4.000 metros, fazem parte da cadeia de montanhas vulcânicas submarinas chamada Fernando de Noronha (UNESCO, 2002).

Somente em 2004 e através do Decreto 5.400 é que são estabelecidos os instrumentos para implantação do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro/PNGC trazendo como principal instrumento para gestão territorial costeira o zoneamento ecológico-econômico costeiro (ZEEC). Neste arcabouço legal para zona costeira, seja a Lei 7.661/88 ou o Decreto 5.300/2004, não foi definido ou criado nenhum tipo de espaço territorial protegido.

Em 2005 pelo Decreto nº 5.377 de fevereiro de 2005, foi aprovada a Política Nacional para os Recursos do Mar/PNRM, orientada pelas diretrizes que foram baixadas pelo Presidente da República em 1980. Mesmo com mais de duas décadas, sua promulgação visa atualizar a política púbica de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM). A PNRM tem a

> *"(...) finalidade de orientar o desenvolvimento das atividades que visem à efetiva utilização, exploração e aproveitamento dos recursos vivos, minerais e energéticos do Mar Territorial, da Zona Econômica Exclusiva e da Plataforma Continental, de acordo com os interesses nacionais, de forma racional e sustentável para o desenvolvimento socioeconômico do País, gerando emprego e renda e contribuindo para a inserção social."* (Brasil, 2005).

Em 2006 é lançado pelo Decreto nº 5.758 de 13 de abril de 2006 o "Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas/PNAP". É importante sublinhar que o PNAP abrange além das unidades de conservação também as terras indígenas e as terras de quilombos. Em sua Diretriz XX - *"incluir a criação de áreas protegidas na formulação e implementação das políticas de ordenamento territorial e de desenvolvimento regional"* (Brasil, 2006).

O Novo Código Florestal é promulgado pela Lei nº 12.651 de 2012 e que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, revogando a Lei nº 4.771/1965. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Em seu Artigo 1º: *"Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal (...)"* (Brasil, 2012).

Em março de 2018, o Brasil dá mais um grande passo na proteção do seu complexo sistema oceânico e de suas águas jurisdicionais, através de dois Decretos: o de nº 9.312/2018, que cria a Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Trindade e de Martim Vaz, e cria o Monumento Natural das Ilhas de Trindade e Martim Vaz e do Monte Columbia (Brasil, 2018a); e o Decreto nº 9.313/2018, cria a Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e cria o Monumento Natural do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Brasil, 2018b). Desta forma pula de 1,5% para aproximadamente 26% do seu território com áreas marinhas protegidas (Maretti et al., 2019), atingindo a Meta 11 da COP 10[11] (Weingand Jr et al., 2011). Conforme preconizado na Constituição Federal, as suas principais ilhas oceânicas estão todas sobre regime de algum tipo de unidade de conservação da natureza.

[11] A Convenção sobre a Diversidade Biológica é governada pela Convenção das Partes (ou *Convention of the Parties* – COP). A COP 10 foi realizada no Japão, onde se assinou o Protocolo de Nagoya e foram estabelecidas as 20 Metas de Aichi. A Meta 11 *"Expandir e implementar sistemas de áreas protegidas*" previa até 2020 pelo menos 10% de áreas marinhas e costeiras protegidas.

O que são os espaços territoriais protegidos na zona costeira e marinha do Brasil

A apresentação da linha do tempo com enfoque na definição das áreas sobre proteção legal nos permite agora organizar e apresentar a distribuição geográfica destes espaços protegidos no território nacional. O conceito aqui utilizado para espaços territoriais protegidos é aquele que abarca diversos tipos de espaços geográficos que contribuem para conservação da diversidade biológica e sociocultural, com base legal e jurídica estabelecida no Brasil.

Cabe salientar que serão tratados neste capítulo somente aqueles espaços territoriais protegidos diretamente relacionados à zona costeira. Neste sentido, as terras indígenas e os territórios de quilombos não serão apresentados aqui, não significando que não tenham importância. Na verdade, o autor entende que estes espaços territoriais protegidos ainda necessitam ser estudados com este enfoque. Para fins de entendimento quanto aos tipos de proteção que ambientes ou ecossistemas na zona costeira e marinha possuem, podemos organizar da seguinte forma:

a. Bens Ambientais da União;

b. Áreas de Preservação Permanente (APP);

c. Reserva legal;

d. Unidades de Conservação;

a. Bens ambientais da União

Os bens ambientais foram uma inovação na CF de 1988 e muito ampliados, destacando-se no aspecto legal que o poder de polícia ambiental dos Estados e Municípios existe também sobre os bens federais, estando os litígios da aplicação deste poder sob competência da Justiça Federal (Machado, 1991):

- ILHAS:
  Art. 20º (CF 1988). "*São bens da União: IV - as ilhas fluviais e lacustres nas zonas limítrofes com outros países, as praias marítimas, as ilhas oceânicas e as costeiras*". As ilhas oceânicas já eram previstas como bens da União na CF de 1967.
  Art. 26º (CF 1988). "*São bens dos Estados: II - as áreas nas ilhas oceânicas ou costeiras, que estiverem no seu domínio, excluídas aquelas sob domínio da União, municípios ou terceiros"*;
- MAR TERRITORIAL:
  Art. 20º (CF 1988). *"São bens da União: VI - ...o mar territorial*". As constituições anteriores não previam a matéria.
- PRAIAS MARÍTIMAS:
  Art. 20º (CF 1988). *"São bens da União: IV -...as praias marítimas...".* As constituições anteriores não previam a matéria. A Lei nº 13.240/2015 permite que a Secretaria do Patrimônio da União (SPU) possa fazer a transferência da gestão das praias urbanas aos municípios. O SPU regulamentou primeiramente o Termo de Adesão à Gestão das Praias Marítimas Urbanas através da Portaria nº 113/2017 e posteriormente pela Portaria nº 44/2019 amplia a aplicabilidade da Portaria 113/2017 para as praias marítimas urbanas e não urbanas.
- RECURSOS NATURAIS DA PLATAFORMA CONTINENTAL:
  Art. 20 (CF 1988). *"São bens da União: V - os recursos naturais da plataforma continental...".*
  A CF de 1967 incluía como bem da União a *"plataforma submarina*" em seu Art. 4º.
- RECURSOS NATURAIS DA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA:

Art. 20 (CF 1988). *"São bens da União: V - ...e da zona econômica exclusiva*". As constituições anteriores não previam a matéria.

- TERRENOS DE MARINHA E SEUS ACRESCIDOS:
  Art. 20 (CF 1988). *"São bens da União: VII - os terrenos de marinha e seus acrescidos"*. As constituições anteriores não previam a matéria. Essa faixa tem 33 metros contados a partir do mar em direção ao continente ou ao interior das ilhas costeiras com sede de Município. Os Acrescidos de Marinha também são porções de terras que anteriormente eram cobertas pelo mar (espelhos d'água) ou eram mangues, praias ou canais marítimos, que foram aterrados após o ano de referência da demarcação da Linha do Preamar Média (LPM), pelo Decreto-Lei nº 9.760/1946.

b. Áreas de Preservação Permanente (APP)

As Áreas de Preservação Permanente/APP aqui apresentadas são aquelas definidas no Novo Código Florestal - Lei nº 12.651/2012, em seu Artigo 3º: *"Para os efeitos desta Lei, entende-se por:*

> *II - Área de Preservação Permanente – APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;*
>
> *XIII - manguezal: ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência fluviomarinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e de Santa Catarina;*
>
> *XVI - restinga: depósito arenoso paralelo à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, com cobertura vegetal em mosaico, encontrada em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, este último mais interiorizado* (...)" (Brasil, 2012, Lei nº 12.651/2012).

Em seu Artigo 4º: "*Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:*

> *VI – as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;*
>
> *VII – os manguezais, em toda a sua extensão;"* (Brasil, 2012, Lei nº 12.651/2012).

A Lei 12.651/12 inovou ao classificar os manguezais como APP, já que antes apenas as restingas estabilizadoras de mangues é que eram enquadradas dessa forma. Em seu artigo 8º determina que *"A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previsto nesta Lei".* (Brasil, 2012, Lei nº 12.651/2012).

c. Reserva Legal

A Reserva Legal aqui apresentada é aquela definida no Novo Código Florestal - Lei nº 12.651 e foi incluída neste Capítulo, pois em geral não é considerada como um espaço territorial protegido. Nas

áreas onde os biomas da Floresta Amazônica e da Mata Atlântica adentram o sistema costeiro-marinho é importante que a reserva legal, por ser de propriedade privada, tenha o seu devido papel na proteção desta vegetação funcionando como corredores de biodiversidade junto às restingas, manguezais e outras feições costeiras. Em seu Artigo 3º: "*Para os efeitos desta Lei, entende-se por:*

> *III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa."* (Brasil, 2012, Lei nº 12.651/2012).

A Reserva Legal representa uma parcela percentual da propriedade que deve ser mantida com vegetação nativa, sendo restrita a utilização. A quantidade de área que deve ser destinada à Reserva Legal varia de acordo com a localização geográfica do imóvel rural e o bioma nele existente (Lei 12.651/12).

Unidades de conservação costeiras e marinhas

De maneira geral, o processo de criação e gestão de zona econômica exclusiva (UC) se configura como uma estratégia governamental de ordenamento territorial e é considerado um dos principais instrumentos da política pública no campo ambiental direcionado a proteção e preservação de espaços e elementos da natureza (Sales, 2010). No Brasil, as categorias e tipos de unidades de conservação foram sendo criados desde 1937 de formas distintas, em normas diferentes e em diferentes níveis de governança pública, conforme demonstrado.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), marco legal brasileiro atual (Lei nº 9.985/2000), define Unidade de Conservação como:

> *"...espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção" da Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza".* (Brasil, Lei nº 9.985/2000; Inciso I do Artigo 2º).

Neste marco legal, as UCs são classificadas em categorias, a depender dos tipos de uso ou de restrições em que cada uma delas tenha contido nos seus objetivos de manejo:

- UCs de Proteção Integral = não é permitido o uso direto dos recursos naturais;
- UCs de Uso Sustentável = é permitido e fomentado o uso dos recursos mediante critérios de sustentabilidade.

No primeiro grupo, de Proteção Integral, estão as seguintes categorias: I - Estação Ecológica; II - Reserva Biológica; III - Parque Nacional; IV - Monumento Natural; e V - Refúgio de Vida Silvestre.

No segundo grupo, das Unidades de Uso Sustentável, estão as seguintes categorias: I - Área de Proteção Ambiental; II - Área de Relevante Interesse Ecológico; III - Floresta Nacional; IV - Reserva Extrativista; V - Reserva de Fauna; VI – Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e VII - Reserva Particular do Patrimônio Natural.

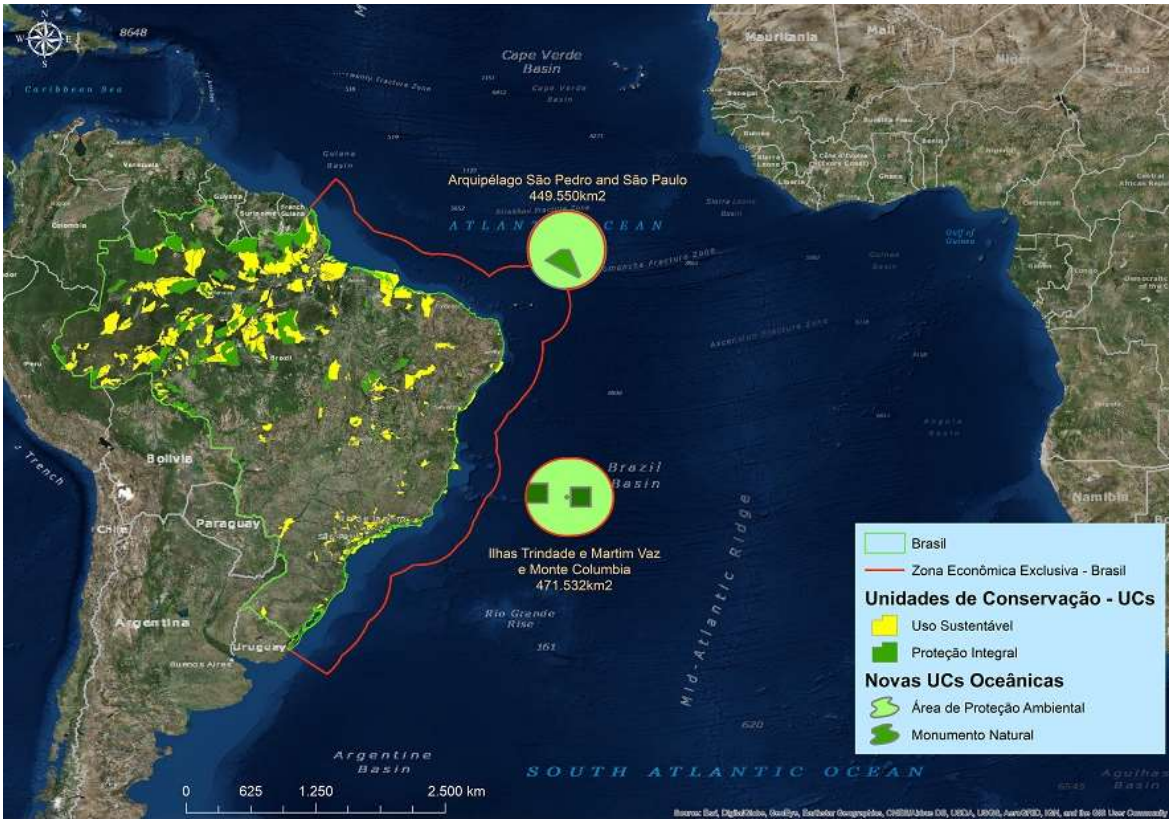


Figura 26.3. Mapa ICMBio. Unidades de Conservação federais em maio de 2020.
Fonte: https://www.icmbio.gov.br/

Na Figura 26.4 são listadas as UCs costeiras e marinhas por região geopolítica, a categoria, sua localização, o ato de criação, o tamanho, o ambiente e os tipos de ecossistemas protegidos, tendo como base o site do ICMBio[12]. Este Quadro foi construído não com a definição de bioma, mas sim se algum tipo de ambiente ou ecossistema costeiro ou marinho esteja presente no território daquela unidade de conservação. Assim esta tabela contém um número maior de UCs daquelas consideradas como bioma costeiro-marinho pelo ICMBio. Principalmente no bioma Mata Atlântica existem UCs criadas para proteção deste ecossistema, mas que contêm restingas, manguezais, dunas e praias, além daquela que chegam com a floresta até o costão rochoso. Além desta, as ilhas no sul e sudeste possuem vegetação de mata atlântica e de restinga.

De um modo geral, todos os ambientes contidos nas zonas costeiras ou oceânicas estão representados em alguma categoria de unidade de conservação no Brasil, sejam mata atlântica, restinga, marisma, manguezal, praia arenosa, praia rochosa, recifes e ilhas costeiras e oceânicas, além de áreas do mar territorial, da plataforma continental e da zona econômica exclusiva.

[12] Dados gerais de julho de 2019 e consultado em abril de 2020, além de consulta a colegas do ICMBio e da experiência pessoal na criação e implantação de UCs como servidor do IBAMA e do ICMBio. Neste período não foram criadas mais nenhuma UC no Brasil.

Unidade de Conservação	Categoria **U.S.** = Uso Sustentável **P.I.** = Proteção Integral	Localização	Ato Legal	Área (ha) e Zona	Ambientes Protegidos
REGIÃO SUL					
ESEC do Taim	P.I.	RS: Rio Grande, Santa Vitória do Palmar	D.F.nº 92.963, de 21/07/1986; D.F. S/N de 05/06/2017	32.806,31 Costeiro	Banhados, praias arenosas e dunas
PARNA da Lagoa do Peixe	P.I.	RS: Mostarda e Tavares	RS DEC 93.546, de 06/11/1986	36.721,93 Costeiro	Laguna, banhados, restinga, dunas, praia e área marinha
REVIS da Ilha dos Lobos	P.I.	Torres/ RS	D.F. nº 88.463, de 04/07/1983; DF. S/N de 13/02/2006	142,39 Insular costeiro	Ilha rochosa e área marinha
APA da Baleia Franca	U.S.	SC: Florianópolis Palhoça Garopaba Paulo Lopes Imbituba Laguna Jaguaruna Içara Tubarão	D.F. S/N 14/09/200	154.867,40 Costeiro	Manguezal, marisma, restinga, ilhas, costão rochoso, praia e marisma
APA Anhatomirim	U.S.	Florianópolis/SC	D.F. nº 528/1992	4.436,59 Costeiro	baía, Ilha, costão rochoso e praia
RESEX do Pirajubaé	U.S.	Florianópolis/SC	D.F. nº 533 de 20/05/1992	1.712,08 Costeiro	Manguezal
ESEC de Carijós	P.I.	ESEC de Carijós	D.F.nº 94.656, de 20/07/1987	759,34 Costeiro	Manguezal, marisma, restinga, praia
REBIO Marinha do Arvoredo	P.I.	SC: Florianópolis, Gov. Celso Ramos	D.F.nº 99.142 de 12/03/1990	17.104,60 Insular Costeiro	Ilhas c mata atlântica-restinga e arredores marinho
ESEC de Guaraqueçaba	P.I.	Guaraqueçaba/PR	D.F.nº 87.222, de 31/05/1982; D.F.nº 93.053, de 31/07/1986; LEI nº 9.513, de 20/11/1997	4.370,15 Costeiro	Manguezal e mata atlântica
APA de Guaraqueçaba	U.S.	PR: Guaraqueçaba, Paranaguá, Antonina, Campina Grande do Sul. SP: Barra do Turvo, Cananéia	D.F.nº 90.883 de 31/01/1985	282.446,36 Costeiro	Baía com complexo estuarino, manguezal
PARNA do Superagui	P.I.	Guaraqueçaba/PR	D.F.nº 97.688 de 25/04/1989 D.F.nº 9.513 de 20/11/1997	33.860,3600 Costeiro	Mata Atlântica, manguezal, restinga, dunas e praia
PARNA Marinho das Ilhas dos Currais LEI 12.829, de 20/06/2013	P.I.	Pontal do Paraná/PR	LEI nº 12.829, de 20/06/2013	1.359,70 Insular Costeiro	Ilhas, mata atlântica e restinga insular e arredores marinho
REGIÃO SUDESTE					
APA de Cananéia-Iguape-Peruíbe	U.S.	SP: Miracatu, Pedro de Toledo, Peruíbe, Iguape, Ilha Comprida, Jacupiranga, Cananéia, Pariquera-Açú, Itariri	DEC 90.347 de 23/10/1984; DEC 91.892 de 6/11/1985	202.309,58 Costeiro	Complexo estuarino-laguna, manguezal
RESEX do Mandira	U.S.	Cananéia/SP	D.F. S/N, de 13/12/2002	1.177,81 Costeiro	Manguezal e restinga

ARIE Ilhas da Queimada Pequena e Queimada Grande	U.S.	Peruíbe/SP	D.F.nº 91.887 de 05/11/1985	65,17 Costeiro	Ilhas costeiras e arredores marinho
ARIE Ilha do Ameixal	U.S.	Peruíbe/SP	D.F.nº 91.889 de 05/11/1985	358,89 Costeiro	Ilha com manguezal
ESEC dos Tupiniquins	P.I.	SP: Cananéia e Peruíbe	D.F.nº 92.964, de 21/07/1986	1.727,71 Insular Costeiro	Ilhas com mata atlântica e arredores marinho
ESEC Tupinambás	P.I.	SP: São Sebastião e Ubatuba	D.F.nº 94.656, de 20/07/1987	2.463,62 Insular marinho	Ilha c/ mata atlântica, ilhotas, lajes e parcéis e arredores marinho
REVIS do Arquipélago de Alcatrazes	P.I.	São Sebastião/SP	DEC S/N de 02/08/2016	67.479,29 Insular marinho	Ilha c/ mata atlântica, ilhotas, lajes e parcéis e área marinha
APA Cairuçu	U.S.	Paraty/RJ	D.F. nº 89.242 de 27/12/1983	32.610,78 Costeiro	manguezal, costão rochoso e ilhas
ESEC de Tamoios	P.I.	RJ: Paraty e Angra dos Reis	D.F.nº 98.864, de 23/01/1990	8.660,35 Insular Costeiro	Baía, ilhas c/ Mata Atlântica, ilhotas, lajes e parcéis c raio marinho de 1 km
PARNA da Serra da Bocaina	P.I.	SP:São José do Barreiro, Bananal, Areias, Cunha, Ubatuba RJ:Angra dos Reis Parati	D.F.nº 68.172, de 04/02/1971; D.F.nº 70.694, de08/06/1972	106.566,42 Mata Atlântica/ Costeiro	Praias e costão rochoso
APA de Guapi-Mirim	U.S.	RJ: Magé Guapimirim Itaboraí São Gonçalo	D.F.nº 90.225 de 25/09/1984	13.890,54 Costeiro	manguezal, baía
ESEC da Guanabara	P.I.	RJ: Guapimirim Itaboraí São Gonçalo	D.F. S/N de 15/02/2006	1.936,25 Costeiro	manguezal
MONA do Arquipélago das Cagarras	P.I.	Rio de Janeiro/RJ	Lei nº 12.229 de 13/04/2010	105,93 Insular Costeiro	Ilhas, vegetação restinga
RESEX Marinha do Arraial do Cabo	U.S.	RJ: Arraial do Cabo, Araruama, Cabo Frio	D.F. S/N, de 03/01/1997	51.677,39 Costeiro	Restinga, dunas, costão rochoso, praias e área marinha
PARNA da Restinga de Jurubatiba	P.I.	RJ: Quissamã, Carapebus, Macaé	D.F. S/N, de 29/04/1998	14.919,46 Costeiro	Restinga, lagoas e banhados, dunas e praia
REBIO de Comboios	P.I.	ES: Aracruz e Linhares	D.F.nº 90.222 de 25/09/1984	784,64 Costeiro	Foz Rio Doce, mata atlântica, restinga e praias
REVIS de Santa Cruz	P.I.	ES: Aracruz, Fundão, Serra	D.F. S/N de 17/06/2010	17.750,00 Costeiro	Manguezal, RESTINGA, praias, área marinha, banco de algas calcáreas
APA do Arquipélago de Trindade e Martim Vaz	U.S.		D.F.nº 9.312 de 19/03/2018	40.385.419,59 Marinho	Entorno marinho das Ilhas oceânicas
MONA das Ilhas de Trindade e Martim Vaz e do Monte Columbia	P.I.		D.F.nº 9.312 de 19/03/2018	6.769.671,75 Insular Marinho	Ilhas oceânicas

REGIÃO NORDESTE					
RESEX de Canavieiras CR11	U.S.	BA: Uma, Canavieiras, Belmonte	D.F. S/N, de 05/06/2006	100.688,41 Costeiro	Mata Atlântica, restinga, manguezal, praias e área marinha
PARNA e Histórico do Monte Pascoal	P.I.	Porto Seguro/BA	D.F.nº 242 de 29/11/1961; D.F.nº 3.421, de 20/04/2000	22.239,84 Mata Atlântica-Costeiro	Mata atlântica e restinga (mussununga), manguezal
RESEX de Cassurubá	U.S.	BA: Caravelas, Alcobaça, Nova Viçosa	D.F. S/N de 05/06/2009	100.578,38 Costeiro	Mata Atlântica, restinga, manguezal, praias e área marinha
REVIS do Rio dos Frades	P.I.	Porto Seguro/BA	D.F. S/N de 21/12/2007	898,68 Costeiro	Restinga, praias e manguezal
RESEX Marinha do Corumbau	U.S.	BA: Porto Seguro, Prado	DF. S/N, de21/09/2000	89.996,76 Costeiro	Manguezal, praias e área marinha
PARNA Marinho dos Abrolhos	P.I.	BA: Caravelas e Prado	D.F.nº 88.218, de 06/04/1983	87.943,14 Insular marinho	Ilhas e arredores marinho
RESEX Marinha da Baia do Iguapé	U.S.	BA: Maragogipe, Cachoeira São Félix, Saubara	D.F. S/N, de 11/08/2000; LEI 12.058, de 13/10/2009	10.082,59 Costeiro	Baía e manguezal
REBIO de Santa Isabel	P.I.	SE: Pirambu Pacatuba	D.F.nº 96.999 de 20/10/1988	4.109,88 Costeiro	Restinga, lagoas, manguezal, dunas e praias
APA de Piaçabuçú	U.S.	AL: Piaçabuçu, Feliz Deserto	D.F.nº 88.421 de 21/06/1983	9.107,01 Costeiro	Delta da foz do Rio São Francisco, restinga, dunas
RESEX Marinha da Lagoa do Jequiá	U.S.	AL: Jequiá da Praia e Coruripe	AL DEC S/N, de 27/09/2001	10.196,69 Costeiro	Laguna, manguezal, praia e área marinha
APA dos Corais	U.S.	AL: Maceió, Paripueira, Barra de Sto Antônio, Passo de Camaragibe, São Miguel dos Milagres, Porto de Pedras, Barreiros, Japarapatinga, Maragogi, Porto Calvo, PE: Rio Formoso, São José da Coroa Grande, São Luis do Quitinde, Tamandaré	D.F. S/N de 23/10/1997	406.085,93 Costeiro e Marinho	Praias, recifes, gramíneas marinhas, plataforma continental
APA Fernando de Noronha	U.S.	PE	D.F. 92.755 de 05/06/1986	154.405,82 Insular Marinho	Ilha oceânica e entorno marinho
PARNA Marinho de Fernando de Noronha	P.I.	PE	D.F. nº 96.693, de 14/09/1988	10.932,57 Insular Marinho	Ilhas oceânicas e arredores marinho
APA do Arquipélago de São Pedro e São Paulo	U.S.		D.F. nº 9.313 de 19/03/2018	38.450.193,81 Marinho	Entorno marinho das Ilhas oceânicas
MONA do Arquipélago de São Pedro e São Paulo	P.I.		D.F.nº 9.313 de 19/03/2018	4.726.317,84 Insular Marinho	Ilhas oceânicas
RESEX Extrativista Acaú-Goiana	U.S.	PE: Goiana, PB: Caaporã, Pitimbu	D.F. S/nº de 26/09/2007	6.676,69 Costeiro	Manguezal, restinga, praia, gramíneas marinhas e área marinha

APA da Barra do Rio Mamanguape	U.S.	PB: Rio Tinto, Lucena, Marcação, Baía da Traição	D.F. 924 de 10/09/1993; D.F. S/N 7/04/1998	14.917,79 Costeiro	manguezal, gramíneas marinhas, recifes
ARIE Manguezais da Foz do Rio Mamanguape	U.S.	PB: Rio Tinto, Marcação	D.F.nº 91.890 de 05/11/1985	5.769,54 Costeiro	manguezal
REBIO do Atol das Rocas	P.I.	Natal/RN	D.F.nº 83.549 de 05/06/1979	35.187,01 Insular Marinho	Entorno marinho e Atol
RESEX Prainha do Canto	U.S.	Beberibe/CE	D.F. S/N, de 05/06/2009	29.805,48 Costeiro	Restinga, dunas, praia e área marinha
RESEX do Batoque	U.S.	CE: Aquiraz, Cascavel	D.F. S/N, de 05/06/2003	601,45 Costeiro	Dunas, lagoas e praias
PARNA de Jericoacoara	P.I.	CE: Cruz, Jijoca de Jericoacoara	D.F. S/N, de 04/02/2002; LEI nº11.486, de 15/06/2007	8.863,03 Costeiro	Restinga, lagoas, manguezal, dunas, praias e área marinha
APA Delta do Parnaíba	U.S.	MA: Paulino Neves, Tutóia, Água Doce do Maranhão. PI: Araiose,s Ilha Grande, Parnaíba, Luís Correia, Cajueiro da Praia. CE: Barroquinha, Chaval	D.F. S/N de 28/08/1996	309.593,77 Costeiro	Delta, manguezal, dunas, ilhas, praias
RESEX do Delta do Parnaíba	U.S.	PI: Ilha Grande MA: Araioses, Água Doce do Maranhão	D.F. S/N, de 16/11/2000	27.022,07 Costeiro	Delta, manguezal, dunas, ilhas, praias
PARNA dos Lençois Maranhenses MA	P.I.	MA: Primeira Cruz Santo Amaro do Maranhão Barreirinhas	DEC 86.060, de 02/06/1981	156.608,16 Costeiro	Lagoas, manguezal, restinga, dunas e praia
RESEX da Baía do Tubarão	U.S.	MA: Icatú, Humberto de Campos	D.F.nº 9.340, de 05/04/2018	223.888,98 Costeiro	Baía, restinga, manguezal, praias, ilhas arenosas e área marinha
RESEX de Cururupu	U.S.	MA: Cururupu, Apicum-Açu, Bacuri, Serrano do MA, Porto Rico do MA	D.F S/N de 02/06/2004	186.056,73 Costeiro	Baía, restinga, manguezal, praias e área marinha
REGIÃO NORTE					
RESEX Marinha de Gurupi-Piriá	U.S.	PA: Viseu e Augusto Correia	D.F. S/N, de 20/05/2005	72.789,93 Costeiro	Baía, manguezal, falésias, dunas, praia e área marinha
RESEX de Araí-Peroba	U.S.	PA: Augusto Corrêa	D.F. S/N, de 20/05/2005; D.F. S/N, de 10/10/2014	62.578,12 Costeiro	Baía, manguezal e área marinha
RESEX de Caeté-Taperaçu	U.S.	PA: Bragança, Tracateua	D.F. S/N, de 20/05/2005	42.489,81 Costeiro	Baía, manguezal, praia e área marinha
RESEX de Tracuateua	U.S.	PA: Tracuateua, Bragança Quatipuru,	D.F. S/N, de 20/05/2005	27.864,50 Costeiro	Baía, manguezal, praia e área marinha
RESEX Maracanã	U.S.	PA: Maracanã, Igarapé-Açú, Magalhães Barata, Salinópolis, Santarém Novo, São João de Pirabas	D.F. S/N, de 13/12/2002	30.179,65 Costeiro	Baía, manguezal, praia e área marinha
RESEX Marinha de Soure	U.S.	Soure/PA	DEC de 22/11/2001	29.578,8 Insular Costeiro	Ilha de Marajó, manguezal, praia e área marinha

RESEX Cuinarana	U.S.	Magalhães Barata/PA	D.F. S/N, de 10/10/2014	11.036,41 Costeiro	Baía, manguezal
RESEX Mestre Lucindo	U.S.	Marapanim/PA	D.F. S/N, de 10/10/2014	26.464,88 Costeiro	Baía, manguezal, restinga, dunas, praias e área marinha
RESEX Mãe Grande de Curuçá	U.S.	PA: Curuçá	D.F. S/N, de 13/12/2002	36.678,78 Costeiro	Manguezal, praias e área marinha
RESEX de São João da Ponta	U.S.	PA: São João da Ponta, São Caetano de Odivelas, Curuçá	D.F. S/N, de 13/12/2002	3.409,49 Costeiro	Manguezal
RESEX Mocapajuba	U.S.	São Caetano de Odivelas/PA	D.F. S/N, de 10/10/2014	21.027,80 Costeiro	Baía, manguezal, restinga, dunas, praias e área marinha
REBIO do Lago Piratuba	P.I.	AP: Amapá, Tartarugalzinho, Pracuúba	D.F.nº 84.914 de 16/07/1980; D.F.nº 89.932 de 10/07/1984	392.474,85 Amazônia e Costeiro	Lago, campos inundáveis, restinga e manguezal
ESEC de Maracá-Jipioca	P.I.	Amapá/AP	D.F.nº 86.061, de 02/06/1981	58.756,95 Costeiro	Ilha sedimentar costeira com manguezal
PARNA do Cabo Orange	P.I.	Oiapoque Calçoene	DFEnº 84.913, de 15/07/1980	657.327,77 Costeiro	Manguezal e área marinha

Figura 26.4. Quadro da relação de UCs federais, categoria, localização, ato legal, área, zona e ambientes.
Fonte: o autor.

Foram elencadas setenta e duas zona econômica exclusiva, sendo doze na Região Sul, dezenove na região Sudeste, vinte e sete na Região Nordeste e quatorze na Região Norte. A Região Sul tem o menor número de UCs em quatro diferentes categorias e o Nordeste tem o maior número de UCs em sete categorias. A região sudeste tem a maior diversidade com oito diferentes categorias de UCs. Na região norte predominam as RESEX com 11 UCs. O Rio Grande do Norte não tem nenhuma UC costeira federal, porém é a base continental para apoio a REBIO do Atol das Rocas.

Existe uma pequena diferença entre as categorias de zona econômica exclusiva, sendo de Proteção Integral (34) e de Uso Sustentável (38), onde Parques Nacionais representam 32,35% da primeira categoria e as Reservas Extrativistas representam 65,79% da segunda categoria. As RESEX são as zona econômica exclusiva em maior número e representam um terço (34,25%) de todas, em grande parte nos litorais do Pará e Maranhão, sem nenhum na região sul. A menor destas UCs é o Monumento Natural das Ilhas Cagarras/RJ com 105,93 hectares e a maior APA do Arquipélago de Trindade e Martim Vaz com 40.385.419,59 hectares.

Considerações finais

Como vimos, o Brasil construiu em mais de 70 anos de história um excelente arcabouço legal e institucional (gerencial e científico) para fazer a gestão dos espaços territoriais protegidos na sua zona costeira e na sua zona oceânica. Existem desafios para a implantação das políticas públicas, lacunas de conhecimento e uma falta de priorização (orçamentária e política) nos três níveis de governo para o reconhecimento da importância do uso dos instrumentos normativos e de planejamento disponíveis e resultantes das políticas públicas. Vejamos alguns desafios que os geógrafos poderão e deverão estar envolvidos, relacionados aos espaços territoriais protegidos:

Quanto aos bens ambientais da União (ilhas, praias marítimas, mar territorial, recursos naturais da zona econômica exclusiva e da plataforma continental e terrenos de marinha e acrescidos), estes diferentes ambientes em diferentes regiões marinhas são possibilidades de inúmeros estudos (incluídos em geografia física e humana) a serem desenvolvidos visando à proteção e o uso sustentável destes bens da União. O Fórum de discussão das políticas públicas para o mar tem sido a CIRM numa forma de envolver os diferentes entes institucionais.

Quanto às praias marítimas surge uma grande possibilidade de estudos, a partir da assinatura dos municípios costeiros dos "Termos de Adesão à Gestão de Praias Marítimas Urbanas ou Não" (SPU, 2020) para elaboração dos Planos de Gestão Integrados. Também é necessário que as praias marítimas e os terrenos de marinha sejam incluídos dentro de uma estratégia nacional para o enfrentamento das mudanças climáticas e aos eventos extremos cada vez mais frequentes na costa brasileira. Neste sentido, o "Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa/Procosta" é uma importante diretriz (MMA, 2018). Por sua vez, existe uma proposta de emenda constitucional (PEC 39/11) que tramita no Congresso Nacional e visa à extinção dos terrenos de marinha.

Importante refletir sobre o estágio alcançado pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro passados trinta anos de sua publicação, como levantado por Scherer et al (2020), *"...as estratégias públicas para a Gestão Costeira Integrada no país ainda estão em uma etapa inicial, e que o Brasil ainda se apresenta num estágio de formulação de planos regionais/sub-regionais..."*(Scherer et al, 2020).

Com relação ao Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro, principal instrumento de ordenamento territorial do PNGC, segundo Nicolodi et al. (2018):

> *"...se não um cenário favorável, ao menos uma situação de consolidação e maturidade do instrumento de gestão, ainda que diversos problemas foram identificados, ocasionando uma relativa ineficiência dessa política pública em relação à uma gestão equilibrada da zona costeira"*. (Nicolodi et al., 2018, p. 390).

Já para o ordenamento da zona oceânica (ZEE), o Projeto de Lei (PL 6969/13) em tramitação no Congresso Nacional, propõe, entre outros, a criação do instrumento "Planejamento Espacial Marinho - PEM", tema em discussão na CIRM através do Grupo de Trabalho "Uso Compartilhado do Ambiente Marinho".

Importante destacar que na falta de um Zoneamento Ambiental (PNMA) elaborado e normatizado, seja ele Zoneamento Ecológico-Econômico ou a sua versão costeira, os usos e a conservação destes Bens da União, espaços territoriais protegidos, têm sua existência e seus serviços ecossistêmicos colocados em discussão, frente a outras políticas de Estado com maior força econômica (energia, infraestrutura, agricultura), em cada processo de licenciamento ambiental demandado aos diferentes níveis de governança institucional.

Quanto as Áreas de Preservação Permanente (APP), os manguezais e restingas são ambientes muito pressionados pela ocupação humana justamente por serem litorâneo, em geral são suprimidos para urbanização. Os manguezais também sofrem com a poluição causada principalmente pela falta de saneamento básico, apesar de serem fonte de renda e de sustento de milhares de pessoas. As

restingas em geral são contempladas nos planos diretores municipais como áreas a serem urbanizadas (Prates et al., 2012).

A manutenção destes espaços territoriais protegidos com alto valor ambiental e de função de proteção natural frente aos eventos extremos (inundações e erosão da linha de costa) deveriam ser entendidos pelos gestores como um importante ativo frente aos riscos costeiros que podem trazer enormes prejuízos econômicos e sociais. Da mesma forma que os bens da União, estes espaços territoriais protegidos, têm sua existência e seus serviços ecossistêmicos colocados em discussão, frente a outras políticas de Estado com maior força econômica (energia, infraestrutura, agricultura), em cada processo de licenciamento ambiental demandado aos diferentes níveis de governança institucional.

Na Reserva Legal a Lei 12.651/2012 prevê a possibilidade de seu manejo sustentável em algumas situações e oportunidades. No seu Artigo 31 trata que sua exploração depende de licenciamento pelo órgão competente do SISNAMA, mediante aprovação prévia de Plano de Manejo Florestal Sustentável - PMFS, que contemple técnicas de condução, exploração, reposição florestal e manejo compatíveis com os variados ecossistemas a serem formados pela cobertura arbórea.

Na prática do dia a dia, as instituições governamentais não têm conseguido fiscalizar e controlar as obrigações legais quanto Reservas Legais, dependendo ainda de implementação do Novo Código Florestal, além do enfrentamento de outras políticas de Estado com maior força econômica (energia, infraestrutura, agricultura). A falta de adesão efetiva por parte dos proprietários rurais também contribui.

O Brasil tem um grande potencial para que a integração de um sistema de áreas protegidas fossem as APPs, as Reservas Legais e os Bens da União entendidos como tal, onde as unidades de conservação seriam complementares na função de conservação da biodiversidade e da paisagem natural em todos os biomas.

Quanto as unidades de conservação, segundo Maretti et al. (2019), existiam até 2017, 50.642,97 km² de áreas protegidas na zona costeira, nos três níveis de governança, 50.642,97 km² de áreas protegidas no mar territorial e 5.064,24 km² de áreas protegidas na zona econômica exclusiva, perfazendo um total de 103.683,46 km² em áreas costeiras e oceânicas protegidas como zona econômica exclusiva, representando apenas 1.5% de toda área marinha do Brasil. A partir de 2018 com a criação de novas UCs oceânicas este número passou para 1.033.802,64 km² representando cerca de 26% deste total.

Mesmo sendo apontado por alguns autores que a gestão de unidades de conservação no Brasil não tem sido um modelo de sucesso (Araujo, 2007; Sales, 2001; Dourojeanni e Pádua, 2001) *"(...) não tem sido uma tarefa executada a contento, pois apesar de possuir um marco legal definido e de estar sistematicamente incluída em planos e projetos de governo, a realidade observada indica que há dificuldades históricas para a implementação desta política pública"* (Sales, 2001, p.25) , estes tem sido os espaços territoriais protegidos mais efetivos em termos de abrangência de área e de diversidade de ambientes costeiros e marinhos.

Em termos de espaços territoriais protegidos na zona costeira nacional, a criação e implementação de unidades de conservação tem sido a política pública mais efetiva na conservação e uso sustentável da biodiversidade e dos recursos naturais, se comparada ao Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (PNGC), como demonstrado pela Coordenação Geral de Gerenciamento Costeiro do Ministério do Meio Ambiente em 2018, durante a apresentação no XI Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro em Florianópolis/SC:

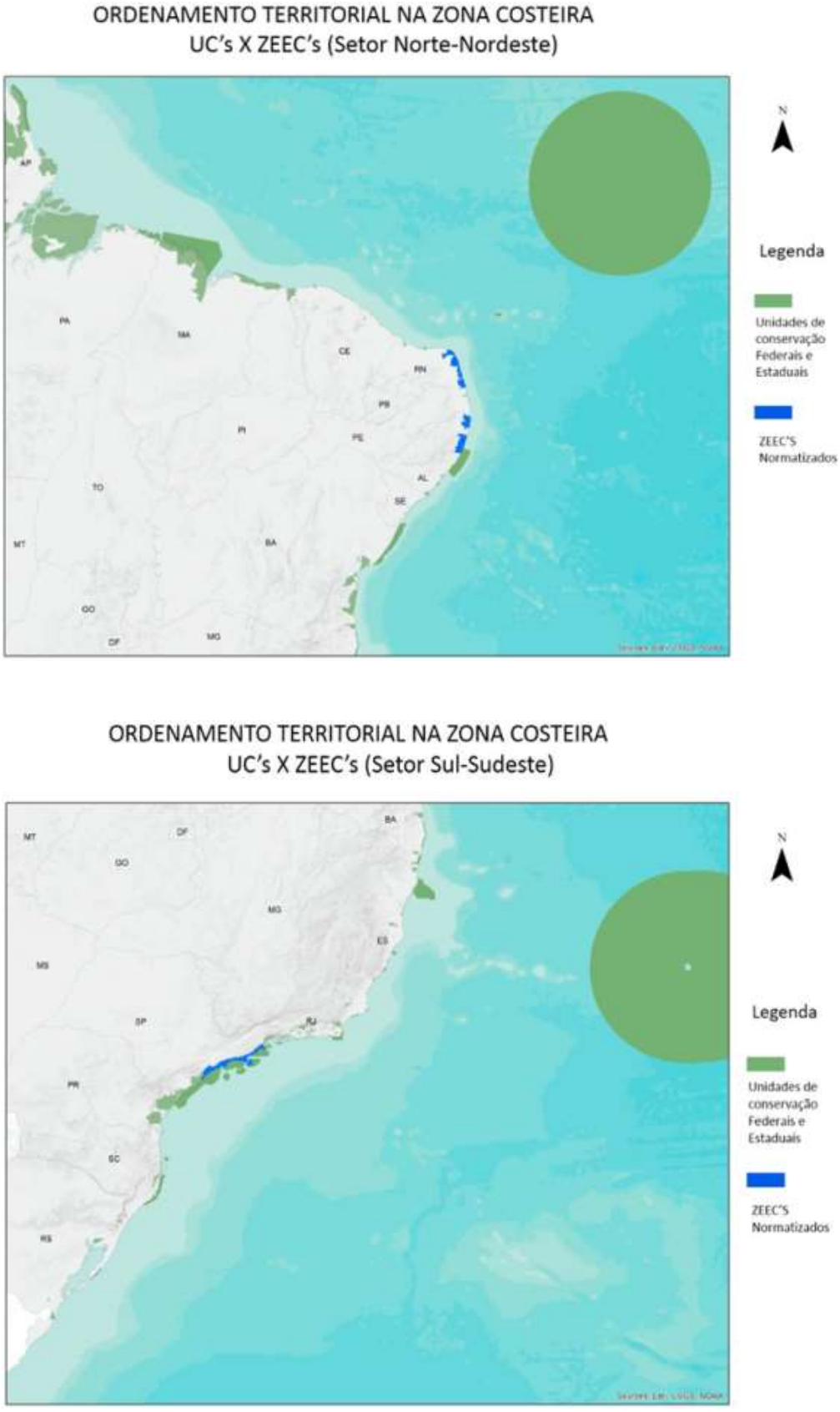


Figura 26.5. Comparação entre o ordenamento territorial pelo ZEE (RN, PE, SP) e por zona econômica exclusiva federais e estaduais.

Fonte: MMA/CGERCO, 2018.

Mesmo sendo dois instrumentos com objetivos diferentes, ambos têm no zoneamento a orientação para o ordenamento territorial. A Figura 26.5 demonstra que enquanto os dezessete estados costeiros possuem alguma categoria de unidade de conservação (estadual e/ou federal), apenas três estados elaboraram e normatizaram o seu zoneamento ecológico-econômico costeiro. Estudos sobre a efetividade destes dois instrumentos precisam ser conduzidos para avaliação das políticas públicas relacionadas à gestão costeira e marinha, tratando também da investigação da pouca aderência pelos estados do ZEEC.

Maretti et al. (2019) recomendam que seja adotada a definição de E*cologically or Biologically Significant Areas* (EBSAs) para ampliação do sistema de áreas marinhas protegidas no Brasil, apontando seis destas EBSAs: Zona de Influência do Amazonas-Orinoco; Zona de Fratura do Atlântico Equatorial e o Sistema de Alta produtividade; Cadeia de bancos do Norte do Brasil e Fernando de Noronha; Zona Norte Oriental da Borda da Plataforma Brasileira; Banco de Abrolhos e Cadeia Vitória-Trindade e Mar Meridional Brasileiro.
As áreas protegidas podem dar uma grande contribuição para o entendimento das mudanças climáticas, como parte de uma rede de coleta de dados oceanográficos e climáticos.
Existe uma enorme área costeira e marinha protegida legalmente e outras a serem criadas, com um enorme potencial para pesquisas e estudos que tenham como objetivo a conservação e uso sustentável deste gigante patrimônio territorial e ambiental brasileiro. Importante alertar que existem também iniciativas para desafetação, alteração de limites e de categorias ou mesmo da extinção das unidades de conservação tramitando no Congresso nacional, como por exemplo, o PL 6.479 de dezembro de 2019 que propõe a extinção da Estação Ecológica de Tamoios, na Baía da Ilha Grande/RJ. Em tempos de pandemia e Covid-19, devemos destacar o papel que as áreas protegidas podem desempenhar na saúde pública ao proporcionarem a recreação física e mental tão necessária em tempos de distanciamento e isolamento social.

Referências bibliográficas

ARAUJO, M. A. R. **Unidades de Conservação no Brasil: da República à gestão de classe mundial.** Belo Horizonte: SEGRAC Editora e Gráfica, 2007.

BALBINOTT, A.L. **A efetividade das Unidades de Conservação da Natureza**. Paisagem, Natureza e Direito. Org. Antonio Herman Benjamin. 2ª Ed. São Paulo, pp 491-501, 2005.

BRASIL. **Institui o novo Código Florestal**. Lei nº 4.771, de 15/09/1965. Diário Oficial da União - Seção 1 - 16/9/1965, Página 9529 (Publicação Original), 1965.

_____. **É criada, no litoral brasileiro, a Reserva Biológica do Atol das Rocas, subordinada ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, do Ministério da Agricultura**. Diário Oficial da União - Seção 1 - 6/6/1979, Página 8036 (Publicação Original), 1979.

_____. **Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental.** Diário Oficial da União de 28/04/1981. (Publicação Original), p. 7557, col, 1. 1981.

_____. **Dispõe sobre as Reservas Econômicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico.** Diário Oficial da União - Seção 1 - 1/2/1984, Página 1572 (Publicação Original), 1984.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil.** DOU 5/10/1988 - Seç 1, Pg 1, 1988 a.

_____. **Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.** [Diário Oficial da União de 18/05/1988 (Publicação Original), p. 8633, col. 1, 1988 b.

_____. **Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica,** assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. Decreto Federal nº 2.519 de 16 de março de 1998. Diário Oficial da União - Seção 1 - 17/3/1998, Página 1 (Publicação Original). 1998.

_____. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**; Lei nº 9.985 de 18/07/2000-Lei do Snuc. Diário Oficial da União - Seção 1 - 19/7/2000, Página 1 (Publicação Original), 2000.

_____. **Aprova a Política Nacional para os Recursos do Mar - PNRM.** Decreto nº 5.377 de fevereiro de 2005. Diário Oficial da União. Seção 1. 24/02/2005. p. 1, 2005.

_____. **Institui o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas – PNAP.** Decreto nº 5.758 de 13 de abril de 2006. Diário Oficial da União - Seção 1 - 17/4/2006, Página 1 (Publicação Original). 2006.

_____. **Institui o Novo Código Florestal Brasileiro.** Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União de 28 de maio, 2012.

_____. **Cria a Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Trindade e Martim Vaz e o Monumento Natural das Ilhas de Trindade e Martim Vaz e do Monte Columbia**. Decreto nº 9.312 de 19/03/2018. Diário Oficial da União 20/03/2018, p. 1, col. 3, 2018a.

_____. **Cria a Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e o Monumento Natural do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** Publicado em 20/03/2018, Ed.: 54, Seç.: 1, Pg: 3, 2018b.

CONAMA. **Declarar as Áreas de Relevante Interesse Ecológico - ARIEs como Unidades de Conservação.** Resolução CONAMA nº 12, de 14/12/1988, Publicada no DOU, de 11 de agosto de 1989, Seção 1, página 13661 C 1988.

CIRM: **Amazônia Azul**. Brasil. *In:* https://www.marinha.mil.br/secirm/, 2020.

CEMBRA. **O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do País** /, coord. Luiz Philippe da Costa Fernandes, prep. Lucimar Luciano de Oliveira. 2. ed. rev. e ampl. Niterói, RJ: BHMN, 540 p., ISBN 978-85-65171-00-7 1. Direito e Segurança no mar- Brasil, 2012.

DOUROJEANNI, M. J. E PÁDUA M. T. J. **Biodiversidade: a hora decisiva.** Curitiba: Editora UFPR, 2001.

DRUMMOND, J.A., FRANCO, J.L.A., OLIVEIRA, D. **Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil.** Conservação da Biodiversidade: Legislação e Políticas Públicas, pp.341-385, 2010.

DRUMMOND; BARROS-PLATIAU. Brazilian Environmental Laws and Policies, 1934-2002: A Critical Overview**. Law e Policy**, Vol. 28, No. 1, pp. 83-108, 2006.

IBGE. **Plataforma Geográfica Interativa: Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil**. Brasil. *In:* https://www.ibge.gov.br/apps/biomas/. Consulta em abril de 2019.

ICMBio. **Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das Unidades de Conservação Federais.** *In:* https://www.icmbio.gov.br/geoprocessamento. Consulta em abril de 2020.

MACHADO, P.A.L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 3a ed. rev. ampl. – São Paulo. Editora Revista dos Tribunais, 593p., 1991.

MARRONI, E.V., SILVA, A.L.R. **Geopolítica do Brasil para o Atlântico Sul: uma revisão de literatura a partir da Política Pública Nacional para o Mar**. R. Esc Guerra Naval, RJ, v. 21, n. 2, p. 145 – 177, 2015.

MARETTI, CC., LEÃO AR, PRATES AP, et al. Marine and coastal protected and conserved areas strategy in Brazil: Context, lessons, challenges, finance, participation, new management models, and first results. **Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst**: 29 (S2):44-70, 2019.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente: doutrina, jurisprudência e glossário.** 3a. ed. rev. atual. e ampl, São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 1024p., 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros.** Brasília: MMA/SBF, 404 p., 2002.

_____. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil.** Brasília: MMA, 242 p. 2008.

_____. **Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa.** Portaria nº 76 de 26 de março de 2018. Diário Oficial da União, Ed.60, Seç 1, Pg 161, 2018.

_____Agenda 21 Global. Brasil. *In:* https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html. 2020.

NICOLODI, J.L.; ASMUS, M.; TURRA, A.; POLETTE, M. **Avaliação dos zoneamentos ecológicos-econômicos costeiros (ZEEC) do Brasil: proposta metodológica. DMA, V. 44. Edição especial do X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro., p 378-404. 2018.**

PRATES, A. P. L.; GONÇALVES, M. A.; ROSA, M. R. Panorama **da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil.** Brasília: MMA, 152 p., 2012.

SALES, G. **Gestão de unidades de conservação federais no Brasil**: **burocracia e poder simbólico**. Dissertação de Mestrado. UFSC, Florianópolis/SC, 240 p, 2010.

UNESCO. **Ilhas Atlânticas Brasileiras.** Patrimônio Mundial no Brasil. 2a. ed. Brasília. Caixa Econômica Federal, 304p, 2002.

WEINGAND JR. R., SILVA, D.C. E SILVA, D.O. **Metas de Aichi: Situação atual no Brasil.** Brasília, DF: UICN, WWF-Brasil e IPÊ, 2011.

Régis Pinto de Lima é oceanólogo (FURG) com mestrado e doutorado em oceanografia (UFPE). Analista ambiental já ocupou cargos de direção no IBAMA, ICMBio e MMA. Atualmente lotado na Estação Ecológica de Tamoios/RJ. E-mail: regispintolima@gmail.com CV: http://lattes.cnpq.br/5149180797409019

Capítulo 27

Energia eólica *offshore* e pesca artesanal: impactos e desafios na costa oeste do Ceará, Brasil

Thomaz Xavier; Adryane Gorayeb; Christian Brannstrom

Introdução

Os parques eólicos *offshore* (PEOs) – ou complexos eólicos *offshore* (CEOs) ou complexos eólicos marítimos (CEMs) – representam um caminho interessante para a descarbonização devido, principalmente, às condições atmosféricas marinhas favoráveis, em geral, com ventos mais fortes, contínuos e com menor turbulência (EPE, 2020). Porém, no contexto *offshore* brasileiro ainda não foram analisadas as questões emergentes de justiça participativa e distributiva que interferem, fortemente, nos níveis de aceitação social e na repartição dos benefícios. As estimativas para o Brasil sugerem que o país tem um potencial eólico-energético marinho muito favorável. Desta forma, os PEOs podem ser uma realidade da geografia marinha brasileira no curto prazo.

Nesse contexto, este capítulo aprofunda o conhecimento acerca dos projetos de parques eólicos *offshore* por meio da aplicação de metodologias que partem dos conceitos de território e de justiça ambiental, para identificar como os espaços marinhos, cobiçados pelos investidores são, ao mesmo tempo, a base da economia pesqueira regional e da reprodução do modo de vida tradicional, a partir da pesca artesanal praticada por centenas de comunidades do litoral cearense.

▪ COMO CITAR:
XAVIER, T.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Energia Eólica Offshore e Pesca Artesanal: impactos e desafios na costa oeste do Ceará, Brasil. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 608-630. ISBN 978-65-992571-0-0

Em recente publicação, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) listou 13 importantes desafios para diminuição dos riscos associados à inserção da energia eólica *offshore* no Brasil (EPE, 2020). Nesta perspectiva, o desafio acerca das *"incertezas sobre os potenciais conflitos socioeconômicos que poderão surgir entre a atividade eólica offshore e outras atividades*" (EPE, 2020, p. 127) é um importante alvo de investigação deste trabalho. Além disso, no contexto do Ceará, modelos de estimativa do potencial eólico *offshore* excluíram áreas marinhas utilizadas pela pesca (Camargo Shubert Engenheiros Associados et al., 2019). São necessárias, então, pesquisas que identifiquem quais são os locais utilizados pelos pescadores ao longo da costa cearense, visando os potenciais conflitos entre o setor eólico-energético marinho e a pesca artesanal, procurando estabelecer meios adequados para que a descarbonização da matriz elétrica brasileira ocorra em sinergia com atividades tradicionais da região.

Assim, apresentamos resultados preliminares, de pesquisa participativa, advindos da construção do calendário de pesca de comunidades de pescadores artesanais do litoral oeste do Ceará que serão, possivelmente, impactadas pela implantação de projetos de PEOs, atualmente em processo de licenciamento, tendo como cerne pescadores artesanais associados a três colônias do litoral oeste do estado do Ceará. Para tanto, foi realizada, de forma preliminar, a contextualização do mercado eólico-energético *offshore* mundial, incluindo a atual conjuntura do Brasil no setor, tendo sido apresentado o debate sobre os conceitos de justiça na valorização social frente às problemáticas ambientais no reconhecimento territorial dos espaços marinhos.

Energia eólica *offshore*: fronteira energética no sul global

Desde a instalação do primeiro PEO no mundo, o *Vindeby*, em 1991, no entorno de *Great Belt*, na Dinamarca, no Mar do Norte, surgiram inúmeras iniciativas. A Figura 27.1 apresenta uma perspectiva das iniciativas de parques eólicos *offshore* em todo o mundo, demonstrando que ainda não há, em maio de 2020, nenhum PEO em atividade no hemisfério sul. Além do Brasil, verifica-se propostas no Quênia, Tanzânia, Ilhas Maurício e Austrália em fase de planejamento ou inativas.

Segundo dados do *Global Wind Report 2019 – GWR 2019* (GWEC, 2020), acumula-se, em maio de 2020, um total de 29,1 GW de capacidade instalada (CI) *offshore* para produção energética, sendo que em 2019 houve recorde na expansão do setor apresentando taxa de crescimento de 26,5% (6,1 GW) em comparação com o ano anterior. Por país, o Reino Unido é o maior produtor de energia eólica *offshore* (33%), seguido da Alemanha (26%), China (23%), Dinamarca (6%) e Bélgica (4%) (GWEC, 2020). Inclui-se ainda no mercado eólico *offshore* global os seguintes países: Suécia, Vietnã, Finlândia, Japão, Coréia do Sul, Estados Unidos, Irlanda, Taiwan, Espanha, Noruega e França, com cerca de 8%.

Assim como os parques eólicos terrestres (*onshore*), os PEOs são altamente desejáveis como iniciativas para a descarbonização das malhas elétricas nacionais. Velocidades relativamente mais altas, menor turbulência e variabilidade dos ventos sobre o mar, em comparação com a superfície terrestre, resultam em fatores de capacidade (eficiência) e densidade de potência mais altos para PEOs (EPE, 2020). Embora os parques eólicos *onshore* tenham uma densidade de potência estimada de 0,9 W/m² devido às interações entre as turbinas eólicas dispostas nos parques eólicos e a camada limite atmosférica (Miller e Keith, 2019), as estimativas para PEOs são de 3 a 5 W/m² (Tavares et al., 2020; Volker et al., 2017; Bosch et al., 2018). Isso se dá em razão de uma maior energia cinética descendente e contínua sobre os oceanos (Possner e Caldeira, 2017).

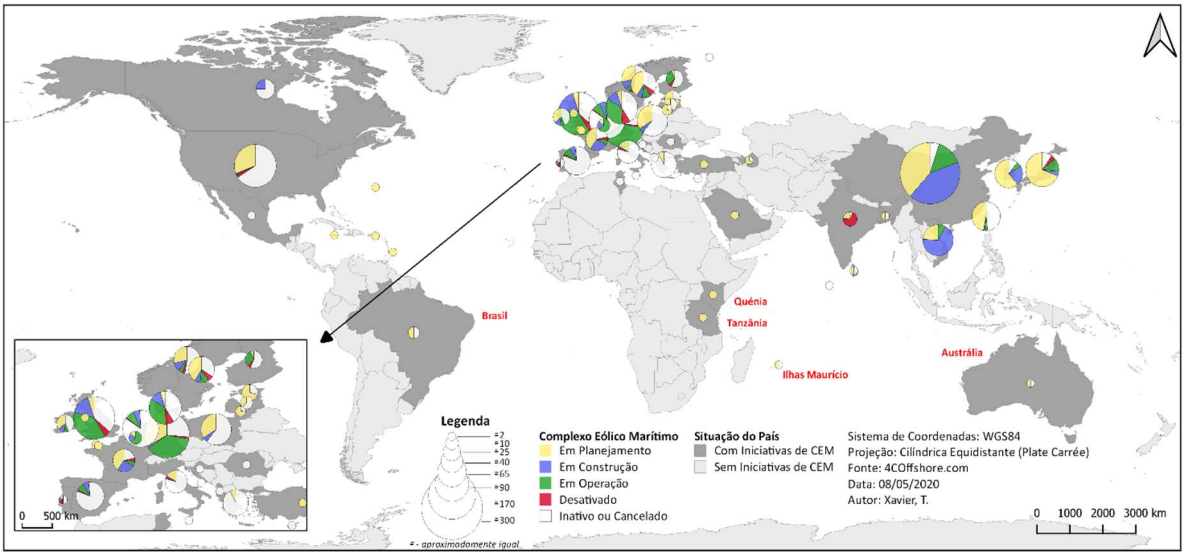


Figura 27.1. Distribuição das iniciativas de PEOs no mundo.
Fonte: 4COFFSHORE, 2020.

Outra vantagem potencial dos PEOs é a demanda territorial de grandes áreas para produção de energia eólica. As demandas por terra para parques eólicos *onshore* são altas, atualmente, devido às baixas densidades de energia nas áreas ainda disponíveis, ademais, inspiraram conflitos com comunidades locais devido aos acordos institucionais injustos e violações da justiça participativa e distributiva (Wüstenhagen et al., 2007; Pasqualetti, 2011; Sovacool; Ratan, 2012; Brannstrom et al., 2017; Gorayeb et al., 2018; Gorayeb; Brannstrom; Meireles, 2019). Além disso, alguns autores sugerem a existência de "apropriações de terras" resultantes da grande implantação de energia eólica *onshore* (Capellán-Pérez et al., 2017; Scheidel e Sorman, 2012), o que desencadeia em novas formas de injustiça, uma preocupação crescente entre os investigadores (Sovacool et al., 2019).

Em relação ao marco regulatório eólico-marinho brasileiro, está sendo proposta uma política institucional, normativa e regulatória, desde 2017, por meio do Projeto de Lei do Senado (PLS) n.º 484/2017[1] (Brasil, 2017), em conjunto com outras iniciativas similares, como usinas fotovoltaicas *offshore* e implantação de parque eólicos em águas territoriais. Mediante isto, é possível encontrar na literatura nacional propostas que analisam a viabilidade energética da costa brasileira. Tais estimativas geraram previsões otimistas baseadas em modelos atmosféricos. Entretanto, não consideraram o uso dos recursos marinhos e dos espaços oceânicos pelas comunidades que vivem ao longo do litoral.

Por exemplo, Gomes et al. (2019) propuseram um método para selecionar locações vantajosas para a energia eólica *offshore* com base no processamento de dados meteorológicos e oceanográficos, porém sem considerar o uso múltiplo dos recursos marinhos e suas especificidades biogeofísicas, culturais, políticas e socioeconômicas (defesa, transportes, telecomunicações, pesca, conservação, etc.) ou a concorrência pelo uso dos espaços oceânicos. Assim como, Silva et al. (2016) concluíram que os recursos eólicos *offshore* no Brasil apresentam mais de 1,3 TW de CI, considerando a energia eólica *offshore* viável e complementar à geração nacional de eletricidade. Tavares et al. (2020, p. 1) afirmaram que o país possui "abundantes recursos de energia renovável eólica *offshore*" e, para

[1] De autoria do Senador Fernando Collor (PTC/AL), o projeto já passou pelas seguintes comissões do Senado: Comissões de Constituição, Justiça e Cidadania; de Assuntos Econômicos; e de Serviços de Infraestrutura. Desde outubro de 2018 encontra-se na Câmara dos Deputados como Projeto de Lei (PL) n.º 11.247/2018.

identificar áreas utilizáveis, os autores proporcionaram perspectivas de modelagem para PEOs na zona econômica exclusiva (ZEE) do Sul e Sudeste do país com e sem restrições de áreas. Nas restrições de uso os autores incluíram faixa de, pelo menos, 18 km da costa e a exclusão de áreas de recursos ambientais protegidos.

No Ceará, Lima et al. (2015) estimaram a velocidade, a direção predominante, a turbulência dos ventos e, ainda, a densidade de potência em área marítima da região costeira, com dados modelados que se estendem para além da ZEE. Os autores avaliaram os recursos eólicos e marinhos usando modelos atmosféricos e dados batimétricos na ausência de dados baseados em anemômetros. Concluiu-se que, apesar de apresentar significante redução nos ventos durante o período chuvoso - fevereiro a maio -, a geração de energia eólica *offshore* demonstra grande potencial no período seco - julho a dezembro. Além disso, os autores sugerem que a profundidade relativamente baixa (~ 40 m) a distâncias de aproximadamente 24 km da costa torna o litoral cearense muito adequado para parques eólicos *offshore*, acrescentando que a batimetria rasa e a "rota de grandes navios estar muito além da costa, [não oferece] perigo para empreendimentos futuros" (p. 211). Todavia, tais conclusões foram feitas sem mencionar a atividade pesqueira do Ceará, ou qualquer base de estudos que abordasse os aspectos geobiofísicos, socioeconômicos, políticos e culturais em relação ao ambiente marinho.

Mais recentemente, o "Atlas Eólico e Solar do Ceará" (Camargo Shubert Engenheiros Associados et al., 2019) apresentou novos dados para toda zona costeira do estado, incluindo informações sobre as áreas *offshore*. São estimados cerca de 117,2 GW de CI sobre o mar cearense, totalizando 19.540 km² de área apta para receber PEOs em profundidades que variam entre 5 e 50 metros. É informado ainda que seria possível gerar um total de 506 TWh/ano de energia. Tal valor, se gerado de forma integral, possibilita abastecer cerca de 265 mil residências[2] ao longo do período de um ano. O modelo proposto no documento estimou esses valores para a altura de 100 m em localidades com velocidade média de vento superior a 7,0 m/s. Além disso, o modelo levou em consideração as áreas inaptas para recebimento de PEOs ao longo da costa cearense, são elas: áreas de proteção integral no mar, áreas de cabos submarinos, pesca e áreas de concessão de exploração de óleo e gás[3].

A partir dessas iniciativas, *stakeholders* ligados ao setor energético nacional e internacional têm almejado instalar PEOs em áreas marinhas brasileiras. Neste contexto, há cinco iniciativas ativas em processo de licenciamento e outras duas inativas no Brasil[4]. Dos projetos ativos: Parque Eólico *Offshore* Caucaia (PEOC) de iniciativa italiana e brasileira, tem por objetivo a produção de energia com a inserção de aerogeradores em ambientes marinho e costeiro. O projeto pretende introduzir espigões em área de forte erosão na zona costeira do município de Caucaia no estado do Ceará, servindo como "barreira" artificial para contenção dos processos erosivos ali existentes; Complexo Eólico Marinho Asa Branca I (CEMAB I) de iniciativa brasileira, tem sua área projetada em águas costeiras dos municípios de Itarema e Amontada no estado do Ceará; os próximos três projetos pertencem ao mesmo proponente e são de iniciativa brasileira e espanhola, são eles: o Complexo

[2] Cálculo feito com base no consumo residencial médio de 159 KWh/mês (EPE, 2019a).

[3] O documento não detalha as fontes dos dados. Para mais informações, vide "Cálculo do Potencial Eólico *Offshore*" no Atlas Eólico e Solar do Ceará (Camargo Shubert Engenheiros Associados et al., 2019, p. 78).

[4] A legislação brasileira atribui ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a responsabilidade de licenciar empreendimentos no ambiente marinho, não impedindo que sejam consultados órgãos de outras jurisdições durante o processo. As informações aqui apresentadas foram adquiridas por meio de acesso direto aos processos de licenciamento de cada projeto no Sistema Eletrônico de Informações (SEI) junto ao IBAMA. Para que se obtenha tais informações é necessário entrar com pedido via protocolo junto ao órgão.

Eólico Marítimo Jangada (CEMJa), com área planejada nas proximidades de Trairi e Itapipoca, também no estado do Ceará; o Complexo Eólico Marítimo Maravilha (CEMMar) localizado na área marinha dos municípios de São Francisco de Itabapoana e São João da Barra, no estado do Rio de Janeiro e o Complexo Eólico Marítimo Águas Claras (CEMAC) que se localiza no litoral dos municípios de Osório, Capão da Canoa e Xangri-lá, no estado do Rio Grande do Sul.

Em relação aos projetos inativos: Complexo Eólico Cajú - *Offshore* de iniciativa brasileira, tinha sua área projetada na faixa de transição terra-mar nos territórios dos municípios de Tutóia e Araioses no estado do Maranhão. O arquivamento do processo se deu em razão de o proponente permanecer, por um longo período sem apresentar documentos necessários para o processo de licenciamento e Planta Piloto de Geração Eólica Offshore da Petrobrás S/A, cujo objetivo era o de instalar apenas um aerogerador para prospecção econômica. Seria instalado ao lado da plataforma *offshore* de petróleo PUB-3 em águas marinhas do município de Guamaré no estado do Rio Grande do Norte. Após estudos iniciais, a empresa solicitou o arquivamento do processo de licenciamento pois, segundo informações fornecidas pela própria empresa no pedido de arquivamento, a mesma está avaliando a possibilidade de concepção de projeto de PEO comercial. Além desses projetos supracitados, a Tabela 27.1 apresenta outros projetos no histórico brasileiro. Essa informação foi obtida na Plataforma *Web* da *4COffshore*, empresa inglesa de consultoria, cujo material *on-line* se baseia em informações oficiais (4COffshore, 2020).

Tabela 27.1. Outros projetos eólico-energéticos *offshore* existentes no Brasil.

Denominação do Projeto	Local	Estado	Situação atual (Licenciamento)	Nacionalidade do proponente
Projeto Piloto Asa Branca	Amontada e Itarema	CE	Estagnado	Brasil
Complexo Eólico Marinho Asa Branca II - CEMAB II				
Complexo Eólico Marinho Asa Branca III - CEMAB III				
Complexo Eólico Marinho Asa Branca 4+ - CEMAB 4+				
Sem Denominação	São Gonçalo do Amarante			
Seatwirl/Crest - Floating	Canguaretama	RN	Conceito / Planejamento	Suécia

Fonte: 4COFFSHORE, 2020.

Mesmo com a existência das iniciativas supracitadas, não há, no *GWR 2019* (GWEC, 2020), nenhuma informação de que o mercado eólico-energético *offshore* brasileiro irá se desenvolver no horizonte dos próximos anos. Contudo, o Plano Decenal de Expansão de Energia 2029 - PDE 2029 (EPE, 2019b, p. 61) prevê, "*pela primeira vez, a tecnologia eólica offshore como candidata à expansão, a partir do ano de 2027*". Com base nisso, e visando efetiva concepção dos projetos, a EPE tornou público documento que apresenta possíveis barreiras e desafios a serem enfrentados para o desenvolvimento do setor (EPE, 2020). Deste modo, presume-se que áreas marinhas da região costeira brasileira, especificamente no Ceará e Rio Grande do Norte, continuarão sendo alvo de políticas, planos, programas e projetos (PPPP) voltados à instalação de PEOs.

Conceitos de justiça processual e distributiva nos processos de implantação de parques eólicos *offshore*

Recentemente, Veers et al. (2019) expuseram que avanços no campo das ciências exatas, estabilidade das redes e diferentes níveis de planejamento e gestão dos sistemas energéticos são os três "grandes desafios" para ampliação no fornecimento global de eletricidade a partir da energia eólica. No entanto, os autores negligenciaram incluir desafios, descritos em vasta bibliografia internacional, decorrentes da base territorial e de seus aspectos sociais, afetivos, produtivos, legais e naturais e que influenciam, sobremaneira, a instalação e operação dos parques eólicos na plataforma continental *offshore*, no Ceará, no Brasil e no mundo.

Os cientistas sociais têm se concentrado, cada vez mais, na aplicação dos conceitos de justiça distributiva e processual no entendimento de conflitos entre comunidades locais e parques eólicos (Liebe et al., 2017; Walker e Baxter, 2017a, 2017b). No âmbito da energia renovável, Walker e Baxter (2017a) definem o alcance da justiça processual quando o compartilhamento de informações, a participação em ações de tomada de decisão, a capacidade de influenciar os resultados e relações com os desenvolvedores do projeto são promovidos por membros de comunidades adjacentes ao projeto. Já a justiça distributiva é definida como a justiça percebida da introdução e distribuição de benefícios, como receita tributária e pagamentos de arrendamentos (*leasing*) individualizados ou compartilhados (Walker e Baxter, 2017b).

Frate et al. (2019) aplicaram esses conceitos de justiça em análises de conflitos entre moradores locais e empreendimentos eólicos *onshore* no município de Galinhos, Rio Grande do Norte. Constataram que ambas justiças – processual e distributiva – dizem respeito, especialmente, à distribuição dos benefícios percebidos e impactos negativos dos parques eólicos, às críticas aos processos de tomada de decisão e à estruturação dos pontos de vista sustentados nas comunidades locais. As preocupações da justiça distributiva acerca da geração de emprego e impacto ao meio ambiente eram justificativas para apoiar os parques eólicos. Os defensores dos empreendimentos apresentaram argumentos de que moradores locais estavam empregados, isto é, a atividade econômica aumentou e que o meio ambiente não havia sido prejudicado. Mas, críticos aos empreendimentos argumentaram que a quantidade de emprego gerado foi irrisória, que os parques eólicos não impulsionaram o turismo e que o meio ambiente foi negativamente afetado. As violações da justiça processual foram observadas, segundo os autores, em termos de informações fracas e audiências públicas fraudulentas, o que permitiu oposição forte aos parques eólicos (Frate et al., 2019).

Desta forma, entende-se que as pessoas têm o direito de ser envolvidas nas tomadas de decisão que potencialmente irão afetar suas vidas. Ou seja, torna-se fundamental exercer a justiça participativa. A centralidade do processo deve girar entorno da preocupação com os efeitos no cotidiano daqueles que podem, eventualmente, ter suas atividades comuns modificadas, sendo o próprio conhecimento local um meio para contornar e minimizar as negatividades e, sobretudo, potencializar os benefícios. Apesar de ambos os conceitos de justiça se apresentarem unidos na literatura, o caso aqui estudado foca na justiça participativa.

Neste contexto, compreende-se que o conhecimento e as experiências locais são valiosos, podendo ser usados para auxiliar nas direções do planejamento (Vanclay, 2003; Puzatchenko, 2006) por meio de ferramentas que promovam eficácia na inclusão social. É importante enfatizar que o uso de métodos participativos tem a pretensão de registrar informações que, muitas vezes, não são levadas em consideração pelos tomadores de decisão, tornando possível o registro do “jamais-dito” (Chaves, 2013, p. 82). Nesta pesquisa, a inserção social foi proposta por meio de diagnóstico e mapeamento participativos.

O diagnóstico participativo é amplamente utilizado, principalmente, em análises ligadas às questões territoriais e no estudo de fatores socioambientais (Verdejo, 2006; Guimarães et al, 2007;

Meireles e Gorayeb, 2014). Neste sentido, a análise *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats* no acrônimo em inglês) pode ser utilizada como meio para diagnosticar a realidade social local, visando obter diagnósticos das comunidades locais. A análise *SWOT* subsidia a compilação de informações concernentes às fraquezas e forças – fatores internos – e às oportunidades e ameaças – fatores externos – existentes no organismo avaliado. A partir dos elementos gerados é possível estabelecer direcionamentos estratégicos para adequada tomada de decisão nas mais diferentes escalas. O uso dessa metodologia pode subsidiar a implementação de ações participativas mais justas, porém, não as garantem. Trata-se apenas de um ferramental para obter possíveis soluções fundamentadas na justiça participativa, bem como ser um meio para apresentar respostas viáveis oriundas de mecanismos embasados na justiça distributiva.

Ao utilizarem a análise *SWOT*, Viegas et al. (2014), em conjunto com pescadores artesanais e outros interessados, construíram diagnósticos para gestão sustentável e integrada da zona costeira de Portugal. Já Cruz-González et al. (2018), a partir de gestões comunitárias lideradas por pescadores locais, utilizaram o diagnóstico rural participativo com o auxílio da análise *SWOT* para analisar a evolução da administração da pesca de ostras ao longo da costa de Nayarit, México. Além disso, é possível encontrar sua utilização em áreas como: gestão de bacias hidrográficas (Taena et al., 2016); redes de serviços ecossistêmicos (Bull et al., 2016); gestão de mangues (Almasi; Milow; Zakaria, 2018) e, mais recentemente, no planejamento do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) do Ceará[5].

Para materializar a dinâmica socio-territorial marinha existente em áreas que são pretendidas pelos projetos de PEOs brasileiros, adotou-se o mapeamento participativo a partir de um arcabouço teórico-metodológico da Cartografia Social (CS). O conceito de Cartografia Social abordado na construção dos mapas sociais teve como base estudos desenvolvidos por Acselrad et al. (2008) e Gorayeb; Meireles; Silva (2015). Esses autores consideram o mapeamento de forma crítica e participativa, que privilegia a demarcação e a caracterização espacial de territórios em disputa, de grande interesse socioambiental, econômico e cultural, com vínculos ancestrais e simbólicos, sob a égide da justiça socioambiental. Pesquisadores apontaram que a aplicação da CS tem colaborado significativamente para o mapeamento de atividades de pesca artesanal (Mendes; Gorayeb; Brannstrom, 2016; Cortines et al., 2017; Silva et al., 2017).

A utilização dessas ferramentas participativas, em conjunto, elucidou questões internas e externas referentes às comunidades pesqueiras de três colônias de pesca no litoral cearense, servindo de base para a realização de prospecção dos possíveis efeitos da implantação de projetos dos PEOs.

Procedimentos metodológicos e contextualização do litoral cearense

Os trabalhos concentraram-se em atividades realizadas na zona costeira dos municípios de Itapipoca, Amontada e Itarema na costa oeste do estado do Ceará. Trata-se de área com forte especulação para projetos de PEOs. Dois dos três projetos existentes na costa cearense (Figura 27.2 b) estão localizados nas proximidades destes municípios, são eles: Complexo Eólico Marinho Asa Branca I – CEMAB I e Complexo Eólico Marítimo Jangada – CEMJa (Figura 27.2a). O projeto prevê que o CEMAB I será composto por dez parques eólicos com cinco aerogeradores cada, totalizando uma CI de 400 MW. Sua distância da costa será entre 2 a 8 km com profundidades que variam entre 7 e 12 m. Sua área total será de 72,44 km², incluindo as localidades para os cabos submarinos. Já o CEMJa será localizado à, aproximadamente, 23 km de distância da praia em profundidades que

[5] Trabalho realizado pelo consórcio TPF Engenhara/GAU, em parceria com o Labocart/UFC, junto à Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), autarquia vinculada à Secretaria de Meio Ambiente do Ceará – SEMACE/SEMA. Site: http://www.zeecceara.com.br/

variam entre 20 e 50 m em um total de quatro parques eólicos com cinquenta aerogeradores cada, totalizando 200 torres (3 GW de CI). A área total em mar é estimada em 1.007,8 km² (área do parque e corredores de cabos de energia). Ambos projetos apresentam linha de transmissão com extensão até o Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). Trata-se de um terminal portuário e de um conjunto de indústrias localizados a, aproximadamente, 60 km de Fortaleza em São Gonçalo do Amarante. Dentre as indústrias presentes inclui-se a Usina Termelétrica do Pecém (UTP) movida à carvão mineral.

A UTP é um complexo formado pelas Usinas Porto do Pecém I e II, com 720 MW e 365 MW de CI, respectivamente. É considerado um importante empreendimento energético regional o qual inseriu o estado do Ceará como exportador de energia para o Nordeste após sua construção (EDP, 2020). Os três projetos de PEOs localizados no Ceará pretendem construir linhas de transmissão (LT) que se estenderão até o CIPP (Figura 27.2b). Tais planejamentos podem estar vinculados à ideia de aproveitamento da estrutura já existente no CIPP, o qual é conectado ao Sistema Interligado Nacional (SIN) de energia[6]. Dentro do projeto do CEMAB I, por exemplo, é possível verificar estudos de ampliação da subestação de energia localizada no entorno da UTP.

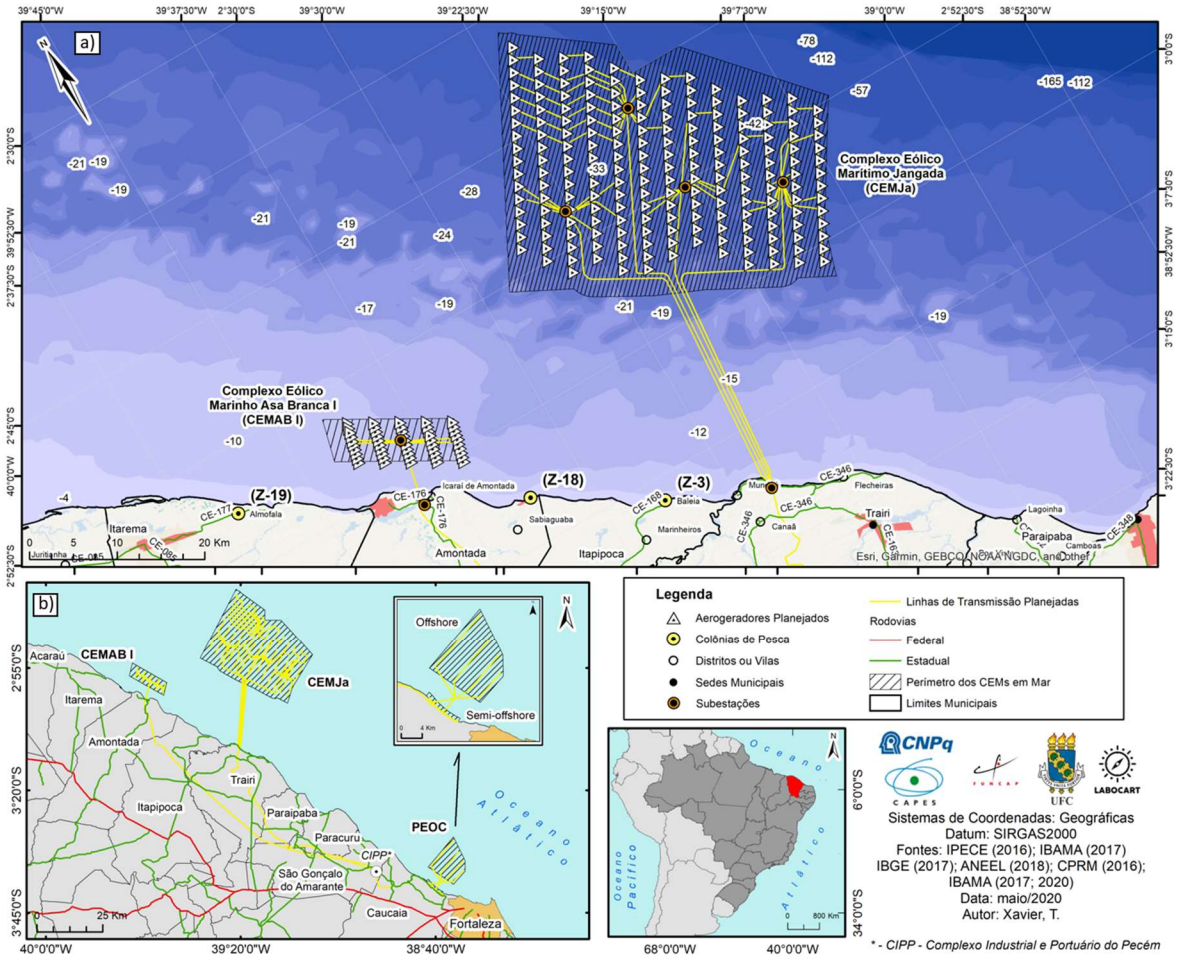


Figura 27.2. Área planejada para o CEMAB I e para o CEMJa, localização das colônias de pesca onde os trabalhos foram realizados (a); e, PEOs planejados na costa cearense e extensão das respectivas linhas de transmissão planejadas (b).

Fonte: os autores.

[6] Mais informações: http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas

Para atingir o objetivo proposto nesta pesquisa, foram analisadas informações adquiridas por meio de oito oficinas participativas realizadas junto aos pescadores filiados às colônias dos municípios: Itapipoca (Z-3), Amontada (Z-18) e Itarema (Z-19), que assistem cerca de 30 comunidades tradicionais pesqueiras. As atividades foram executadas nas seguintes comunidades: Porto dos Barcos e Torrões (Itarema), Moitas, Caetanos de Baixo e Caetanos de Cima (Amontada) e Baleia (Itapipoca). As oficinas foram realizadas para elaboração das matrizes *SWOT* e de mapas de esboço no âmbito da CS entre os meses de agosto e novembro de 2018 e entre janeiro e março de 2020 (carga horária total de 40 horas). Trata-se de locais que reúnem grande parte dos pescadores artesanais do litoral oeste cearense. Além disso, são localidades com grande potencial de serem impactadas com a introdução de ambos PEOs supracitados.

Ao total participaram 68 pescadores, todos do sexo masculino, com idade entre 22 e 55 anos. Em decorrência da natureza exploratória da pesquisa, os participantes foram escolhidos da seguinte forma: primeiramente foi estabelecido contato com dirigentes das respectivas colônias. A partir do consentimento e autorização por parte da presidência, foi pedido para que fossem feitas divulgações nas comunidades pesqueiras associadas às colônias. É relevante informar que foram oferecidas refeições entre as atividades para evitar evasão dos grupos de trabalho, uma vez que cada *workshop* teve duração entre 4 e 6 horas. Como contrapartida, após a realização das atividades de pesquisa, foi realizada oficina para os pescadores com ênfase no uso de receptores de satélite ("GPS") em cada comunidade. Além disso, a pedido dos moradores locais, foi realizada também atividade educativa sobre higienização e alimentação saudável com cerca de 20 crianças na comunidade de Porto dos Barcos, em Itarema, em agosto de 2018. A data foi definida pelos próprios moradores e nenhuma outra atividade ligada à pesquisa foi realizada.

Com condução de duas a cinco pessoas na equipe de pesquisadores, as oficinas participativas seguiram a seguinte estrutura: 1) contextualização e apresentação dos objetivos da pesquisa; 2) discussão sobre a realidade pesqueira local; 3) elaboração das matrizes *SWOT* relativas à atividade pesqueira local e à estrutura das colônias, e 4) construção dos mapas de esboço, visando elaboração da cartografia social. No período de apresentação e contextualização utilizou-se de projetores digitais para demonstrar exemplos de PEOs em outros países. Foi nesse momento que os projetos dos PEOs cearenses foram apresentados para os pescadores. De todos os participantes, apenas cinco (7,4%) tinham conhecimento prévio sobre projetos eólicos marinhos, bem como sobre os PEOs pretendidos para a região, o que indica falta de divulgação de informação pelas autoridades e empresas. Para a grande maioria, o assunto foi tratado de forma inédita, porém de modo mais imparcial possível, para evitar viés nos resultados. No segundo período de atividades, foram utilizadas perguntas norteadoras para estimular os participantes a discutir os assuntos vinculados à pesquisa, alguns exemplos são: quais espécies de pescado são encontradas na região? Quais ferramentas (artes de pesca) são utilizadas e como as distintas espécies de peixe são capturadas? Quais os tipos de embarcações utilizadas, qual o número de pescadores por embarcação e o volume de pescado possível de transportar? Há dependência de vento para realizar a atividade pesqueira? Qual a distância máxima percorrida e quais os rumos seguidos da costa aos pontos de pesca?

Na terceira fase, que correspondeu à elaboração das matrizes *SWOT*, pretendeu-se obter informações dos fatores internos que dissessem respeito às colônias, isto é, necessidades dos pescadores para a atividade pesqueira (fraquezas) e pontos que os pescadores consideravam como seus diferenciais (forças). Já acerca das externalidades, esperou-se obter informações sobre possíveis prejuízos no desenvolvimento da pesca marinha (ameaças) e, por outro lado, elementos que a impulsionasse (oportunidades). O último momento das oficinas foi o mapeamento participativo. A metodologia fundamentou-se na elaboração de mapas de esboço (Corbett et al., 2006) em conjunto com os pescadores.

Após a realização de todas atividades de campo, as informações obtidas nos mapas de esboço foram digitalizadas no programa QGIS (QGIS *Development Team*, 2019) em gabinete, bem como os

dados descritos textualmente nas matrizes *SWOT* foram adaptados em planilhas digitais. Os dados aqui apresentados são uma coletânea referente à temática espacial marinha e ao uso do espaço oceânico inseridos nas matrizes *SWOT* das três colônias. Definiu-se esse filtro em razão de terem sido levantados assuntos relativos à outras temáticas, como: saúde dos pescadores, relação entre os pescadores e a administração das colônias, turismo comunitário, etc.

É importante ressaltar que, durante as atividades das oficinas, foram feitos registros de imagem e de voz com autorização prévia de todos os presentes. As falas aqui apresentadas passaram por correções gramaticais, quando necessário, e foram preservados em anonimato os nomes dos participantes da pesquisa (Duarte, 2004). Além disso, utilizou-se informações sobre as oficinas que foram registradas em diário de bordo. Afirma-se que as metodologias utilizadas foram embasadas em vasta literatura especializada (Corbett et al., 2006; Acselrad, 2008; Helms e Nixon, 2010; Viegas et al., 2014; Gorayeb et al., 2015), permitindo que os procedimentos adotados apresentem dados válidos para as discussões aqui propostas. Além disso, as metodologias adotadas foram submetidas ao comitê de ética da Universidade Federal do Ceará para devidas considerações antes da realização das atividades, obtendo aprovação[7].

Resultados e discussão

A diversidade de uso do espaço marinho, que incluí atividades turísticas e de lazer náutico, o desígnio de áreas de conservação da biodiversidade e a pesca industrial e artesanal, por exemplo, têm gerado diferentes conflitos no âmbito brasileiro (MMA, 2017). A partir dessa premissa, é possível entender que, "*dependendo do contexto, a chegada de projetos eólicos offshore poderá figurar como mais um vetor de pressão tanto sobre o ambiente marinho como para a realização de outras atividades econômicas no Brasil*" (EPE, 2020, p. 122). Neste contexto, a atividade pesqueira artesanal tem grande relevância socioeconômica no litoral cearense, apresentando diversidade ao longo do litoral (Bezerra, 2013; Braga, 2013; Menezes et al., 2019).

Além do caráter tradicional no modo de vida dos moradores da faixa litorânea, pesquisas têm demonstrado que a pesca tem amplo potencial econômico no Ceará. Queiroz et al. (2020), ao proporem avaliação econômica frente à lacuna sobre os benefícios da pesca artesanal nas estatísticas oficiais do Ceará, afirmam que a atividade "*compete diretamente com a monocultura do camarão em termos monetários e tempo gasto para atividade*" (p. 181) no estado. Outro exemplo é o levantamento realizado pela Petrobrás S/A no segundo semestre de 2015 (PETROBRAS, 2016). Por meio de monitoramento da atividade pesqueira ao longo dos municípios pertencentes à bacia de petróleo do Ceará, foi relatado receita bruta de pouco mais de 33 milhões de reais no período, com produção total de 2.940,9 toneladas de pescado. Segundo o relatório, "*o município de Acaraú obteve a maior receita com a primeira comercialização de pescado, respondendo por 39,4% do montante total. Os municípios de Itarema e Fortaleza contribuíram com 30,7% e 12% da receita total, respectivamente*" (PETROBRAS, 2016, p. 73). Vale destacar que a pesca profissional acontece mais fortemente em Acaraú e Itarema frente à pesca artesanal. Desta forma, compreende-se ser preciso analisar, profundamente, os possíveis impactos da atividade eólico-energética *offshore* sobre a atividade pesqueira, sobretudo artesanal.

De modo geral, a participação dos pescadores nas atividades propostas garantiu levantamento de informações sensíveis à forma que vivem e praticam a pesca marinha. Na Tabela 27.2 é possível visualizar os diferentes tipos de classificação e nomenclatura popular dada às embarcações

[7] Certificado de Apresentação para Apreciação Ética – CAAE: 06529217.1.0000.5054.

utilizadas pelos pescadores. Basicamente, as classificações não se diferem ao longo de toda costa cearense, podendo ser encontrada em outras regiões (Menezes et al., 2019).

Tabela 27.2. Tipos de embarcações marítimas utilizadas pelos pescadores artesanais.

Grupo	**Embarcações: Artesanais (Vela, Remo e Motor) e Lanchas Motorizadas.**			
A	Embarcações Artesanais à Vela e Remo: Jangada[1] (> 5 m), Paquete[2] (< 5 m), Canoa[3] (> 6 m) e Botinho a remo[4] (~2 m)			
B	Embarcações Artesanais à Vela: Jangada[1] (> 5 m), Paquete[2] (< 5 m), Canoa[3] (> 6 m)			
C	Embarcações Artesanais a Motor: Jangada[1] (> 5 m), Paquete[2] (< 5 m), Canoa[3] (> 6 m)			
D	Embarcações Motorizadas: Lanchas (> 10 m e < 16 m)			
Grupo	A	B	C	D
Duração	Bate-Volta	2 a 3 dias	5 a 8 dias	20 a 40 dias
Tipo Pesca	Peixes Diversos	Peixes Médios e lagosta	Peixes Médios e lagosta	Todo tipo de pesca, incluindo lagosta
Capacidade Média	Máx. 10 kg	20 a 50 kg	100 a 400 kg	3 a 5 t
Distância da costa	Da costa até 3 milhas náuticas	Até 10 milhas náuticas	Além de 10 milhas náuticas	Até o talude continental (parede de fundo), cerca de 50 milhas náuticas de distância da costa

[1] Jangada: construída com madeira oca (sem isopor para flutuar).
[2] Paquete: construído com madeira e isopor.
[3] Canoa: construída oca ou com isopor (chamada de paqueta).
[4] Botinho: é o paquete pequeno.

Fonte: ZEEC, 2020 (em processo de finalização).

Os PEOs foram incluídos em dois trechos, ameaças e oportunidades, da matriz *SWOT*, ambos fatores externos, os quais estão destacados na Tabela 27.3. De modo geral, a maioria dos pescadores perceberam os empreendimentos marinhos como potenciais ameaças. Foi relatado que a introdução dos PEOs pode ocasionar impedimento no tráfego dos barcos, prejudicando as rotas de pescas atualmente utilizadas, o que forçaria rotas mais longas para contornar os complexos. Outro ponto destacado foram as mudanças no regime do vento que os aerogeradores poderão causar. Ou seja, não haverá problemas apenas na área direta da construção dos parques, mas, em grande extensão da superfície marinha do entorno. Além disso, destacaram possíveis ameaças às tartarugas que habitam a região e prejuízos ao turismo, ainda pouco relatados na literatura científica.

É possível evidenciar isso em posicionamentos verbalizados durante as oficinas:

> *"É uma base lá né, a base da torre [dos aerogeradores]. Pode prejudicar a pescaria da gente. A pescaria depende da torre. Se a gente pode se aproximar pra pescar. Se a gente tem liberdade de atracar em cima da base ou deve manter distância da base, digo se impedir a gente passar até distante. Porque, hoje, nas plataformas [de petróleo da Petrobrás] ninguém pode encostar. A gente quer saber se a gente vai ter liberdade. Liberdade de chegar perto. Se tem liberdade de ancorar. [...] Nosso trabalho é dentro do*

> *mar se colocarem uma coisa lá que vai nos prejudicar, como vamos querer? [...] A gente não sabe se o peixe vai se adaptar com elas.*" (Pescador A, ago. 2018, Itarema)

Outro exemplo é (Pescador B, jan. 2020, Amontada):

> *"Eu acho que a eólica é uma ameaça muito grande no nosso município, porque ela compromete a vida, ela impede também essa questão que a gente acabou de falar (...) de se produzir [pescar], né!? E ela compromete os produtos do mar onde a maioria dos pescadores ou todos os pescadores precisam desse produto pra sobreviver e talvez o futuro será bem mais ameaçado por conta desse projeto [de parques eólicos offshore] que vai ser lançado dentro das águas do oceano."*

Por outro lado, pescadores evidenciaram o caráter positivo da introdução das fundações dos aerogeradores. Mencionaram que essas estruturas poderão funcionar como recifes artificiais e, com o tempo, provocar aumento na quantidade de peixes (Tabela 27.3). Isto pode ser observado na seguinte fala (Pescador C, ago. 2018, Itarema): "*(...) aqui à 2 km não tem quase peixe não, os peixes já estão difíceis, né!? Agora, quando eles fizerem isso aqui, vai vir peixe de lá [do mar aberto] para se encostar aqui".* Entretanto, as regras de manobra e navegação, publicadas pela Marinha do Brasil (RIPEAM-72[8]), devem ser levadas em consideração pelos pescadores para que sejam evitados abalroamentos com outras estruturas presentes no mar. Assim, a execução de pesca segura, segundo tais regras, inviabiliza a aproximação das torres eólicos pelos pescadores em embarcações movidas à vento, tornando a pesca artesanal inviável nas proximidades dos PEOs.

O mesmo pescador, por outro lado, afirmou que, caso o empreendimento seja instalado entre as faixas de 10 e 15 km de distância da praia, pode ser que traga prejuízo para pesca, pois é o local onde se encontra um volume maior de pescado. Neste aspecto, é entendido que a dinâmica biofísica desta faixa citada pelo pescador poderá ser alterada, ainda que os projetos de PEO não estejam localizados diretamente na referida área. Simon et al. (2013), por exemplo, afirmam que as torres de eólicas podem facilitar a atração (e não a geração) de biomassa de ambientes naturais, levando à desestabilização dos recifes de corais e rodolitos pela redução de biomassa. Além disso, a colocação das torres pode facilitar a introdução de espécies exóticas como o coral-sol, ofiuroides e outras espécies devido às estruturas atuarem como recifes artificiais (Van Hal et al., 2017).

Na análise de um caso prático, cientistas têm demonstrado que os pescadores não perceberam aumento significativo na quantidade de peixes capturados após a introdução de aerogeradores em mar na região de *Block Island* em *Rhode Island,* EUA (Brink e Danton, 2018). Entre outras coisas, concluíram que, apesar de existirem inúmeras pesquisas que abordam os aspectos ecológicos, físicos e de engenharia relacionados aos parques eólicos *offshore*, ainda existem poucos estudos na perspectiva das ciências humanas que evidenciem os impactos sociais no mar e que o entendimento das percepções, valores e experiências dos atores sociais locais no ambiente marinho traz à tona como os recursos oceânicos podem ser impactados pela inserção de empreendimentos eólico-energéticos *offshore*.

[8] RIPEAM-72. Convenção Sobre o Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar, 1972. Disponível em: https://cartasnauticasbrasil.com.br/livros/ripeam-72.html Acesso em: 25 mai. 2020.

AMEAÇAS	OPORTUNIDADES
Continuidade na utilização de ferramentas proibidas (rede de arrasto, arpão, mergulho e marambaias[9]), da pesca predatória em período de defeso da Lagosta, da inserção de tambores para pesca irregular de lagostas fora do tamanho permitido, da pescaria do atum fora dos padrões, cujas ações são praticadas por pescadores externos e locais	**Aumento na quantidade de peixes em razão da inserção das estruturas do parque eólico marinho (Melhoria na pesca)**
Moradores proibindo usar a faixa de praia para descarregar o pescado (sobretudo os novos moradores)	Criação de cooperativas para os pescadores locais
Implantação de leis para a territorialização do mar (Maricultura e proibição de acesso na área dos PEOs) com comunicação equivocada/fraca com os pescadores locais	Facilidade no acesso a investimento financeiro nas atividades de pesca artesanal (empréstimos)
Impedimento no tráfego de barcos nas proximidades dos Parques Eólicos Marinhos. Alteração da rota de pesca, mudança no vento, ameaça às tartarugas, prejuízo aos banhistas, diminuição da liberdade na pescaria de paquete e canoa a vento	Projetos para concepção de áreas de cultivo e manejo de algas (diversificação na atividade econômica)
Empresários locais apoiando e ampliando apenas a atividade pesqueira semiprofissional e/ou profissional	Maior acesso à diferentes instrumentos/ferramentas de pesca pelos pescadores artesanais
Prática de *Kitesurf*	Planos e projetos (públicos ou privados) para melhorar as técnicas de pescaria, garantindo precificação justa no pescado
FRAQUEZAS	**FORÇAS**
Não ter infraestruturas de cais que auxiliem a atividade pesqueira (Z-18 e Z-3)	Pescaria do atum e do polvo (Z-19)
Desinteresse dos jovens pela pescaria	Infraestrutura de cais boa (Z-19)
Pais pescadores incentivando filhos a procurarem outras oportunidades	Atividade pesqueira como base alimentar local e regional
Poucos pescadores interessados na pesca de pequeno porte (artesanal)	Pontos de pesca fixos (principal estratégia de pesca artesanal)
Não combater a prática de pesca irregular no período de defeso da lagosta	A pesca como principal fonte de renda para os moradores
Ventos fortes entre os meses de agosto até dezembro	Exploração de algas nativas natural de forma sazonal

[9] Entende-se por marambaias, todo e qualquer conjunto de estrutura artificial utilizado para concentrar organismos aquáticos vivos, cujo uso é proibido (IBAMA, 2006).

Barcos de pequeno porte (estadia pequena em mar)	Pesca e exportação de lagosta
Ineficiência em combater a pesca predatória praticada por pescadores externos e por pescadores da região	Pescaria artesanal a vela (paquete e canoa - e embarcações tradicionais) e pescaria semiprofissional como fontes de trabalho
Dinâmica e mudança do mangue e área costeira (naturais e antrópicas). Diminuição de tipos de espécies no mangue	Algumas espécies de pescado encontradas na região: Ariacó, Arraia, Bijupirá, Bonito, Caíco, Camurupim, Canguru, Cavala, Galo do Alto, Guaiuba, Guarajuba, Picuara, Pirá, Sardinha, Sepuruna, Serra, Cióba e Ubarana
Barra utilizada como atracadouro em Porto dos Barcos (alterações naturais e antrópicas da faixa estuarina utilizada pelos pescadores)	Artes de pesca: Linha e anzol em águas rasas, Manzuá, Espinhel, Malhadeira e/ou Caçueira e Curral
Inexistência de estaleiro para manutenção das embarcações	Mariscagem: catação de mariscos nas praias e manguezais, realizada, predominantemente, por mulheres

Tabela 27.3. Fatores internos e externos da matriz *SWOT* elaborada pelos pescadores das colônias Z-3, Z-18 e Z-19.

Fonte: os autores.

Neste sentido, é possível verificar, por exemplo, inúmeras espécies de peixes capturadas na região e que são percebidas como ponto forte (Tabela 27.3). A reação que tais espécies terão frente às estruturas dos PEOs a serem instaladas no mar ainda é desconhecida, podendo reagir de modo negativo às distintas fases da obra dos empreendimentos (Xavier et al., 2019). Outro ponto forte – já apresentado na Tabela 27.2 –, é a pesca artesanal a vela com embarcações tradicionais, exclusivamente movidas a ventos e a pesca semiprofissional e profissional feitas com a utilização de embarcações a motor de médio e grande portes (10 a 16 m), chegando a distâncias de 800 milhas náuticas para pescar, principalmente, polvo, atum e lagosta. Sobre as pescas semiprofissional e profissional, um pescador relatou que a introdução dos PEOs trará maiores gastos com combustível. Segundo ele (Pescador A, ago. 2018, Itarema), *"porque entrando no mar nós vamos em uma rota, aí [com os aerogeradores em mar] a gente vai ter que alterar, né!?"*. Tal fato, associado à eventual alteração no habitat dos peixes, pode dificultar a atividade pesqueira local com potencial de causar desemprego, em razão da possibilidade do aumento de gastos para executar a atividade pesqueira.

O mapeamento participativo, por sua vez, permitiu a elaboração de cartografia que materializou diferentes usos pesqueiros no espaço oceânico adjacentes aos PEOs. A Figura 27.3 apresenta apenas uma parte dos resultados. É possível visualizar o local estimado de pesca ao longo de todo o litoral dos municípios estudados, bem como pontos fixos de pesca artesanal informados pelos pescadores.

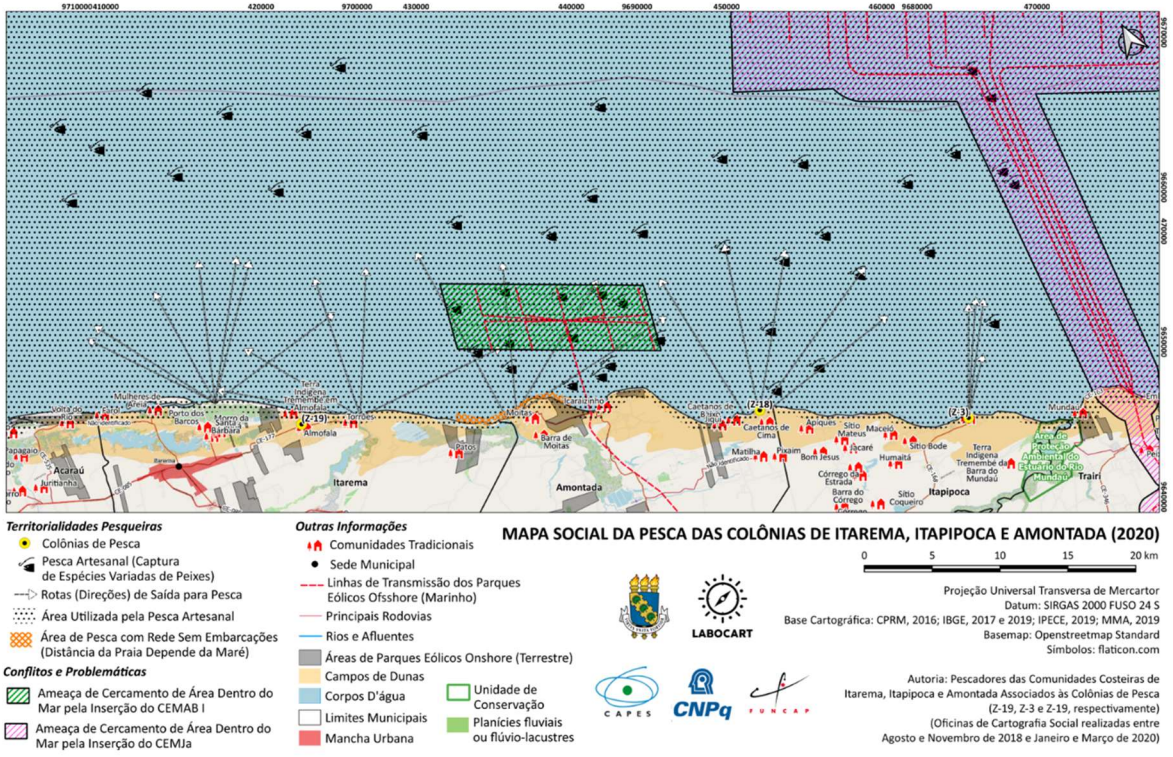


Figura 27.3. Mapa social da pesca elaborado com pescadores das colônias de pesca Z-3, Z-18 e Z-19.
Fonte: Adaptado do documento referente à Cartografia Social do ZEEC 2020 (em processo de finalização).

De modo geral, foram informados desde usos realizados na faixa praial (mariscagem, pesca desembarcada, extração de algas, etc.) e na borda da plataforma continental na pesca artesanal, a cerca de 50 a 70 km de distância da costa, práticas que atingem 800 milhas náuticas na pesca semiprofissional e profissional. Ainda foi possível adquirir informações sobre a biodiversidade existente em certas regiões do litoral pesquisado, como os locais de desova das tartarugas e de aparição de golfinhos e de baleias. Percebeu-se, por exemplo, que os locais de aparição de baleias é justamente onde pretendem inserir o CEMJa, destacando a necessidade de pesquisas acerca dos impactos dos PEOs sobre os mamíferos marinhos existentes no contexto brasileiro, uma vez que as pesquisas internacionais apontam impactos nessas espécies (Bergström et al., 2014; Bray et al., 2016).

Sobre a distância percorrida na pesca artesanal, os pescadores relataram que só param de avançar "*quando a linha de pesca não toca mais o fundo*" (Pescador D, jan. 2020, Itapipoca) e que, neste momento, decidem voltar para mais próximo do continente por medo da distância, por estarem em embarcações pequenas. Trata-se do momento em que os pescadores alcançam o limite da plataforma continental. Fica nítido com essa informação que toda a extensão da plataforma é utilizada por pescadores artesanais na região. Ainda neste aspecto, os pescadores forneceram informações sobre as rotas de saída para pesca que se encontram inseridas no mapa social (Figura 27.3). Em razão de grande parte dos pescadores utilizarem embarcações movidas a vento, as atuais rotas poderão ser severamente prejudicadas. Sobre isso, um pescador relatou que, por fazerem uso exclusivo do vento para se locomoverem, não conseguem direcionar facilmente suas embarcações (Pescador E, nov. 2018, Amontada). Ou seja, desviar do empreendimento se tornará uma árdua tarefa.

Ao observar a Figura 27.3, verifica-se a informação sobre os pontos de pesca fixos no mar e que são tradicionalmente reconhecidos e utilizados pelos pescadores da região. É interessante relatar que durante o período de mapeamento, foram registrados exemplos das nomenclaturas típicas atribuídas pelos pescadores aos pontos de pesca. Geralmente, estão relacionadas com os tipos de substratos e/ou rochas presentes no leito marinho, nome de pescadores ou o tipo de pescado que pode ser encontrado com mais frequência ao longo de toda área de pesca – os quais localizam-se dentro ou não da área dos projetos de PEOs. Alguns exemplos são: Risca de Baixo, Cascalho, Pedra da Sardinha, Buraco do Paru, Pedra do Eliésio. Tais informações, além de nomear o ponto, evidenciam forte uso do território marinho pelos pescadores, que demonstram laços de ancestralidade, conhecimento e histórico de uso com o espaço oceânico.

Para encontrar os pontos fixos, alguns pescadores utilizam técnicas mais antigas – alinhamento de certos objetos em terra –, assim como, mais recentemente, o registro de coordenadas em receptores de sinal de satélite, cuja prática é feita por boa parte dos pescadores. Durante as oficinas, além de fornecer o local dos pontos de pesca no mapa de esboço, alguns pescadores repassaram coordenadas de pontos que são de uso coletivo – o que facilitou o mapeamento. A inserção destes dados no QGIS evidenciou sobreposição entre os complexos eólicos e os locais onde a pesca é feita, sobretudo no local do projeto do CEMAB I que é mais próximo do continente. A construção deste projeto pode alterar o leito oceânico, provocando mudanças nos pontos de pesca, o que pode afastar os cardumes por um longo período de tempo, ou ainda, de forma definitiva.

Para colaborar com essa ideia, ao observarem o mapa dos projetos dos parques eólicos *offshore*, os pescadores da colônia Z-18, sobretudo da comunidade de Moitas, relataram que o local projetado para instalação do CEMAB I é uma região fortemente utilizada para a pesca artesanal. Isso demonstra um potencial pretexto para conflitos entre pescadores e proponentes do complexo eólico, uma vez que os PEOs são vistos como potenciais ameaças, especialmente devido ao cercamento de área marinha utilizada para pesca (Figura 27.3). Ao considerarem ambos projetos como potenciais ameaças, os pescadores relataram que essa opinião se fundamentava nas experiências com projetos de parques eólicos terrestres (*onshore*), atualmente existentes nas comunidades. Ao todo, são cerca de 38 parques *onshore* ao longo da zona costeira de Itarema, Amontada, Itapipoca e Trairi. Por esse motivo, ao serem questionados sobre as possíveis interferências dos projetos dos PEOs, grande parte dos pescadores demonstrou entender que sempre existem “pressões” dos empreendimentos eólicos sobre o território comumente utilizado pelas comunidades, impactando de diversas formas e em diferentes níveis seus modos de vida.

Neste contexto, a Figura 27.3 demonstra os locais onde existem empreendimentos eólicos *onshore.* A inserção dessa informação evidenciou um potencial acúmulo de impactos negativos nos ambientes terrestre e marinho. Alguns dos impactos negativos mencionados pelos pescadores, em relação aos parques eólicos *onshore* são: privatização e proibição do acesso a áreas anteriormente utilizadas pelos moradores; promessas de emprego que não foram cumpridas ou que foram restritas apenas à fase de construção, sendo necessário conhecimentos técnicos que, segundo os pescadores, a maioria dos moradores locais não apresentava; e medo contínuo de acidentes devido à proximidade das torres com as residências. Tais observações comprovam a existência de processos injustos em relação à implantação da energia eólica na região, em concordância com estudo de Leite (2019), além de demonstrar o receio da população em que as experiências negativas dos parques eólicos *onshore* sejam repetidas, ou mesmo maximizadas, na construção e operação dos parques eólicos *offshore*, cuja previsão de vida útil é estipulada em 25 anos (EPE, 2020).

O debate aqui proposto, fundamentou-se no conceito de justiça participativa e processual, cujo intuito, neste contexto, considera a ideia de efetiva atuação de agentes sociais locais nos processos

de tomada de decisão e da capacidade de influência sobre o desenvolvimento de projetos de PEOs. Destacam-se os seguintes pontos: 1) o fato de os pescadores não saberem dos projetos dos PEOs; e 2) a possibilidade da matriz *SWOT* e da CS serem instrumentos para facilitar a participação, já que foi comprovado que os pescadores têm ideias claras e precisas sobre o espaço marinho cobiçado pelos PEOs.

As informações obtidas podem ser estratégicas para os empreendedores no auxílio de concepção de *designs* mais adequados às realidades locais. Entretanto, não há garantia que as preocupações e anseios das comunidades locais serão atendidos. Para isso, compreende-se serem necessárias articulações no âmbito de políticas públicas que incentivem a promoção e a continuidade de programas e projetos voltados à participação social, e que seja analisada, de modo sério, profundo e com evidências científicas, a possibilidade da construção de parques eólicos *offshore* na região da costa oeste do Ceará, considerando-se a incompatibilidade das estruturas de engenharia com a atividade pesqueira, já prevista nos marcos orientadores publicados pelo Atlas Eólico e Solar do Ceará em dezembro de 2019 (Camargo Shubert Engenheiros Associados et al., 2019) e pela Empresa de Pesquisa Energética do Ministério das Minas e Energia do Brasil em abril de 2020 (EPE, 2020). Além disso, para que os conhecimentos tradicionais sejam valorizados, é preciso dar visibilidade aos pescadores e às comunidades locais, tanto pelos proponentes dos empreendimentos eólicos quanto pelo Estado que regulamenta o setor.

A elaboração da *SWOT* e a CS evidenciou que os pescadores serão prejudicados com a inserção dos empreendimentos. No caso de *Block Island*, Brink e Danton (2018) relataram que os pescadores observaram certas alterações nos recursos marinhos após inserção de apenas cinco torres eólicas. As autoras afirmam que as alterações negativas, por enquanto, são mais fortemente sentidas por eles. Relatam que os pescadores locais perceberam diminuição de peixes na área e arredores do PEO durante a fase de construção, citando o robalo, amplamente pescado no litoral do Ceará e com forte presença nos mercados locais e nacionais, como um dos pescados mais impactados.

Os dados do mapeamento participativo podem ser usados para identificar quem são os pescadores artesanais que terão seus pontos de pesca alterados. A população local, sobretudo os pescadores, de posse dessas informações podem comprovar, por exemplo, a necessidade de manutenção dos aspectos geobiofísicos da área, uma vez que a manutenção da dinâmica local é basilar para que a atividade pesqueira se mantenha. Já a partir da matriz *SWOT*, foi possível obter informações que podem ser utilizadas para esquematizar estratégias que melhorem a atividade pesqueira, como por exemplo: melhorias nas infraestruturas de cais, porto; necessidade de novas embarcações, ou de adaptação de motores nas embarcações existentes; programas educativos relativos à novas técnicas de pesca, etc. Além disso, foi possível perceber o desejo nos pescadores por estudos para a criação de projetos para cultivo de algas, diversificando a forma de trabalho local. Entende-se que iniciativas como essa devem coexistir com estratégias de auxílio na comercialização destes produtos, uma vez que a comunidade pode apresentar dificuldades de acesso à potenciais compradores.

Conclusões

A pesquisa apresentou resultados preliminares de métodos participativos com pescadores de três colônias (Z-3, Z-18, Z-19) do litoral oeste do Ceará. A compreensão dos locais utilizados pelos pescadores artesanais foi evidenciada. Desta forma, foi possível, com os métodos adotados, extrair potenciais causas para conflitos entre pescadores locais e proponentes de Parques Eólicos *Offshore* (PEOs).

A participação social foi realizada por meio da elaboração da matriz *SWOT* para o diagnóstico das colônias e fundamentado na Cartografia Social para construção de mapas sociais. Foram analisados aspectos internos e externos, positivos e negativos das colônias, bem como observou-se territorialidade marinha dos pescadores sobre a ótica de processos justos na implantação de projetos de PEOs (Complexo Eólico Marinho Asa Branca I e Complexo Eólico Marítimo Jangada). Estas metodologias possuem grande potencial para atendar às demandas da justiça participativa, visando aumentar a qualidade e as oportunidades para as pessoas afetadas participarem das discussões sobre os PEOs. A centralidade da discussão sobre os PEOs deve girar entorno da compatibilização entre a preservação ambiental, o desenvolvimento socioeconômico, a expansão energética de matriz renovável e a justiça distributiva e processual da implantação dos projetos nas comunidades.

A matriz *SWOT,* combinada com a CS, forneceu bases eficientes e precisas para a obtenção de dados sobre a capacidade de participação dos moradores locais nos processos dos PEOs. As metodologias adotadas se apresentam como meios para aumentar a qualidade da participação das comunidades locais nos projetos de PEOs. Um exemplo é a materialização dos locais de pesca que, com a ampliação e melhoria das técnicas aqui adotadas, podem fornecer dados robustos sobre o uso social marinho, bem como informações biofísicas preliminares do local.

No contexto analisado, tornou-se possível registrar, a partir do conhecimento tradicional dos pescadores, tipos de substratos e rochas existentes no leito oceânico. Além disso, o uso de tais ferramentas qualitativas indicaram várias áreas de potencial conflito entre os projetos dos empreendimentos eólicos marinhos e as comunidades de pescadores, como o impedimento no tráfego dos barcos, prejudicando as rotas de pesca, alteração do acesso à área de pesca em razão de mudanças no regime dos ventos e devido à possibilidade de interdição no tráfego dentro ou nas proximidades da área do parque, modificação dos pontos fixos de pesca tradicionalmente utilizados pelos pescadores, dentre outros.

Por outro lado, a *SWOT* possibilitou inferir sobre possíveis caminhos para estratégias que visem o desenvolvimento da atividade pesqueira na região, que incluem: melhorias nas infraestruturas de cais, porto e, se for o caso, construção de estaleiros, compra de novas embarcações, ou de adaptação de motores nas embarcações existentes, programas educativos relativos à novas técnicas de pesca; etc. De fato, as falas e os elementos adquiridos através da matriz *SWOT* trouxeram informações claras de possíveis impactos dos PEOs na atividade pesqueira local. Mediante ações conjuntas do poder público, informações de empreendedores e comunidade local, podem ser utilizados como subsídio para o planejamento de curto, médio e longo prazos com o objetivo de maximizar os impactos positivos e evitar os negativos.

Por fim, esta pesquisa traz a compreensão de que os diferentes aspectos ligados aos complexos eólicos marítimos poderão integrar o futuro da Geografia Marinha no Brasil, especialmente se os investimentos em descarbonização continuarem e se as políticas do governo permanecerem favoráveis. Sugere-se que pesquisas futuras devem se concentrar nos seguintes pontos: em modelos participativos que garantam eficácia na percepção dos territórios marinhos sem que haja prejuízo à soberania dos pescadores locais; na análise da variabilidade dos conhecimentos tradicionais dos participantes o que inclui a efetiva participação de mulheres nos grupos de trabalho

e, em investigações mais aprofundadas de como a justiça distributiva e participativa podem ser concretizadas nos diferentes contextos da inserção dos PEOs no litoral brasileiro.

Agradecimentos

Ao fomento desta pesquisa por meio de Bolsa CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e dos seguintes projetos: CAPES/PRINT Proc. 88887.312019/2018-00, PRONEM/FUNCAP/CNPq Proc. PNE 0112-00068.01.00/16 e PGPSE/CAPES Proc. n. 88887.123947/2016-00.

Ao pescador Leonardo Cordeiro de Sousa por suas valiosas contribuições na elaboração da Tabela 27.2.

Referências bibliográficas

4COFFSHORE. **Global Offshore Wind Farm Database**. Disponível em: < https://www.4coffshore.com/windfarms/> Acesso em: 8 mai. 2020

ACSELRAD, H. (Org.). **Cartografias sociais e território**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento urbano e Regional, 2008. 167p.

ALMASI, M.; MILOW, P.; ZAKARIA, R. M. Participatory mangrove forest management in the Carey Island, Malaysia. **Ukrainian Journal of Ecology,** v. 8, n. 3, p. 293–303, 2018.

ALMEIDA, B. F. M. A. **Cartografia Social e Conflitos Territoriais no Assentamento Sabiaguaba, Ceará, Brasil**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

BERGSTRÖM, L. et al. Effects of offshore wind farms on marine wildlife—a generalized impact assessment. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 3, p. 034012, 1 mar. 2014. Disponível em: <http://stacks.iop.org/1748-9326/9/i=3/a=034012?key=crossref.7a13f689ce96545b9902c9a9666f2435>.

BEZERRA, S. N. **A pesca de peixe com linha e rede no estado do Ceará**. 2013. 168 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, 2013.

BOSCH, J.; STAFFELL, I.; HAWKES, A. D. Temporally explicit and spatially resolved global offshore wind energy potentials. **Energy**, v. 163, p. 766–781, 2018.

BRAGA, M. S. C. **Embarcações a vela do litoral do estado do Ceará: construção, construtores, navegação e aspectos pesqueiros**. 2013. 342 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2013.

BRANNSTROM, C. et al. Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 62–71, 2017.

BRASIL. Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção I, 16 mar.2004., p. 1. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.847.htm> Acesso em: 05 abr. 2020.

BRASIL. Projeto de Lei N. 484, de 2017 (do Senado Federal) PLS N. 484/17. Dispõe sobre a ampliação das atribuições institucionais relacionadas à Política Energética Nacional com o objetivo de promover o desenvolvimento da geração de energia elétrica localizada no mar territorial e zona econômica exclusiva a partir de fonte eólica; e dá outras providências. **Diário do Congresso Nacional**, Brasília, Seção I, 5 dez. 2017. p. 941-950. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/diarios/BuscaPaginasDiario?codDiario=21194eseqPaginaInicial=941eseqPaginaFinal=950> Acesso em: 12 Dez. 2018.

BRAY, L. et al. Expected effects of offshore wind farms on Mediterranean Marine Life. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 4, n. 1, 2016.

BRINK, T. S. TEN; DALTON, T. Perceptions of Commercial and Recreational Fishers on the Potential Ecological Impacts of the Block Island Wind Farm (US). **Frontiers in Marine Science**, v. 5, n. November, p. 1–13, 2018.

BULL, J. W. et al. Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats: A *SWOT* analysis of the ecosystem services framework. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 99–111, 2016.

CAMARGO SHUBERT ENGENHEIROS ASSOCIADOS et al., **Atlas Eólico e Solar: Ceará.** Curitiba: Camargo Schubert; Fortaleza: ADECE, FIEC, SEBRA, 2019, 188p.

CAPELLÁN-PÉREZ, I.; CASTRO, C. de; ARTO, I. Assessing vulnerabilities and limits in the transition to renewable energies: Land requirements under 100% solar energy scenarios. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 77, p. 760–782, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117304720#!>. Acesso em: 18 nov. 2019.

CHAVES, C. R. O Discurso Manifesto Jamais-Dito Do Mapa: Mapeamento Participativo. **OLAM - Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 79–101, 2013.

CORBETT, J; et al. Overview: Mapping for Change – the emergence of a new practice. **Partipatory learning and action**. 2006, 8p

CORTINES, A. C. et al. Social Cartography and the Defense of the Traditional Caiçara Territory of Trindade (Paraty, RJ, Brazil). In: FILHO, W. L.; FREITAS, L. E. (Eds.). **Climate Change Adaptation in Latin America: Managing Vulnerability, Fostering Resilience**. 1. ed. [s.l.] Springer International Publishing, 2017. p. 445–456.

CRUZ-GONZÁLEZ, F. J.; PATIÑO-VALENCIA, J. L.; LUNA-RAYA, M. C.; CISNEROS-MONTEMAYOR, A. M. Self-empowerment and successful co-management in an artisanal fishing community: Santa Cruz de Miramar, Mexico. **Ocean and Coastal Management**, v. 154, n. January, p. 96–102, 2018.

DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. Curitiba, **Educar**, n. 24, p 213-225, 2004.

EDP. **Pecém: a usina**. Disponível em: < https://pecem.brasil.edp.com/pt-br/power-plant > Acesso em: 10 mai. 2020.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019:** ano base 2018. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, Brasil, 2019a, 245p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2019_WEB.pdf> Acesso em: 14 abr. 2020.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029.** Ministério de Minas e Energia, Brasília, Brasil, 2019b, 382p. Disponível em: < http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-422/PDE%202029.pdf> Acesso em: 14 abr. 2020.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **ROADMAP Eólica *Offshore* Brasil.** Perspectivas e caminhos para a energia eólica marítima. Rio de Janeiro, Brasil, 2020, 140p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf > Acesso em: 15 mai. 2020.

FRATE, C. A. et al. Procedural and distributive justice inform subjectivity regarding wind power: A case from Rio Grande do Norte, Brazil. **Energy Policy**, v. 132, p. 185–195, 2019.

GOMES, M. S. S. et al. Proposal of a methodology to use offshore wind energy on the southeast coast of Brazil. **Energy**, v. 185, p. 327–336, 2019.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. MEIRELES, A. J. A. **Impactos Socioambientais da Implantação dos Parques de Energia Eólica no Brasil**. 1 Ed. Fortaleza: Edições UFC, 2019, 304p.

GORAYEB, A; MEIRELES, A. J. A; SILVA, E. V. Princípios básicos de Cartografia e Construção de Mapas Sociais. In: GORAYEB, A.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V. da. **Cartografia Social e Cidadania**: experiências de mapeamento participativo dos territórios de comunidades urbanas e rurais. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2015.

GORAYEB, et al. Wind power gone bad: Critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy Research e Social Science**, v. 40, n. August 2017, p. 82–88, 2018.

GUIMARÃES, R. R; LOURENÇO, J. N. P; LOURENÇO, F. S. **Métodos e técnicas de diagnóstico participativo em sistemas de uso da terra. Manaus**: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007.

GWEC – Global Wind Energy Council. **Global Wind Report 2019.** March 2020. Bruxelas: Global Wind Energy Council, 2020. Disponível em: <https://gwec.net/download/118362/> Acesso em: 14 abr. 2020.

HELMS, M. M.; NIXON, J**. Exploring SWOT analysis – where are we now?** A review of academic research from the last decade. [s.l: s.n.]. v. 3

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa N. 138 de 6 de dezembro de 2006**. N. 234, dez. 2006.

KNOPP, G. Governança social, território e desenvolvimento. **Perspectivas em Políticas Públicas**, v. IV, n. n 8, p. 53–74, 2011. Disponível em: <http://revista.uemg.br/index.php/revistappp/article/view/916/616> Acesso em: 15 mai. 2020

LIEBE, U.; BARTCZAK, A.; MEYERHOFF, J. A turbine is not only a turbine: The role of social context and fairness characteristics for the local acceptance of wind power. **Energy Policy**, v. 107, p. 300–308, 2017.

LIMA, D. K. S. et al. Estimating the offshore wind resources of the State of Ceará in Brazil. **Renewable Energy**, v. 83, p. 203–221, 2015.

LEITE, N. S. **Respostas de comunidades ao desenvolvimento da energia eólica no litoral do Ceará**, Brasil. 2019. 252 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

MEIRELES, A. J. A.; GORAYEB, A. **A cartografia social vem se consolidando como instrumento de defesa de direitos**. 9 fev. 2014. Disponível em: <http://www.mobilizadores.org.br/entrevistas/cartografia-social-vem-se-consolidando-com-instrumento-de-defesa-de-direitos/> Acesso em: 24 nov. 2018.

MENDES, J. DE S.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Diagnóstico Participativo e Cortografia Social Aplicados aos Estudos de Impactos das Usinas Eólicas no Litoral do Ceará: O Caso da Praia de Xavier, Camocim. **Geosaberes**, v. 6, n. 3, p. 243–254, 2016.

MENEZES, C. R. et al. Diagnóstico da pesca artesanal na área de influência do Porto do Mucuripe, em Fortaleza (CE): subsídios à gestão pesqueira regional. **Sistemas e Gestão**, v. 14, n. 3, p. 279–290, 30 out. 2019. Disponível em: <https://revistasg.emnuvens.com.br/sg/article/view/1586>. Acesso em 20 mai. 2020

MILLER, L. M.; KEITH, D. W. Corrigendum: Observation-based solar and wind power capacity factors and power densities (Environmental Research Letters (2018) 13 (104008) DOI: 10.1088/1748-9326/aae102). **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 7, 2019.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação dos Zoneamentos Ecológico-Econômicos Costeiros (ZEEC) do Brasil** – Relatório final. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 2017.

PASQUALETTI, M. J. Social barriers to renewable energy landscapes. Geographical Review, v. 101, n. 2, p. 201–223, 2011.

PETROBRÁS. **Projeto de Monitoramento do Desembarque Pesqueiro Regional da Bacia do Ceará**. Resultados 2015. Natal: UO-RNCE, 2016.

POSSNER, A.; CALDEIRA, K. Geophysical potential for wind energy over the open oceans. In: Proceedings of the National Academy of Sciences, 43, **Anais**...24 out. 2017. Disponível em: <http://www.pnas.org/lookup/doi/10.1073/pnas.1705710114> Acesso em: 18 mar. 2019.

PUZATCHENKO, I.G. Pressupostos Para a Avaliação das Ações Antrópicas Sobre o Meio Ambiente. In: AB'SABER, A. N.; MÜLLER-PLANTENBERG, C. (Org.) **Previsões de Impactos**: O Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. 2. ed. São Paulo. Editora Universidade de São Paulo, 2006. p. 205-211.

SCHEIDEL, A.; SORMAN, A. H. Energy transitions and the global land rush: Ultimate drivers and persistent consequences. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 3, p. 588–595, 2012.

SILVA, A. R. et al. Complementarity of Brazils hydro and offshore wind power. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 56, p. 413–427, 2016.

SILVA, C. N. et al. Modo de vida e territorialidades de pescadores da comunidade Cajueiro em Mosqueiro (Belém-Amazônia-Brasil). **Revista NERA**, v. 20, n. 40, p. 246–272, 2017.

SIMON T. et al. Fish assemblage on shipwrecks and natural rocky reefs strongly differ in trophic structure. **Marine Environmental Research.** v. 90, p. 55-65. 2013

SOVACOOL, B. K. et al. The whole systems energy injustice of four European low-carbon transitions. **Global Environmental Change**, v. 58, 2019.

SOVACOOL, B. K.; LAKSHMI RATAN, P. Conceptualizing the acceptance of wind and solar electricity. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 7, p. 5268–5279, 2012

TAENA, W. et al. An Institutional Model of Transboundary Watershed Management Toward Sustainable Development. **Jurnal Manajemen Hutan Tropika (Journal of Tropical Forest Management)**, v. 22, n. 1, p. 35–46, 2016

TAVARES, L. F. A et al. Assessment of the offshore wind technical potential for the Brazilian Southeast and South regions. **Energy**, v. 196, 2020.

QUEIROZ, et al. The social and economic framework of artisanal fishing in the State of Ceará, Brazil. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 11, p. 180 - 198, abr. 2020. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/871>. Acesso em: 20 maio 2020.

VANCLAY, F. International principles for social impact assessment. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 21, n. 1, p. 5–12, 2003.

VAN HAL, R. et al., Changes in fish communities on a small spatial scale, an effect of increased habitat complexity by an offshore wind farm. **Marine Environmental Research**, v. 126, p. 26-36, 2017.

VEERS, P. et al. Grand challenges in the science of wind energy. **Science**, v. 366, n. 6464, 2019.

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico Rural Participativo**: Um guia prático. Brasília: MDA/Secretaria da Agricultura Familiar, 2006, 65p.

VIEGAS, M. D. C.; MONIZ, A. B.; SANTOS, P. T. Artisanal Fishermen Contribution for the Integrated and Sustainable Coastal Management – Application of Strategic *SWOT* Analysis. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 120, p. 257–267, mar. 2014.

VOLKER, P. J. H. et al. Prospects for generating electricity by large onshore and offshore wind farms. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 3, 2017.

WALKER, C.; BAXTER, J. "It's easy to throw rocks at a corporation": wind energy development and distributive justice in Canada. **Journal of Environmental Policy and Planning**, v. 19, n. 6, p. 754–768, 2017a.

WALKER, C.; BAXTER, J. Procedural justice in Canadian wind energy development: A comparison of community-based and technocratic siting processes. **Energy Research e Social Science**, v. 29, p. 160–169, jul. 2017b.

WÜSTENHAGEN, R.; WOLSINK, M.; BÜRER, M. J. Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. **Energy Policy**, v. 35, n. 5, p. 2683–2691, 2007.

XAVIER, T. GORAYEB, A. BRANNSTROM, C. Parques Eólicos *Offshore* no Brasil e os Potenciais Impactos Sociais: Aplicação de Matrizes *SWOT*. In.: GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. MEIRELES, A. J. A. **Impactos Socioambientais da Implantação dos Parques de Energia Eólica no Brasil**. 1 Ed. Fortaleza: Edições UFC, p. 145-156, 2019.

Thomaz Xavier é geógrafo, doutorando em Geografia na Universidade Federal do Ceará, Brasil. Integra o Laboratório de Geoprocessamento e Cartografia Social (Labocart) do Departamento de Geografia da UFC. Participa de pesquisas nas áreas de Cartografia, Geoprocessamento, Mapeamento e Veículos Aéreos Não-Tripulados, Mapeamento Participativo e Políticas Socioambientais. E-mail txavier@alu.ufc.br. CV: http://lattes.cnpq.br/0799116321029037

Adryane Gorayeb é geógrafa, Doutora em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP-Rio Claro, Brasil. Coordena a Pós-Graduação em Geografia (nota 6/CAPES) e o Laboratório de Geoprocessamento e Cartografia Social (Labocart) do Departamento de Geografia da UFC. Em 2016, concluiu Pós-Doutorado em Geografia pela Texas A&M University/EUA sobre Energias Renováveis e, atualmente, lidera o Observatório da Energia Eólica (http://www.observatoriodaenergiaeolica.ufc.br/). E-mail gorayeb@ufc.br. CV: http://lattes.cnpq.br/7909668389011966

Christian Brannstrom é graduado em Relações Internacionais, Doutor em Geografia pela Universidade de Wisconsin, Madison EUA. Atualmente é Professor – Texas A&M University e Professor Visitante da Pós-Graduação em Geografia (nota 6/CAPES) da UFC. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geografia da Energia e Geografia Histórica. E-mail cbrannst@geos.tamu.edu. CV: http://lattes.cnpq.br/4352682216800131

Capítulo 28

Vulnerabilidade costeira: conceitos, abordagens e aplicações

Flavia Moraes Lins-de-Barros; Davis Pereira de Paula; Paulo Henrique G. de Oliveira Sousa

Introdução

Pesquisas sobre vulnerabilidade costeira tornaram-se cada vez mais numerosas a partir, principalmente, da década de 1990, tendo como um dos marcos a divulgação pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC, de relatórios sobre os perigos da subida do nível do mar e noções relacionadas à vulnerabilidade e às formas de adaptação aos impactos de erosão e inundação. Após 30 anos destes relatórios, o conceito de vulnerabilidade costeira pode ser considerado um conceito-chave para a gestão costeira, envolvendo desde a compreensão dos fenômenos físico-naturais, como também os processos sociais. O presente capítulo busca contribuir com o debate acerca do conceito de vulnerabilidade, apresentando diferentes abordagens metodológicas e aplicações.

O conceito de vulnerabilidade é utilizado por diferentes setores da sociedade: gestores, cientistas, jornalistas, população, políticos, etc. A formação acadêmica ou a vivência profissional podem gerar divergências no entendimento deste conceito. De acordo com Nguyen et al. (2016), o conceito de vulnerabilidade deve considerar a situação específica, ou seja, deve estar clara a ameaça ou perigo relacionado à condição de vulnerabilidade. Essa situação se destaca por reduzir confusões acerca da abordagem da vulnerabilidade. É comum que artigos científicos apresentem conceitos adaptados para seus objetivos e áreas de estudo (Serafim et al. 2019).

▪ COMO CITAR:
LINS-DE-BARROS, F. M.; PAULA. D. P. de; SOUSA, P. H. G. Vulnerabilidade costeira: conceitos, abordagens e aplicações. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 631-654. ISBN 978-65-992571-0-0

Em análise da literatura específica sobre vulnerabilidade costeira, Lins-de-Barros (2009) verificou esta dificuldade de conceituação e destacou uma confusão entre os conceitos de risco e vulnerabilidade. A autora destaca que o conceito de risco está relacionado com a probabilidade de ocorrência de um determinado perigo. Como afirmou Gallais (1994 apud Aneas de Castro 2000), o risco representa algo futuro, ou seja, refere-se à alguma ameaça ou perigo que poderá ocorrer. A efetivação do perigo resulta em um desastre. A vulnerabilidade, por sua vez, está relacionada ao grau de impacto que tal desastre pode causar, sendo influenciada pela exposição de uma comunidade ou de um sistema ambiental ao perigo, seu grau de suscetibilidade e resiliência, e os impactos causados (Figura 28.1).

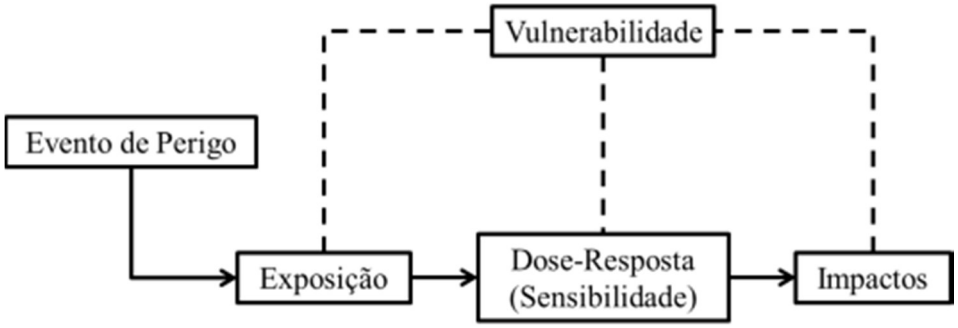


Figura 28.1. Quadro da relação risco x perigo, em linhas sólidas, e sua relação implícita, linhas pontilhadas, com o conceito de vulnerabilidade.
Fonte: adaptado de Turner et al. (2003).

Nota-se, portanto, que o conceito de vulnerabilidade apresenta relação direta e indireta com outros conceitos que, no caso da zona costeira, envolvem principalmente os perigos como a elevação do nível do mar (FU et al., 2019), as inundações (Kulp e Straus, 2019), os tsunamis (Voulgaris e Murayama, 2014) e a erosão costeira (Díaz-Cuevas, Prieto-Campos e Ojeda-Zújar; 2020), esta última figurando como um dos perigos mais abordados nas avaliações de vulnerabilidade costeira. Vale lembrar, no entanto, que outros perigos ou ameaças podem ser abordados por este conceito, como a poluição e a crise econômica.

Nesse contexto, o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction – UNDRR*), lançou em 2009 uma publicação de terminologias com vistas a apresentar um melhor entendimento e uso comum de termos aplicados à redução de desastres. O glossário de terminologias deste órgão, disponível atualmente no endereço <https://www.undrr.org/terminology>, define o termo vulnerabilidade como sendo: "*condições determinadas por fatores ou processos de origem física, social, econômica e ambiental, que aumentam a suscetibilidade de um indivíduo, uma comunidade, bens ou sistemas a impactos de perigos*". As condições que se relacionam com o aumento da suscetibilidade e dos impactos, mencionadas nesta definição, estão associadas com o grau de exposição a determinado perigo e com a capacidade de adaptação ou resiliência, sendo esta a ideia central do conceito de vulnerabilidade (Adger et al., 2004; Woodrofe, 2011; McFadden, 2007, Lins-de-Barros, 2017, e outros). Finalmente, considerando as atividades humanas espacializadas na zona costeira, cada vez mais entende-se que integrar perspectivas físicas, ecológicas e socioeconômicas na avaliação da vulnerabilidade costeira é um desafio necessário (McFadden, 2007; Sousa et al., 2013; Lins-de-Barros, 2017).

Avaliação da vulnerabilidade costeira

Factualmente, há uma complexidade em se avaliar a vulnerabilidade da zona costeira, seja em razão da quantidade de variáveis envolvidas (processos), tipos de perigos e das diversidades de paisagens. Isso dificulta a definição de um método de avaliação da vulnerabilidade que possa ser aplicado a diferentes tipos de costas, implicando em estudos com abordagens e escalas diferentes. A escolha dos indicadores para avaliar a vulnerabilidade da zona costeira deve levar em consideração parâmetros físicos, biológicos e socioeconômicos, escala adequada de análise, tipo de perigos e características regionais, para uma abordagem que englobe de forma integrada as peculiaridades de cada área de estudo.

Segundo McLaughlin et al. (2002), as perturbações físicas que são geralmente consideradas para formular índices de vulnerabilidade costeira incluem a erosão costeira, as inundações, as tempestades, a elevação do nível do mar e os impactos das atividades humanas. Em relação à vulnerabilidade física, social e ecológica frente a subida do nível do mar, a construção de índices e mapeamentos tornou-se cada vez mais difundida a partir, principalmente, do desenvolvimento do índice de vulnerabilidade costeira (CVI – *coastal vulnerability index*) elaborado por Gornitz et al. (1994). Este índice foi adaptado por inúmeros autores em diversos países que apresentam propostas, não apenas para a vulnerabilidade à subida do nível do mar, mas também para outros desastres naturais costeiros. O índice considera variáveis como os aspectos geomorfológicos, especialmente a declividade e altitude das praias, a energia de ondas, a variação da maré e a taxa de subida do nível do mar. Outras variáveis mencionadas em alguns trabalhos são a cobertura vegetal, tipo de material da praia (arenoso ou rochoso) e granulometria.

Na literatura sobre vulnerabilidade socioeconômica aos riscos de tempestades, envolvendo não apenas a ação das ondas, mas também dos ventos e das chuvas (enchentes, deslizamentos), as variáveis mais citadas para a diferenciação da vulnerabilidade são a estrutura familiar, idade, raça, etnia, tipo de construção, recursos materiais, meios de transporte e de comunicação e outros serviços (Clark et al., 1998). Outros aspectos menos citados são, por exemplo, a imigração e a educação (op. cit.). Para Adger (2001) a vulnerabilidade social é diferenciada pelos níveis de igualdade, diversidade de formas de sustento, potencialidade de ocorrer impacto climático, e formas institucionais apropriadas. Cutter et al. (2003) apontam para a pouca atenção dada à dimensão social da vulnerabilidade e atribuem este fato à dificuldade em se quantificar as variáveis sociais. Nugyen et al. (2016) em avaliação de mais de 50 publicações sobre vulnerabilidade costeira apontam outras variáveis menos comuns utilizadas nos estudos com enfoque social, como o tipo de o uso de tecnologias, a infraestrutura, as ferramentas de intervenções e a capacidade institucional. Os autores ressaltam ainda que existe pouca consistência na seleção de indicadores socioeconômicos de exposição e de adaptação quando comparados com a escolha de indicadores geobiofísicos para definição da vulnerabilidade (op. cit.).

Pesquisas que consideram os perigos da elevação do nível do mar (Gornitz, 1991; Kane et al., 2015) e dos impactos da erosão costeira (Mazzer et al., 2008; Lins-de-Barros e Muehe, 2013; Alexandrakis e Poulos, 2014; Andrade et al., 2019), das inundações (Sadeghi-Pouya *et al*., 2017; Martínes-Graña et al., 2016; Helderop e Grubesic, 2019) são exemplos, dentre muitos outros, de pesquisas que utilizam indicadores e aplicações em áreas e escalas diferentes. Lins-de-Barros (2017) apresentou um estudo que aborda dimensões físicas, socioeconômicas e ecossistêmicas para a Região dos Lagos no Rio de Janeiro. O estudo mostrou uma forma inovadora de abordar a vulnerabilidade costeira a partir de uma análise integrada. Estudos dessa natureza são ferramentas importantes para gestão, planejamento e tomada de decisão na zona costeira, especialmente em um cenário de mudanças climáticas.

No que diz respeito às metodologias de análise da vulnerabilidade costeira, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são largamente utilizados para a organização e integração dos dados

e para apresentar a distribuição da vulnerabilidade ao longo das áreas estudadas. Ao avaliar processos de inundação costeira, Seenath et al. (2016) ressaltam que SIG é uma ferramenta que pode ser rapidamente aplicada para avaliação de grandes áreas susceptíveis à inundação, enquanto modelos numéricos hidrodinâmicos são importantes na avaliação em escala local.

O mapeamento da vulnerabilidade costeira foi revisado por Bukvic et al. (2020), os autores realizaram uma revisão de literatura que aborda vulnerabilidade social e física a perigos costeiros. Eles observaram que a maior parte dos estudos tinham aplicação local, com pouca inserção de considerações sociais e limitada discussão de aspectos políticos. Em estudos de vulnerabilidade, a maior crítica é a necessidade de uma padronização metodológica (Adger, 2006; Soares, Gagnos e Doherty, 2012; Serafim et al., 2019). Com base na revisão analisada, Bukvic et al. (op cit.) propõem as seguintes recomendações relacionadas ao mapeamento da vulnerabilidade (tabela 28.1):

Tabela 28.1. Resumo das recomendações para o mapeamento da vulnerabilidade

Sugestões	Descrições
A abordagem deve ser personalizada para a área estudada	▪ Alinhar a abordagem metodológica às peculiaridades do local estudado; ▪ Considerar a disponibilidade de dados, os recursos locais e o público-alvo.
Selecionar uma escala e conjunto de dados adequados	▪ A escala deve ser definida antes da realização do estudo; ▪ O conjunto de dados deve ser adequado à escala de trabalho.
Seguir boas práticas cartográficas	▪ Atentar para as regras cartográficas aplicadas ao produto final, pois o mapa de vulnerabilidade costuma ser o principal resultado dos estudos realizados; ▪ O mapa deve ser objetivo, conter todos os elementos e legendas para uma compreensão precisa por parte de um público diversificado, como sociedade civil e tomadores de decisão; ▪ Inserir todas as informações necessárias para que o leitor compreenda a localização dos setores estudados.
Adotar uma perspectiva holística	▪ Utilizar uma abordagem multidisciplinar que permita um mapeamento que integre variáveis físicas e socioeconômicas que permitam a aplicação na tomada de decisão.
Destacar a contribuição para a tomada de decisão	▪ Apontar qual ou quais são as contribuições para a gestão e/ou planejamento que devem ser levadas em conta por gestores e tomadores de decisão
Quando possível, incluir uma abordagem participativa	▪ Os moradores têm um conhecimento abrangente da região onde vivem; ▪ Melhora a confiabilidade e transparência dos resultados entre os tomadores de decisão; ▪ É indicada para estudos locais.
Destacar as incertezas e validações do mapeamento	▪ É importante para conduzir a tomada de decisão.

Fonte: adaptado de Bukvic et al., 2020.

Com isso, observa-se que os estudos de vulnerabilidade costeira apresentam limitações que vêm sido discutidas e melhoradas ao longo dos anos. Vários autores destacam a importância da análise local e integrada, considerando variáveis físicas e socioeconômicas, para que a avaliação da vulnerabilidade possa ser confiável e útil para a gestão da zona costeira. A escala é um fator primordial a ser considerado nos estudos de vulnerabilidade. As relações de uso e ocupação do solo têm papel determinante no balanço sedimentar da zona costeira. Por fim, o SIG é uma ferramenta importante para apresentar os resultados, sintetizar a vulnerabilidade e conduzir ações de planejamento e gestão na zona costeira.

Aplicações do conceito de vulnerabilidade costeira

- **Vulnerabilidade à subida do nível do mar e eventos de ressaca**

O clima do planeta está mudando rapidamente como bem registrado em diversos meios científicos de comunicação. Nestes, é quase unânime que as atividades humanas, incluindo aquelas responsáveis pelas emissões dos gases de efeito estufa (G*reenhouse Gases*), estão acelerando os efeitos das mudanças climáticas, com repercussão no aumento das temperaturas médias globais (IPCC, 1990; Ledley *et al*., 1999; Montzka et al., 2011). Diante de todas as evidências científicas apresentadas nas últimas décadas, observou-se um esforço em tentar compreender as causas, os efeitos e as consequências das mudanças climáticas globais, pois, em meio a uma situação anômala para a sociedade, é preciso observar e avaliar minuciosamente as informações científicas, pois, quando metodologicamente bem consolidadas, permitem acompanhar as tendências climáticas e os impactos futuros com repercussão nas cidades costeiras.

As mudanças climáticas globais têm efeitos econômicos, sociais, políticos e culturais, como apontam os diversos relatórios produzidos pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas[10] (IPCC), estando hoje em seu sexto relatório temático (AR6). Além disso, diversos pesquisadores, em todo o mundo, têm produzido informações importantes em escalas distintas de análise, pois talvez esta seja a grande questão a ser debatida nos próximos anos. A subida do nível do mar é consenso, a sua aceleração é que ainda não (Nicholls e Cazenave, 2010; Dasgupta et al., 2007; Vafeidis et al., 2008; Thorne et al., 2018; Taherkhani et al., 2020; Vousdoukas et al., 2020), pois não se sabe, ainda, com riqueza de detalhes (em termos de escala), o quão rápido o nível do mar subirá nos distintos trechos costeiros mundiais. Deste modo, a subida do nível do mar depende de componentes físico-naturais globais, regionais e locais, tendo a denominação mudança relativa do nível do mar (local), o termo apropriado (Nicholls e Leatherman, 1996; Douglas, 2001; Nicholls, 2002; Carbognin et al., 2009).

Alisson e Basset (2018) destacam a existência de uma ramificação de efeitos e consequências ambientais e socioeconômicas que estão associadas às mudanças climáticas em curso. Dentre eles, é possível ressaltar a preocupação com a cadeia associada à subida do nível do mar e seus impactos negativos no turismo, infraestrutura portuária, serviços portuários, indústria de óleo e gás, desenvolvimento costeiro, dentre outros. Os autores destacam como efeito positivo os avanços na Ciência e Tecnologia (CeT), com investimentos em inovação e desenvolvimento de métodos e técnicas de proteção costeira e aquisição de dados.

O impacto da subida do nível do mar sobre a sociedade tem influências e efeitos variáveis como descrito anteriormente, porém se torna preocupante quando se observam os valores naturais, sociais e econômicos localizados na zona costeira. Esse cenário torna-se ainda mais alarmante

[10] https://www.ipcc.ch/library/

quando se tem em conta o forte adensamento populacional vivendo nos primeiros 100 quilômetros de distância da costa. Conforme relatório do SEDAC (*Socioeconomic Data and Applications Center*) e do informativo da 2017 *United Nations Ocean Conference*, quase 2,4 bilhões de pessoas vivem nesse espaço, sendo que mais de 600 milhões moram em áreas costeiras que estão a menos de 10 metros acima do nível do mar atual[11] (Mcgranahan *et al.*, 2006 e 2007).

De uma forma sintética, os fatores que contribuem para subida do nível do mar global são bem conhecidos na literatura internacional. É importante destacar que também existem variações do mar regionais e locais que precisam ser consideradas nesse contexto global que expõe as comunidades litorâneas aos riscos costeiros. Logo, os territórios costeiros, especialmente aqueles densamente povoados e assentados em terrenos de baixa topografia (<10 m acima), são notadamente vulneráveis à subida do nível do mar e ao aumento na frequência de tempestades e eventos de ressaca do mar. Nesse caso, há uma interação objetiva entre riscos, exposições, impactos e vulnerabilidade à subida do nível do mar com consequência direta e indireta para as comunidades costeiras (Figura 28.2).

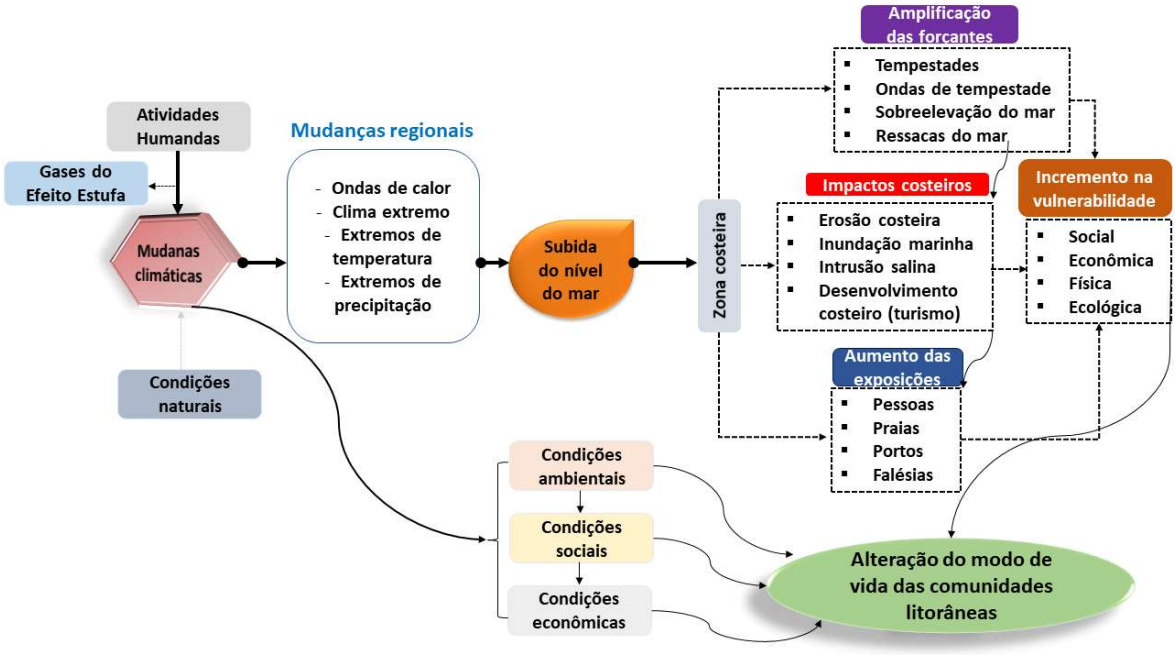


Figura 28.2. Síntese da cadeia de processo e resposta associadas a subida do nível do mar e impactos em áreas costeiras.

Fonte: Elaborado por Davis Pereira de Paula.

A cadeia de processos e respostas a uma subida do nível médio do mar é composta por uma interação entre componentes físico-naturais e socioeconômicos. Nesse sentido, é importante destacar o estudo desenvolvido por Luijendijk et al. (2018), em que os resultados da análise do estado da linha de costa por satélite mostram que 24% das praias do mundo estão em erosão, 48% estáveis e 28% em acreção. Recentemente, um estudo publicado por Vousdoukas et al. (2020), indica que a combinação dos mesmos fatores pode resultar na extinção de quase metade das praias do mundo até 2100. Esse resultado é bastante preocupante, mas sua escala de análise não leva em consideração os fatores regionais e locais, podendo haver aí uma simplificação, pois o balanço

[11] Centre for Ecological Economics and Natural Resources, Institute for social and Economic Change, Bangalore

sedimentar das praias e os processos costeiros relacionados não são considerados na análise. Cooper et al. (2020) afirmam que na análise da erosão costeira devem ser considerados os fatores locais, regionais e globais, evitando assim análises deficitárias e construção de cenários não confiáveis.

Na literatura mundial, está bem estabelecido que a subida do nível do mar resulta no agravamento dos problemas de erosão costeira e aumento na frequência de eventos extremos de ressaca do mar que provocam inundações marinhas. No Brasil, não é diferente: existem estudos publicados na linha associativa dos efeitos das mudanças climáticas com repercussão na zona costeira (Muehe, 2010; Costa et al., 2010; Nicolodi e Petermann, 2010). Em setembro de 2009, foi criado o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC)[12] pelo então Ministério da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, tendo como objetivo norteador avaliar cientificamente os efeitos das mudanças climáticas, incluindo impactos, vulnerabilidade e ações de intervenção (adaptação e mitigação).

Em 2016, o PBMC publicou um relatório especial intitulado *Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas,* tendo como objetivo precípuo avaliar o comportamento das cidades brasileiras frente às mudanças climáticas e seus impactos (PBMC, 2016). O estudo identificou que há uma carência de um melhor conhecimento dos riscos e das respostas das cidades aos eventos climáticos extremos, como no caso das ressacas do mar que atingem severamente as frentes marinhas urbanas (ex.: Rio de Janeiro, Fortaleza e Santos) ao longo da costa brasileira (Figura 28.3).

Em se tratando da discussão e dos esforços para ampliar os conhecimentos sobre os problemas costeiros no Brasil, é indispensável destacar atuação de Muehe (2006 e 2018) na organização dos livros Erosão e progradação do litoral brasileiro (2006) e Panorama da erosão costeira no Brasil (2018). Nesse mesmo sentido, mas não menos relevante, a publicação intitulada de *Brazilian beach systems*, organizado por Short e Klein (2016), aborda o estado morfodinâmico das praias brasileiras. Claro que existem outras tantas publicações importantes no Brasil, não se resumindo ao universo aqui destacado. As publicações destacadas anteriormente contribuem para melhorar o conhecimento científico e amplificar os resultados de diversos estudos realizados em escala regional, permitindo contribuir de uma forma mais eficiente para compreensão dos desafios que estão associados à gestão costeira de orlas vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas globais em curso.

[12] Disponível em: http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/index.php/pt/

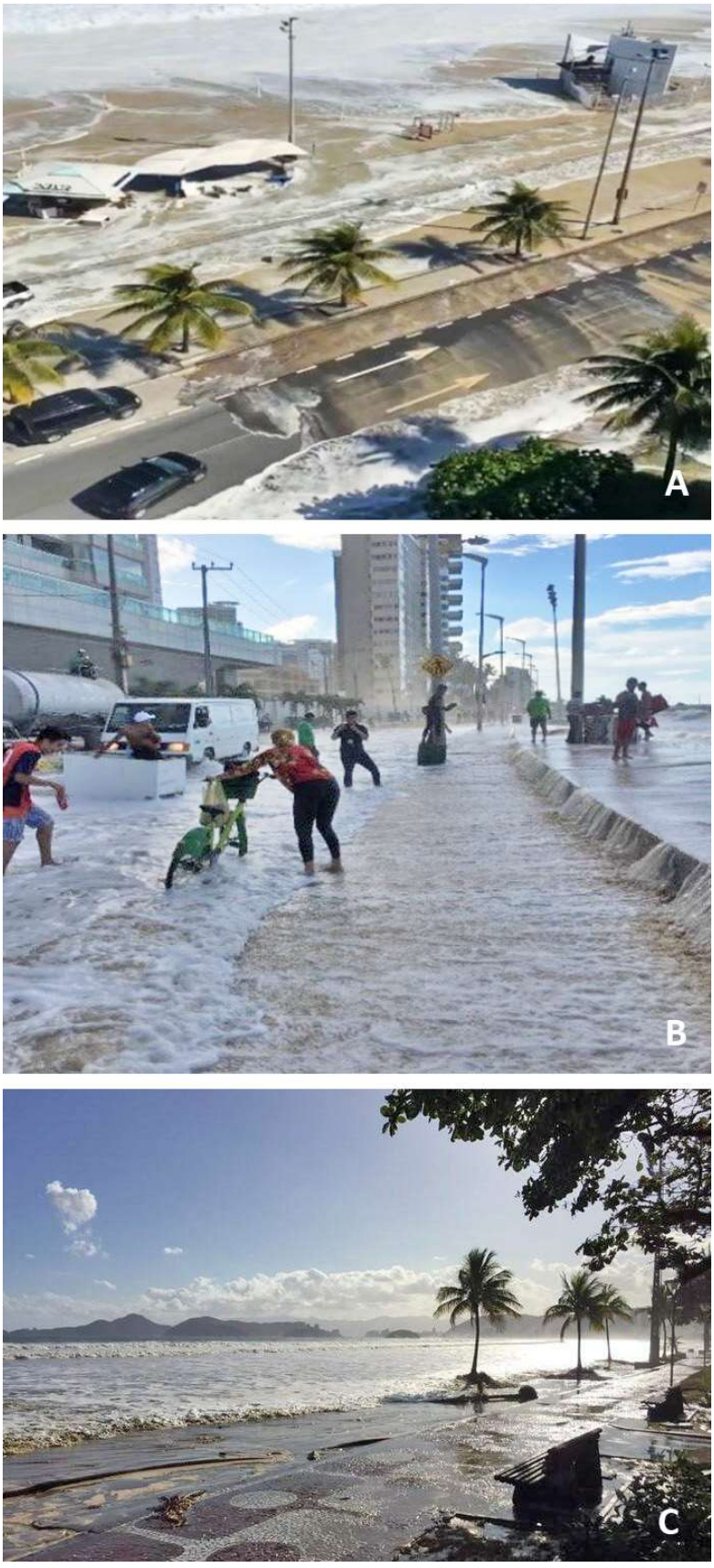


Figura 28.3. Áreas urbanas, no Rio de Janeiro/ RJ (A), Fortaleza/ CE (B) e Santos/ SP (C), com inundação temporária provocada por ação de eventos de ressaca do mar.

Fonte: (A) autor desconhecido; (B) Foto de Eduardo Barros; e (C) Foto de Matheus Tagé/ AT.

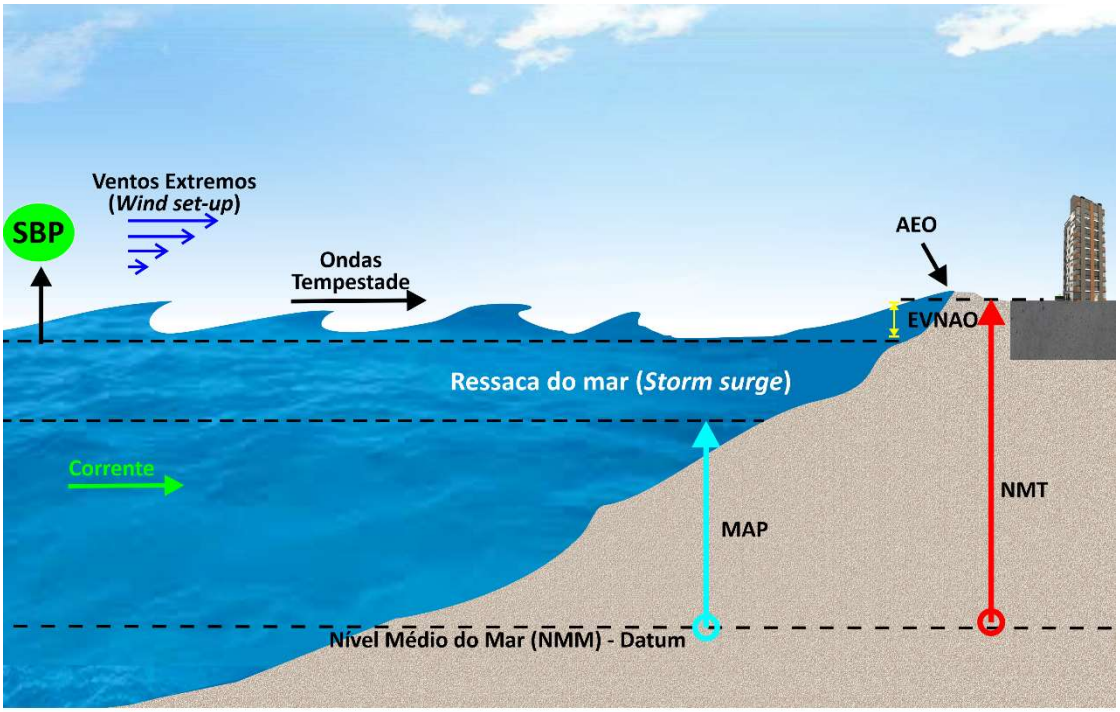
Ressacas do mar: conceitos, componentes e abordagens

No Brasil, mais de 60% da população se aglomera em cidades costeiras (PBMC, 2016), que, por sua vez, estão avançando ou já avançaram em direção ao mar, impulsionadas tanto pelo turismo, como pelo desenvolvimento costeiro de atividades antropogênicas (moradia, comércio, recreação, proteção e outras) que degradam a paisagem à beira-mar, tornando-as mais vulneráveis do ponto de vista físico (ex.: construções), ambiental/ecológico (ex.:. dunas e cobertura vegetal), social (ex.: densidade populacional, renda e condições de habitabilidade) e econômico (ex.: setores produtivos da economia) à ação de eventos meteorológicos extremos.

O relatório do PBMC (2016) afirma que as "*inundações intensas podem ser mais frequentes, porque o período de retorno pode diminuir e áreas costeiras urbanas podem ser particularmente afetadas*" (PMBC, 2016, p.40). Nesse caso, é preciso compreender cientificamente como as ressacas do mar se formam e impactam as comunidades costeiras. Paula e Dias (2015) reuniram pesquisadores brasileiros, portugueses e espanhóis para discutir conceitos, métodos, históricos de ocorrência, processos, impactos e gestão das ressacas do mar em trechos costeiros com diferentes paisagens físicas e humanas. A publicação foi intitulada de Ressacas do mar/temporais e gestão costeira, uma das primeiras obras no Brasil que trata exclusivamente do tema.

O termo ressaca do mar, por vezes, não é bem compreendido na literatura científica internacional, e até mesmo, nacional, gerando leituras distintas e confusas. Conforme Paula (2012), o termo usado no Brasil pode ser comparado ao termo anglo-saxônico *storm surge*. O *storm surge* está relacionado com sistemas de baixa pressão ou ventos fortes que induzam o empilhamento de água no litoral. A combinação de *storm surge* e ondas de gravidade é o principal problema para as comunidades costeiras. Deste modo, para o mesmo autor, trata-se de um fenômeno costeiro natural resultante de uma forçante que ocasiona o aumento extremo do nível das águas do mar, ou empilhamento vertical da massa de água (*set-up*), junto à costa, provocando uma sobre-elevação momentânea do nível total de água (*total water levels*). Este aumento do nível vertical de água é denominado de ressaca do mar quando provoca efeitos negativos junto à costa com inundações extremas (*extreme water levels*), como observado anteriormente, nos casos do Rio de Janeiro, Fortaleza e Santos. Além da ação dos ventos e das ondas, ressalta-se também a influência da maré astronômica que altera o nível do mar local, e o alcance da onda na cota (*run-up*).

Teoricamente, os componentes atuantes em um evento de ressaca do mar podem ser observados na Figura 28.4. No Brasil, ainda podemos destacar os estudos desenvolvidos por Melo e Alves (1993) ao analisarem as condições meteorológicas do Atlântico Norte para a chegada de ondas *Swell* no NE; Camargo e Harari (1994) ao observarem os casos de sobre-elevação do nível do mar em eventos de frente fria no Sudeste do Brasil; Belém (2007), identificou evidências que podem contribuir para o aumento do nível do mar nas cidades de Fortaleza-CE, Rio Grande-RS e Salvador-BA a partir de um levantamento de dados sinóticos; Siegle e Calliari (2008) ao analisarem o impacto de temporais na costa Sul do Brasil; Serpa et al. (2011), que analisaram a contribuição das ressacas do mar e seus impactos na Praia do Cassino, Sul do Brasil; Guerra (2014), que trabalhou com a vulnerabilidade de praias urbanas à ação de ondas de tempestade em Fortaleza; Bulhões et al. (2014), que analisaram os impactos costeiros oriundos de ondas de no litoral do Rio de Janeiro; Souza et al. (2015), que avaliaram a ocorrência das ressacas do mar, entre os anos 1961 e 2011, na Baixada Santista-SP; Lins-de-Barros et al. (2016; 2018), que analisaram as adaptações e percepções da população afetada por uma ressaca do mar no Rio de Janeiro e analisaram o histórico de ressacas em aproximadamente 30 anos para o estado do Rio de Janeiro; Maia e Pinheiro (2016), que realizaram uma análise dos eventos de alta energia e suas consequências para a zona costeira do município de Aquiraz-CE. É evidente que existem inúmeros outros estudos desenvolvidos sobre a temática aqui abordada, sendo necessário evidenciá-las de uma forma mais abrangente para a sociedade e para os gestores políticos do litoral.



EVNAO - Empilhamento vertical do nível da água por quebra da onda (*Wave set-up*)
MAP - Maré alta prevista (*Expected high tide*)
AEO - Alcançe do espraio da onda (*wave run-up*)
SBP - Sistema de Baixa Pressão (tempestade)
NMT - Nível de mar total (ou nível do mar local).

Figura 28.4. Esquema gráfico da síntese dos componentes físicos atuantes em um evento de ressaca do mar.
Fonte: Elaborado por Davis Pereira de Paula.

Abordagens metodológicas para lidar com a erosão costeira

Atualmente, existem métodos que permitem qualitativamente e/ou quantitativamente avaliar, estimar e valorar a vulnerabilidade (ex.: social, econômica, ambiental) e os impactos costeiros (ex.: erosão e inundação) à ocorrência de ressacas do mar. Nas últimas décadas foi notório o desenvolvimento de novas técnicas, ferramentas e métodos para determinar a evolução costeira associada a subida do nível do mar. Decerto, nem todos os métodos levam em consideração os aspectos naturais em escala regional, como já destacado anteriormente. Por isso, é necessária uma atenção particular aos objetivos específicos de cada estudo, respeitando os critérios científicos adotados e evitando extrapolações desnecessárias dos resultados.

De uma forma geral, avaliar a vulnerabilidade e impactos costeiros associados aos eventos de ressaca do mar, passa pelo conhecimento dos componentes da paisagem (ex.: praias, dunas, falésias), dos processos marítimos (i.e. ondas, marés, correntes e ventos) e processos continentais (ex.: escoamento superficial, descargas fluviais, movimento de massa e intemperismo). Esse conjunto de processos é impulsionado pelo aporte de energia de cada uma das componentes, resultando na alteração das características da costa. Associado a tudo isso, é preciso considerar as atividades humanas que desequilibram todo esse aporte de energia, como é o caso da construção de barragens ao longo das bacias hidrográficas e as obras rígidas de proteção costeira instaladas, em sua maioria, sem critério científico, resultando em novos processos que são ainda desconhecidos.

Os métodos que estimam a contribuição do nível total de água para ocorrência de inundações em áreas costeiras são importantes para o planejamento ambiental. Almeida et al. (2018) estudaram as inundações e o seu vínculo com a subida média do nível do mar global no sudeste do Vietnã. Os autores determinaram o nível total de água a partir da somatória de três componentes, sejam: sobre-elevação momentânea do nível do mar (*surge*) + maré astronômica + alcance máximo vertical do espraio da onda (*wave run-up)*. O espraio máximo vertical da onda foi estimado usando a parametrização empírica de Stockdon et al. (2006). Serafin et al. (2017) destacaram que é preciso considerar nesse tipo de estudo a variabilidade regional, pois as combinações das componentes físico-naturais são bastante diferentes de região para região. No caso do litoral brasileiro, essa indicação é bastante relevante, pois os padrões e os ciclos sazonais de ressacas do mar variam até mesmo dentro da mesa região, como é o caso do Nordeste brasileiro. Também é preciso diferenciar individualmente a contribuição relativa de cada componente associado a uma ressaca do mar, por exemplo, o efeito da maré é menos sentido em áreas com regime de micromaré.

Outro estudo interessante foi aplicado por Melet et al. (2018) na tentativa de avaliar a contribuição das ondas para o aumento do nível do mar costeiro. O método adotado é baseado em processos (i.e. marés, oscilações atmosféricas e oscilações das ondas) que contribuem para as mudanças totais do nível da água na costa. Os autores destacam a importância de estimar mudanças futuras nas probabilidades de retorno dos eventos extremos, consolidando uma abordagem que permite planejar e atenuar os impactos futuros para as comunidades costeiras.

No sentido de abordagem qualitativa para determinar impactos em escalas locais é importante destacar a proposta de Sallenger (2000) para determinar impactos de tempestade a partir de uma escala que compara limiares hidrodinâmico e topografia costeira pré-tempestade de um sistema dunar. Com base nos parâmetros anteriores, Sallenger (2000) propôs que os impactos de uma tempestade podem ser classificados em quatro regimes: espraio (*swash*), colisão (*collision*), galgamento (*overwash*) e inundação (*inundation*) (Figura 28.5).

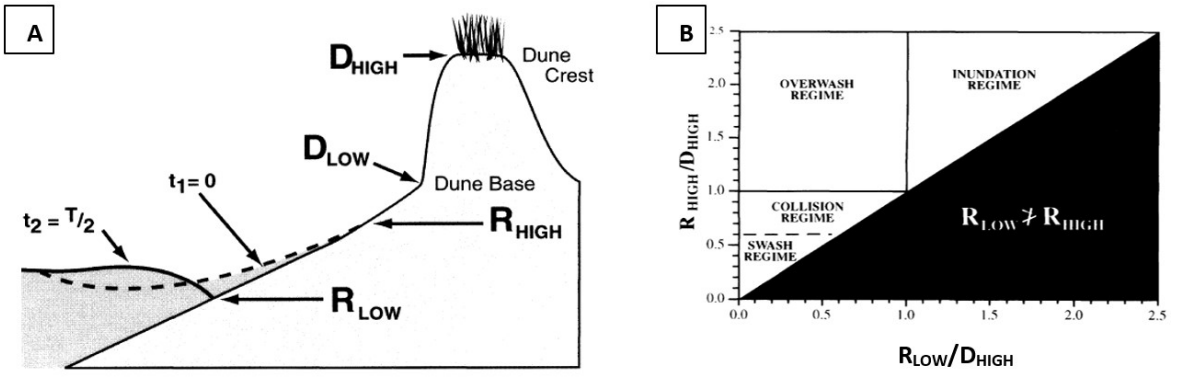


Figura 28.5. Esquema gráfico da escala de impactos de tempestade sugerida por Sallenger (2000). A) São as variáveis utilizadas na escala; B) São os quatro regimes que categorizam os impactos.

Fonte: Sallenger (2000).

É importante destacar que a proposta de Sallenger (2000) trata de gradação de impactos que decorrem da extensão vertical de um evento de tempestade. Para isso, o *wave run-up* é um dos parâmetros essenciais para determinação dos impactos costeiros, como já observado nos estudos destacados anteriormente. Nesse sentido, é importante destacar a contribuição de Silva et al. (2020) na revisão crítica das formulações empíricas associadas a previsão do *run-up*. Os autores também

destacam que o conhecimento detalhado da batimetria é importante nesse tipo de estudo, particularmente aqueles que envolvem modelos de predição.

Por fim, é preciso considerar soluções para adaptação a uma realidade cada vez mais presente, em que duas situações distintas se opõem como medidas de enfrentamento aos impactos costeiros associados à subida do nível do mar. Na primeira situação, tratam-se de intervenções rígidas tradicionais (i.e. espigões, enrocamentos e muros de concreto), nas quais o grau de sucesso em recuperar um ambiente recreacional é muito baixo, além de aumentar ou transferir o processo erosivo para região a sua sotamar. A segunda situação está associada uma concepção de intervenção em que a natureza é a principal aliada no processo de contenção dos impactos costeiros, como é o caso da erosão e da inundação. Trata-se de uma concepção denominada de *Building with Nature Design* (Construindo projetos com a natureza). Nesse caso, são projetos que usam técnicas de nutrição de praias com areia, reconstruindo, por exemplo, áreas de dunas para servirem de anteparo à ação de ondas de tempestade.

O projeto denominado *Sand Motor* (Figura 28.6) é um dos exemplos dessa construção com natureza. O *Sand Motor* é um aterro de mais de 20 milhões de m^3 de areia, uma grande reconstituição na costa de Delfland na Holanda, cujo objetivo foi regular o abastecimento sedimentar da costa e protegê-la contra inundações marinhas (Huisman et al., 2016; Huisman et al., 2018). O projeto também visou reconstituir temporariamente um grande espaço de lazer, recuperando os serviços ecossistêmicos.

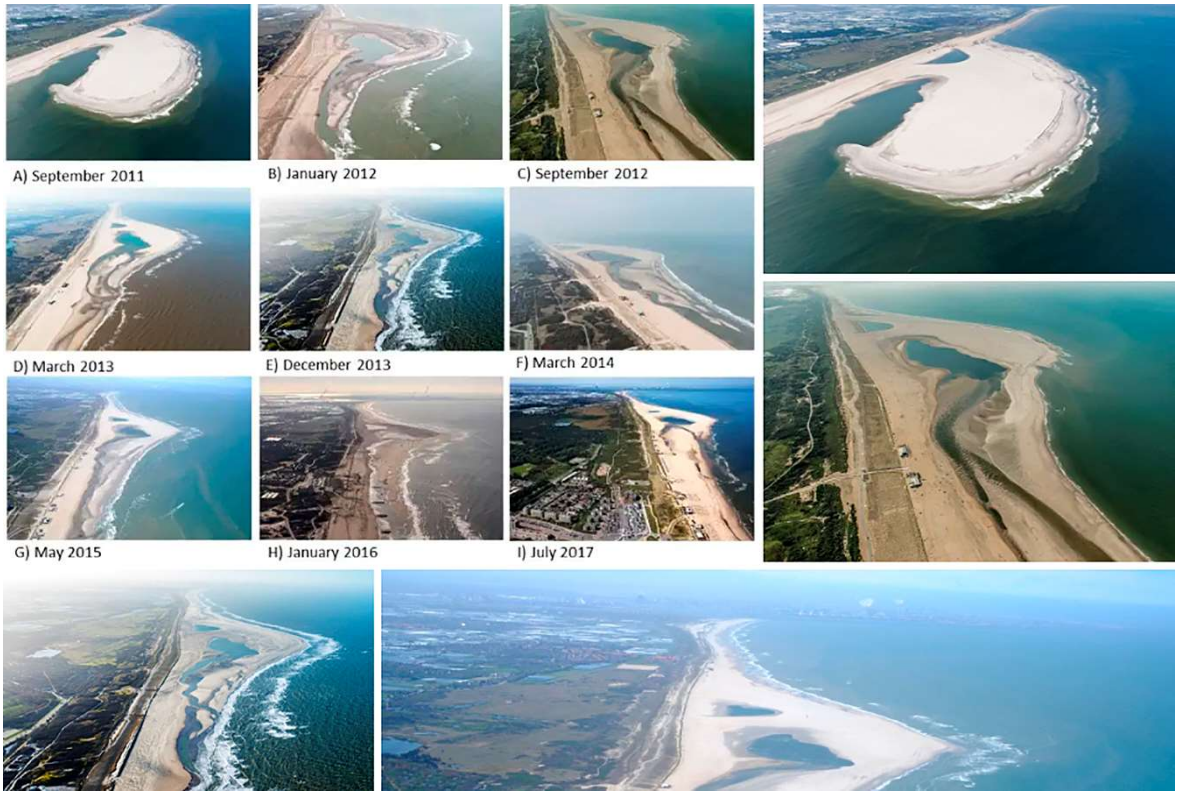


Figura 28.6. Projeto *Sand Motor* construído na costa de Delfland na Holanda a partir da concepção de projetos construídos com a natureza.

Fonte: Luijendijk et al. (2019)

Outras aplicações do conceito de vulnerabilidade costeira

Embora o conceito de vulnerabilidade costeira esteja frequentemente associado à erosão costeira, inundações, a eventos extremos relativos ao nível do mar, conforme abordado no item anterior, este conceito pode abarcar também outras dimensões específicas das zonas costeiras, que têm como forçantes não somente a dimensão física, mas principalmente aspectos relacionados às dimensões econômica ou ambiental.

Do ponto de visto econômico, destaca-se a forte dependência das cidades médias ou pequenas costeiras às atividades relacionadas ao fenômeno do turismo ou à indústria de óleo e gás. Esta dependência econômica, associada à uma única atividade predominantemente, como o turismo, representa grande fragilidade e baixa capacidade de adaptação em caso de colapso do turismo, de crise do petróleo ou da situação atual de isolamento social imposta pela pandemia do novo coronavírus (SARS-COV-2). Ou seja, essas cidades apresentam vulnerabilidade do ponto de vista econômico. Essa é uma situação que já se apresenta como um desafio para a gestão costeira e turística desde, ao menos, a década de 1970, quando diversos estudos (Ludgren 1974 apud Pearce, 1987; Miossec, 1976 apud Pearce, 1987; Gormsen, 1981 apud Pearce, 1987; Butler, 1980) demonstram, através de modelos, a desvalorização de destinos turísticos em função da percepção da perda de qualidade ambiental gerada pela própria atividade turística. Os modelos de Miossec (1976, 1977 apud Pearce, 1987) e de Gormsen (1981 apud Pearce, 1987) enfatizam o desenvolvimento e crescimento das cidades turísticas e as consequentes mudanças na provisão de facilidades e no comportamento da população e dos políticos locais, assim como dos próprios turistas. Ambos os modelos revelam, de maneiras distintas, uma fase final de crise ou saturação do centro turístico, podendo levar à desvalorização e até mesmo ao desaparecimento da função turística naquela localidade. Tal processo é apontado também pelo modelo de Butler (1980), um dos mais conhecidos modelos evolutivos para o turismo em áreas costeiras. Embora muitas críticas a estes modelos já tenham sido realizadas, sua contribuição está em revelar a grande contradição gerada entre a valorização e apropriação do espaço pelo homem, e o processo inverso de desvalorização em função da própria valorização inicial. Em geral, as mudanças ambientais e sociais só são percebidas pelo homem quando atingem uma situação crítica em que a capacidade de resiliência e adaptação do sistema é nula ou quase nula. Em outras palavras, o processo de contínua transformação e as diferentes possibilidades de reação às perturbações não são facilmente compreendidas. Este processo revela a vulnerabilidade para a economia da cidade como um todo e pode desencadear uma série de impactos em toda a população local. Vale lembrar que a circulação monetária nas praias é imensa e mantém o sustento de muitas famílias e comunidades ao longo do litoral brasileiro. Diversos estudos buscam estimar a movimentação financeiras das praias, revelando forte importância do turismo para toda uma cadeia de trabalhadores e comerciantes, que são prejudicados em casos de interrupção ou queda da intensidade das atividades turísticas.

Do ponto de vista ecológico as particularidades dos sistemas ambientais costeiros, relacionadas às interações dos processos da interface terra-mar, expõem também a dimensão ecossistêmica da vulnerabilidade das zonas costeiras. Além de alguns ecossistemas efetivamente terrestres e outros tipicamente marinhos, ocorrem também múltiplos ecossistemas de transição em lagunas, canais, estuários e deltas. Tal característica resulta em ambientes sujeitos a condições ecológicas muito específicas, com inundações periódicas pela água salgada do mar, influência dos rios, forte insolação, sedimentação terrestre, atuação constante de ventos e correntezas, dentre outros complexos e dinâmicos processos típicos desses ambientes. Os sistemas fluviais, costeiros e marinhos estão em constante relação de troca e interações, tornando o sistema complexo e dinâmico (Figura 28.7).

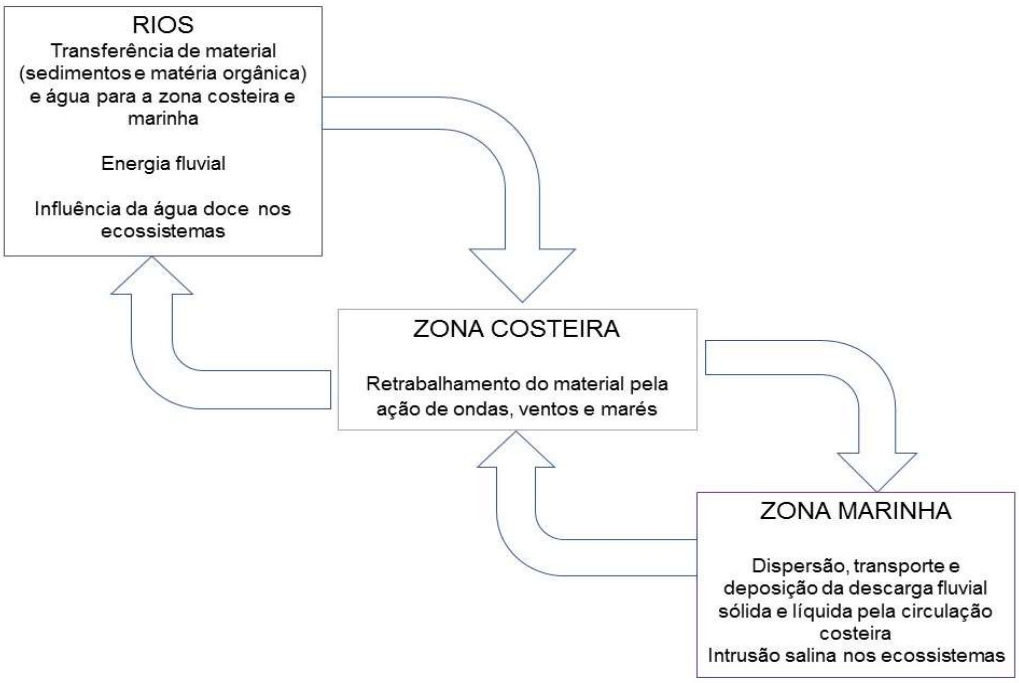


Figura 28.7. Relações dos processos e de transferência de energia e materiais na interface terra-mar.
Fonte: Elaborada por Flavia M. Lins-de-Barros.

A dimensão ecológica da vulnerabilidade costeira relaciona-se, portanto, com essas condições ambientais muito particulares dos sistemas ambientais costeiro e marinho (Figura 28.8).

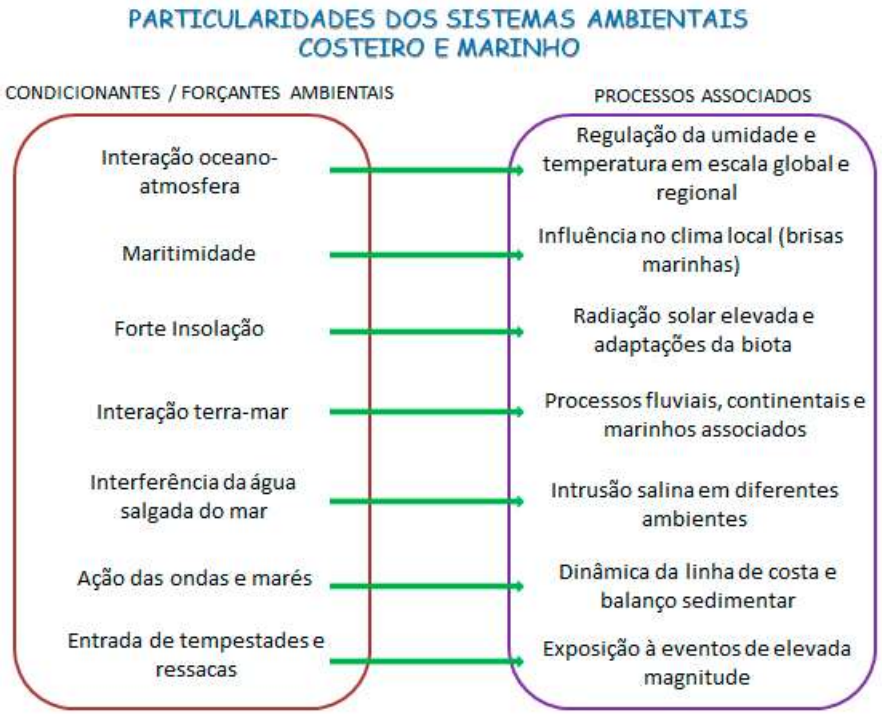


Figura 28.8. Particularidades dos sistemas ambientais costeiro e marinho e consequências que influenciam a vulnerabilidade costeira.
Fonte: Elaborada por Flavia M. Lins-de-Barros.

Tais ecossistemas estão sujeitos a entradas e saídas de materiais e energias, e são dependentes de fatores limitantes ambientais singulares, com modificações constantes e pressões antrópicas significativas. Um manguezal, por exemplo, necessita de condições específicas de variação de maré, salinidade, aporte de água doce e temperatura para se desenvolver. Do mesmo modo, os recifes de corais, por exemplo, apresentam-se tolerantes a um determinado grau de luminosidade, acidez e temperatura da água do mar, sendo impactados quando essas características se alteram. Outro exemplo são as lagunas, que têm sua circulação regida principalmente pela amplitude de maré e a renovação das suas águas depende da troca com o mar através de um ou mais canais, podendo ser afetada pela deposição sedimentar e por mudanças de energia da circulação. Todos esses exemplos apontam para uma condição de baixa capacidade de resiliência ou adaptação dos ecossistemas costeiros e marinhos revelando sua elevada vulnerabilidade às mudanças ambientais, tanto àquelas relacionadas às forçantes naturais, como também às pressões antrópicas. Neste sentido, uma das pressões que causam maiores mudanças e impactos negativos é o lançamento de resíduos sólidos, de efluentes industriais e domésticos ou o derramamento de óleo. A poluição de mares, lagunas, estuários e aquíferos por lançamento de esgoto doméstico em cidades costeiras representa um dos maiores problemas a serem enfrentados pelos gestores ambientais atualmente. Grande preocupação gira em torno da disponibilidade de água doce em cidades com elevado fluxo de turismo e baixa cobertura do sistema de coleta e tratamento de esgoto, uma realidade comum à várias cidades do litoral brasileiro. Os reservatórios de água doce subterrâneos são impactados, de um lado, pelo lançamento desses efluentes e, de outro, pelo bombeamento de água para consumo através de poços, o que pode causar desequilíbrio do gradiente hidráulico e facilitar a intrusão salina pela água do mar, comprometendo ainda mais a qualidade da água para consumo humano. Tal aspecto foi observado em cidades turísticas da Região dos Lagos, no estado do Rio de Janeiro e é uma realidade certamente de muitas outras cidades com serviço de saneamento precário e veraneio acentuado (Seabra, 2007; Lins-de-Barros, 2010). Novamente nota-se que a condição ambiental relacionada à interface terra-mar contribuiu para aumentar a vulnerabilidade à poluição.

Para ilustrar mais claramente estas dimensões econômicas e ambientais da vulnerabilidade costeira, apresentam-se a seguir dois episódios recentes que revelam claramente a ideia aqui defendida. O primeiro foi o enorme derrame de óleo ocorrido em setembro de 2019 no litoral nordeste do Brasil, com impactos também nos litorais norte e sudeste. Este desastre foi noticiado pelas mídias e redes sociais e descrito em detalhes por Soares et al. (2020). Dois aspectos específicos merecem aqui atenção para tratar da vulnerabilidade costeira. O primeiro foi a dificuldade de contenção do óleo à medida que este adentrava os estuários através do fluxo de maré: as diferenças de densidade entre as águas marinhas e fluviais modificavam o comportamento de circulação e deposição do óleo, que afundava depositando-se no leito dos canais fluviais e nas lamas dos manguezais. As condições ambientais específicas da interface terra-mar revelaram nesse caso claramente a complexidade deste sistema tão particular. O óleo atingiu ainda duas das maiores e mais importantes áreas de recifes de coral do Brasil, Abrolhos e a Costa de Corais, na Bahia. Os recifes de coral dessas regiões são caracterizados por alto grau de endemismo, grande riqueza biológica, importantes serviços ecológicos e elevada vulnerabilidade a impactos locais e globais (op. cit.).

O segundo aspecto que se destaca aqui refere-se ao impacto desse desastre na economia das cidades turísticas nordestinas. O desastre ocorreu em setembro, mas até o mês de dezembro, pelo menos, eram registradas novas manchas de óleo. A época de alta temporada das férias de verão se aproximava, mas o banho de mar, e mesmo o uso das faixas de areia, estavam comprometidos pela toxicidade do óleo, que chegou a causar problemas de pele, tonturas e outros sintomas em pessoas que entraram em contato com o mesmo. Pescadores artesanais, comerciantes locais, empregados e donos de pousadas, hotéis, restaurantes e bares, e toda rede de comércio relacionada ao turismo ficaram vulneráveis economicamente. Estima-se que aproximadamente 160.000 pescadores da região nordeste do Brasil foram afetados (Ministério da Agricultura, 2019, *apud* Soares, 2020).

O segundo episódio relaciona-se à expansão a nível global do novo Coronavírus (SARS-COV-2), que culminou numa pandemia com alta taxa de mortalidade e altíssimo grau de contaminação, levando governantes do mundo todo a estabelecer fortes medidas de isolamento social sem precedentes na história. Tais medidas resultaram no fechamento das praias em diversos países, afetando gravemente o turismo costeiro e toda a cadeia de serviços baseada nesta atividade.

A vulnerabilidade econômica das cidades costeiras turísticas em função da dependência das atividades de lazer e turismo nunca ficou tão evidente. Alternativas e reflexões para o retorno às praias após a pandemia já começam a ser pensadas, como expõe o documento recentemente publicado pela Rede Ibero-americana Pro Playas (Botero, 2020). Neste documento, escrito por mais de 40 especialistas em gestão de praias, destacam-se as muitas perguntas ainda sem resposta. Bombana (2020) questiona: "*Quais os impactos socioeconômicos dessas restrições para as atividades turísticas?"* (Bombana, 2020, p. 55). Polette (2020), por sua vez, destaca *"(...) para aqueles que dependem financeiramente dos serviços ecossistêmicos prestados pelas praias (setor do turismo, logística, bem como dos trabalhadores informais e autônomos) as perdas foram irreparáveis com consequências imprevisíveis."* (Polette, 2020, p.61). O documento aponta ainda para a repercussão de imagens de praias vazias e para a aparente recuperação de algumas funções naturais como o retorno de alguns animais marinhos, antes distantes em função da poluição e do número de embarcações e pessoas. Surgem então mais questionamentos e preocupações: "Como faremos para ignorar que nos deparamos hoje com estas imagens tão contrastantes daquelas das praias cheias de pessoas e de lixos? Além da natureza revelada, surge também a preocupação com os milhares de trabalhadores autônomos e comerciantes que dependem da economia da praia" (Souza Filho et al*.,* 2020, p. 65).

Os dois episódios comentados acima revelam como as características geobiofísicas e socioeconômicas inerentes ao sistema costeiro relaciona-se com outras dimensões da vulnerabilidade que devem ser consideradas nos estudos e na gestão costeiros, além daquelas relacionadas às forçantes naturais. Vale lembrar ainda a importância da dimensão social da vulnerabilidade, quando se percebe que a parcela da sociedade mais impactada pelas mudanças e forçantes de qualquer natureza é àquela cuja capacidade de adaptação é limitada por fatores relacionados à desigualdade de renda e de acesso à serviços básicos e educação.

Vulnerabilidade costeira integrada e contribuições para gestão

Os itens acima apresentados abordaram as diferentes dimensões da vulnerabilidade costeira e nos direcionam a defender a noção de que as zonas costeiras são intrinsecamente vulneráveis à diferentes eventos ou fenômenos em função de suas características específicas, como elevada complexidade dos fenômenos físicos, fragilidade ecológica, grande densidade populacional e forte dependência econômica (Figura 28.09).

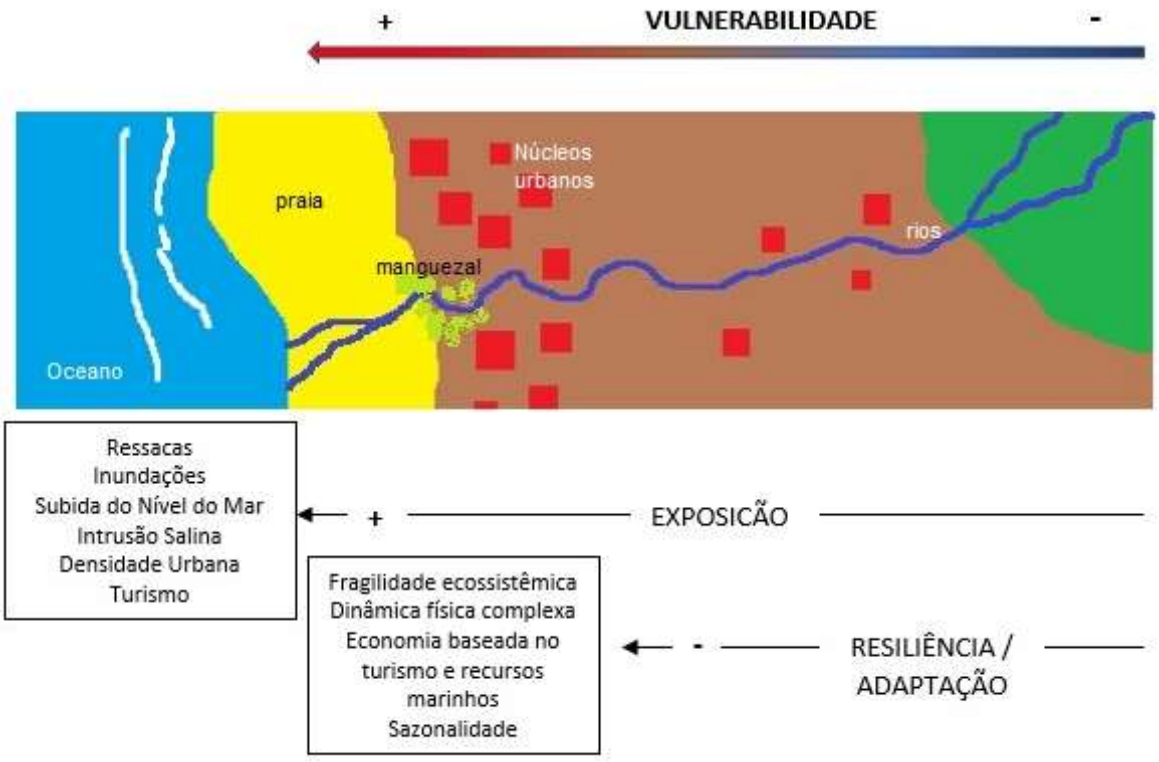


Figura 28.09. Ilustração com exemplos de características das zonas costeiras associadas à elevada exposição e baixa resiliência aumentando a vulnerabilidade desse sistema ambiental.

Fonte: Elaborada por Flavia M. Lins-de-Barros.

A integração dessas diferentes dimensões, a partir de uma visão sistêmica, é imprescindível para a compreensão holística das problemáticas vivenciadas pelas zonas costeiras. Para Dolan e Walker (2004) e Ford (2002), a vulnerabilidade não deve ser entendida apenas em termos da exposição a eventos e como estes afetam as pessoas e as estruturas urbanas e econômicas. Tão pouco a vulnerabilidade deve ser entendida apenas socialmente. Este conceito deve ter uma perspectiva integrada dos eventos físicos e das características da população relacionadas à sua capacidade em lidar com o risco. O conceito de vulnerabilidade costeira integrada emerge dessa noção, e pode ser considerado atualmente um conceito-chave para direcionar de maneira mais adequada a gestão costeira. É preciso pensar em políticas direcionadas ao ordenamento de praias considerando as especificidades físicas, ecológicas e socioeconômicas destes ambientes. Os problemas de erosão costeira devem ter um olhar integrado para os aspectos físicos e sociais que colaboram para o aumento da vulnerabilidade a eventos extremos ou subida do nível do mar. As questões ambientais dos ecossistemas costeiros e marinhos só serão inteiramente compreendidas se forem observados os limites e condicionantes característicos dessa área de transição terra-mar.

Porém, abordagens integradas dos aspectos físicos e sociais, ou seja, abordagens híbridas, são ainda raras e enfrentam o desafio de se estabelecer homogeneidade da compreensão do próprio conceito de vulnerabilidade. Lins-de-Barros (2017), visando contribuir com esta temática, desenvolve metodologia para adoção de uma matriz considerando as componentes físicas, sociais e ecológicas da exposição e da capacidade de adaptação ou resiliência que compõem a noção de vulnerabilidade. Mais recentemente Jeevamani et al. (2020) propõem também um índice que integra aspectos sociais do modo de vida dos pescadores com a vulnerabilidade. Outros muitos estudos vêm sendo elaborados neste sentido.

Considerações finais

Independentemente das forçantes consideradas, do conceito adotado, ou da abordagem metodológica empregada, deve-se chamar a atenção para a consideração nos estudos sobre vulnerabilidade costeira das condições específicas das zonas costeiras e marinhas. Estas especificidades tornam as zonas costeiras ambientes que merecem atenção especial. Decerto, fatores como escala de trabalho, objetivo da proposta, abordagem metodológica e qualidade de dados devem estar bem estabelecidos nos estudos que abordem o tema vulnerabilidade costeira em suas diversas dimensões de análise. Neste caso, o melhor conhecimento das condições físico-naturais da costa é indispensável ao planejamento e desenvolvimento das atividades costeiras. Assim, a tomada de decisão, o gerenciamento das atividades e o planejamento futuro devem ser realizados a partir de uma construção gradual e participativa, envolvendo os diversos atores sociais da zona costeira.

Por um lado, as abordagens metodológicas são amplas e diversas no que concerne ao tema vulnerabilidade costeira, porém a falta de uma padronização metodológica pode culminar em conclusões genéricas. Pelo outro, estudos de vulnerabilidade costeira são importantes para mitigar os impactos negativos do crescimento urbano e promovem o entendimento adequado dessa vulnerabilidade em escala local.

Gerenciar a zona costeira é um exercício diário de ações técnicas, administrativas e econômicas, em que as informações técnicas-cientificas são essenciais para uma resposta mais adequada da gestão pública sobre os usos do Bem Público. Como foi dito, o uso de sistemas de SIG e a escolha adequada da escala de análise são importantes para elaboração de mapeamentos que apresentam a distribuição da vulnerabilidade. Tais produtos cartográficos permitem que: 1) as comunidades analisem os perigos e se empoderem para reivindicar políticas adequadas de intervenção no litoral, e 2) gestores tenham suporte científico para a tomada de decisão em relação às intervenções no espaço litorâneo e tenham condições de realizar um ordenamento territorial que leve em conta as vulnerabilidades da zona costeira. A perspectiva holística, multidisciplinar e integrada coloca o geógrafo em papel de destaque nas avaliações de vulnerabilidade, tanto pela prática no uso de ferramentas de SIG, quanto pela competência em realizar análises espaciais integradas.

Referências bibliográficas

ADGER, W.N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v.16, p. 268–281, 2006.

ADGER WN, BROOKS N, BENTHAM G, AGNEW M, ERIKSEN S **New indicators of vulnerability and adaptive capacity.** Tyndall Centre for Climate Change Research (Technical Report 7: Final Project Report), 122p. 2004. Disponível em: http://www.tyndall.ac.uk/publications/tech_reports/tech_reports.shtml. Accessed on: maio 2007

ALEXANDRAKIS, G.; POULOS, S. E. A holistic approach to beach erosion vulnerability assessment. **Scientific Reports**, v. 4, p. 6078, 2014.

ALMEIDA, L.P.M.; ALMAR, R.; MEYSSIGNAC, B.; VIET, N.T. Contributions to Coastal Flooding Events in Southeast of Vietnam and their link with Global Mean Sea Level Rise. **Geosciences,** 8, 437, p.1-10, 2018. doi:10.3390/geosciences8120437

BELÉM, A.L. Impactos das mudanças climáticas globais no risco de inundações em zonas costeiras. **In: Jornadas Internacionales sobre Géstion Del Riesgo de Inundaciones y Deslizamientos de Laderas**, Brasil, 2007.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. [DIETER, M (Org.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF:MMA, 2006. 476p. ISBN: 85-7738-028-9.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. [DIETER, M (Org.). Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, Brasília, DF:MMA, 2018. 759p. ISBN: 978-85-7738-394-8.

BOMBANA, B. Breves considerações sobre uma ciência "incerta" para a gestão turística das praias no pós-pandemia. *In:* Botero, C.M., Mercadé, S., Cabrera, J.A., Bombana, B. (editores). (ed) **O Turismo de Sol e Praia no Contexto da COVID-19. Cenários e Recomendações.** Publicação no marco da Rede Ibero-americana de Gestão e Certificação de Praias – PROPLAYAS. 2020. Santa Marta (Colômbia). p.55-57

BOTERO, C.M., MERCADÉ, S., CABRERA, J.A., BOMBANA, B. (EDITORES). **O Turismo de Sol e Praia no Contexto da COVID-19. Cenários e Recomendações.** Publicação no marco da Rede Ibero-americana de Gestão e Certificação de Praias – PROPLAYAS. 2020. Santa Marta (Colômbia). 120 pp.

BUKVIC, A., ROHAT, G., APOTSOS, A., e DE SHERBININ, A. A Systematic Review of Coastal Vulnerability Mapping. **Sustainability**, v. 12, n. 7, p. 2822, 2020.

BULHÕES, E.M.R.; FERNANDEZ, G.B.; OLIVEIRA FILHO, S.R.; PEREIRA, T.G.; ROCHA, T.B. Impactos costeiros induzidos por ondas de tempestade entre o Cabo Frio e o Cabo Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.5, n.2, p.155-165, 2014.

BUTLER, R.W. The Concept of a Tourist Area Cycle of Evolution: implications for management of resources. **Canadian Geographers.** University of Western Ontario, Ontario, v. 24, n.1,1980.

CAMARGO, R.; HARARI, J. Modelagem numérica de ressacas na plataforma sudeste do Brasil a partir de cartas sinóticas de pressão atmosférica na superfície. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v.42, p.19-34, 1994.

CARBOGNIN, L.; TEATINI, P.; TOMASIN, A.; TOSI, L. Global change and relative sea level rise at Venice: what impact in term of flooding. **Clim Dyn**, v.35, p.1039–1047, 2010.

COOPER, A.; MASSELINK, G.; COCO, G.; SHORT, A.D.; CASTELLE, B.; ROGERS, K.; ANTHONY, E.; GREEN, A.N.; KELLEY, J.T.; PILKEY, O.H.; JACKSON, D.W.T. **Sandy beaches can survive sea-level rise**. 2020. 5p. https://doi.org/10.31223/osf.io/4md6e.

COSTA, M.B.S.F; MALLMANN, D.L.B.; PONTES, P.M.; ARAUJO, M. Vulnerability and impacts related to the rising sea level in the Metropolitan Center of Recife, Northeast Brazil. **PANAMJAS**, v.5, n.2, p.341-349, 2010.

DASGUPTA, L.; MEISNER, C.; WHEELER, D.; YAN, J. **The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis**. World Bank Policy Research Working, Canadá, 2007. 51p.

DE ANDRADE, T. S.; DE OLIVEIRA SOUSA, P. H. G.; SIEGLE, E. Vulnerability to beach erosion based on a coastal processes approach. **Applied Geography**, v. 102, p. 12-19, 2019.

DÍAZ-CUEVAS, P.; PRIETO-CAMPOS, A.; OJEDA-ZÚJAR, J. Developing a beach erosion sensitivity indicator using relational spatial databases and Analytic Hierarchy Process. **Ocean e Coastal Management**, v. 189, p. 105146, 2020.

DOLAN, A. H. e WALKER, I. J. Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, Brasília, v. 39, 2004.

DOUGLAS, B.C. Chapter 3 Sea level change in the era of the recording tide gauge. **International Geophysics**, v. 75, p.37-64, 2001.

FORD, J. **Vulnerability: Concepts and Issues. A literature review of the concept of vulnerability, its definition, and application in studies dealing with human-environment interactions.** Ontario. Submitted as part of PhD Scholarly Field Paper. 2002. 31f. University of Guelph, Ontario, 2002.

FU, X., SUN, B., FRANK, K., e PENG, Z. R. Evaluating sea-level rise vulnerability assessments in the USA. **Climatic Change**, v. 155, n. 3, p. 393-415, 2019.

GORNITZ, V. Global coastal hazards from future sea level rise. **Global and Planetary Change**, v. 3, n. 4, p. 379-398, 1991.

GUERRA, R.G.P. **Vulnerabilidade Costeira a Eventos de Alta Energia no Litoral de Fortaleza**. 2014. 101f. Dissertação de mestrado (Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, Ceará, 2014.

HELDEROP, E.; GRUBESIC, T. H. Social, geomorphic, and climatic factors driving US coastal city vulnerability to storm surge flooding. **Ocean e Coastal Management**, p. 104902, 2019.

HUISMAN, B.J.A.; RUESSINK, B.G.; SCHIPPER, M.A.; LUIJENDIJK, A.P.; STIVE, M.J.F. Modelling of bed sediment composition changes at the lower shoreface of the Sand Motor. **Coastal Engineering**, 132, p.33–49, 2018.

HUISMAN, B.J.A.; SCHIPPER, M.A.; RUESSINK, B.G. Sediment sorting at the Sand Motor at storm and annual time scales. **Marine Geology**, 381, p.209–226, 2016.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, 1990. 365p.

KANE, H. H., FLETCHER, C. H., FRAZER, L. N., ANDERSON, T. R., e BARBEE, M. M. Modeling sea-level rise vulnerability of coastal environments using ranked management concerns. **Climatic Change**, v. 131, n. 2, p. 349-361, 2015.

KULP, S. A.; STRAUSS, B. H. New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. **Nature Communications**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2019.

LEDLEY, T.S.; SUNDQUIST, E.T.; SCHWARTZ, S.E.; HALL, D.K; FELLOWS, J.D.; KILLEEN, T.L. Climate change and Greenhouse Gases. **EOS**, v.80, n.39, p.453-458, 1999.

LINS-DE-BARROS, F. M. Gestão Costeira e vulnerabilidade: conceitos, abordagens e avanços. **Candelária-Revista do Instituto de Humanidades**, v. 10, p. 55-70, 2009.

LINS-DE-BARROS, F. M. Integrated coastal vulnerability assessment: A methodology for coastal cities management integrating socioeconomic, physical and environmental dimensions-Case study of Região dos Lagos, Rio de Janeiro, Brazil. **Ocean e Coastal Management**, v. 149, p. 1-11, 2017.

LINS-DE-BARROS, F.M. **Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro** – Rio de Janeiro: UFRJ-PPGG, 2010. xviii, 297p. : il. 30cm

LINS-DE-BARROS, F.M.; MUHEHE, D. The smartline approach to coastal vulnerability and social risk assessment applied to a segment of the east coast of Rio de Janeiro State, Brazil. **Journal of Coastal Conservation**. Vol. 17, p. 211–223. 2013 DOI 10.1007/s11852-011-0175-y

LINS-DE-BARROS, F.M.; ZEIDAN, F.; LIMA, R.F. Adaptações e percepção da população a eventos de ressaca do mar no litoral de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management / Revista de Gestão Costeira Integrada**, v.16, n.2, p.147-161, 2016.

LINS-DE-BARROS, F.M.; KLUMB-OLIVIERA, L.; LIMA, R.F. Avaliação histórica da ocorrência de ressacas marinhas e danos associados entre os anos de 1979 e 2013 no litoral do estado do Rio

de Janeiro (Brasil). **Journal of Integrated Coastal Zone Management / Revista de Gestão Costeira Integrada** vol. 18, n. 2, p.85-102, 2018. Disponível em http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-n146_Barros.pdf | DOI:10.5894/rgci-n146

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, F.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The State of the World's Beaches. **Sci Rep**, 8, 11381, 2018. https://doi.org/10.1038/s41598-018-28915-8.

LUIJENDIJK, A; van OUDENHOVEN, A. **The Sand Motor: A Nature-Based Response to Climate Change: Findings and Reflections of the Interdisciplinary Research Program NatureCoast.** Luijendijk, Arjen (Editor); van Oudenhoven, Alexander (Editor). Delft: Delft University Publishers - TU Delft Library, 2019. 204 p. Disponível em: https://pure.tudelft.nl/portal/files/53666598/2019_Luijendijk_van_OUdenhoven_eds_The_Sand_Motor_A_Nature_Based_Response_to_Climate_Change_NATURECOAST.pdf

MAIA, G.O.; PINHEIRO, L.S. Eventos de alta energia e suas consequências na zona costeira do município de Aquiraz, estado do Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, v.49, n.1, p.74-90, 2016.

MARTÍNEZ-GRAÑA, A. M., BOSKI, T., GOY, J. L., ZAZO, C., e DABRIO, C. J. Coastal-flood risk management in central Algarve: Vulnerability and flood risk indices (South Portugal). **Ecological Indicators**, v. 71, p. 302-316, 2016.

MAZZER, A. M.; DILLENBURG, S. R.; DE GOUVEIA SOUZA, C. R. Proposta de método para análise de vulnerabilidade à erosão costeira no sudeste da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 2, p. 278-294, 2008.

MCFADDEN, L. Vulnerability Analysis: A Useful Concept for Coastal Management? *In:* MCFADDEN, L.; NICHOLLS, R.; PENNING-ROWSELL, E. (Ed.). **Managing Coastal Vulnerabilty**. Elsevier 2007, pp. 15-28

MCGRANAHAN, G.; BALK, D.; ANDERSON, B. Low Coastal Zone Settlement. **Tiempo**, Issue59, p.23-26, 2006.

MCGRANAHAN, G.; BALK, D.; ANDERSON, B. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. **Environment e Urbanization**, v.19, n.1, p.17–37, 2007. DOI: 10.1177/0956247807076960.

McLAUGHLIN, S., McKENNA, J., COOPER, J.A.G. Socio-Economic Data in coastal Vulnerability Indices: Constraints and Opportunities. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, Florida, v. 36 p. 487-497, 2002.

MELET, A.; MEYSSIGNAC, B.; ALMAR, R.; Cozannet, G. Under-estimated wave contribution to coastal sea-level rise. **Nature Climate Change**, 8, p.234–239, 2018.

MELO FILHO, E.; ALVES, J.H.G.M. Nota Sobre a chegada de ondulações longínquas à costa brasileira. **In: X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Gramado, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v.5, p.362-369, 1993.

MONTZKA, S.A.; DLUGOKENCKY, E.J.; BUTLER, J.H. Non-CO2 greenhouse gases and climate change. **NATURE**, v.476, p.43-50, 2011.

MUEHE, D. Brazilian coastal vulnerability to climate change. **PANAMJAS**, v.5, n.2, p. 173-183, 2010.

NGUYEN, T. T., BONETTI, J., ROGERS, K., e WOODROFFE, C. D. Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. **Ocean e Coastal Management**, v. 123, p. 18-43, 2016.

NICHOLLS, R.J. LEATHERMAN, S.P. Adapting to sea-level rise: Relative sea level trends to 2100 for the USA. **Coastal Management**, v.24, n.4, p.301-324, 1996.

NICHOLLS, R.J. Rising sea levels: potential impacts and responses. **In: Hester, R. and Harrison, R.M. (ed.) Global Environmental Change**. Issues in Environmental Science and Technology, Number 17, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2002. p.83-107.

NICHOLLS, R.J.; CAZENAVE, A. Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. **Science**, v.328, Issue 5985, p.1517-1520, 2010. DOI: 10.1126/science.1185782.

NICOLODI, J.L.; PETERMANN, R.M. Mudanças climáticas e a vulnerabilidade da zona costeira do Brasil: aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.10, n.2, p.151-177, 2010.

PAULA, D.P. **Análise dos riscos de erosão costeira no litoral de Fortaleza em função da vulnerabilidade aos processos geogênicos e antropogênicos**. 2012. 335f. Tese de doutorado (Ciências do Mar, da Terra e do Ambiente / Ramo Gestão costeira) – Universidade do Algarve, UALG, Faro, Portugal, 2012.

PAULA, D.P.; DIAS, J.A.D. (Orgs). **Ressacas do mar / temporais e gestão costeira**. Fortaleza: 1ed.: Premius, 2015. 448p. ISBN: 978-85-7924-440-7.

PAULA, D.P.; DIAS, J.M.A.; FERREIRA, O.; ALMEIDA, L.P.M.; MORAIS, J.O. Determinação dos limiares para impactos socioambientais em função das ressacas do mar em Fortaleza-CE, Brasil. **In: Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar (COLACMAR)**, 2011a. Balneário Camboriú-SC, 4p.

PAULA, D.P.; DIAS, J.M.A.; FERREIRA, O.; ALMEIDA, L.P.M.; MORAIS, J.O. Impactos costeiros induzidos por ressacas do mar ao longo do litoral norte de Fortaleza-CE (Brasil). **In: IV Simpósio Internacional de Climatologia**, 2011b. João Pessoa-PB, 5p.

PAULA, D.P.; MORAIS, J.O.; FERREIRA, O.; DIAS, J.M.A. Análise histórica das ressacas do mar no litoral de Fortaleza (Ceará, Brasil): origem, características e impactos. **In: PAULA, D.P.; DIAS, J.A.D. (Orgs). Ressacas do mar / temporais e gestão costeira**. Fortaleza: 1ed.: Premius, 2015. p.173-201.

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil, 2016. 184p. ISBN: 978-85-285-0345-6.

PEARCE, D. **Tourism Today: a geographical analysis. New York: Longman Scientific e Techinical**. Copublished in the United States with John Wiley e Sons, Inc. 1987

POLETTE, M. Gestão de praias no Brasil no período Pós-Covid-19: Um desafio estratégico e tático. *In:* Botero, C.M., Mercadé, S., Cabrera, J.A., Bombana, B. (editores). (ed) **O Turismo de Sol e Praia no Contexto da COVID-19. Cenários e Recomendações.** Publicação no marco da Rede Ibero-americana de Gestão e Certificação de Praias – PROPLAYAS. 2020. Santa Marta (Colômbia). p. 61-63.

SADEGHI-POUYA, A., NOURI, J., MANSOURI, N., e KIA-LASHAKI, A. An indexing approach to assess flood vulnerability in the western coastal cities of Mazandaran, Iran. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 22, p. 304-316, 2017.

SALLENGER, A.H., Storm impact scale for barrier islands. **Journal of Coastal Research**, 16(3), p.890-895, 2000.

SEABRA, V.S. (2007) **Utilização de técnicas de geoprocessamento no estudo de vulnerabilidade ambiental dos aqüíferos costeiros do leste fluminense.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia - PPGL, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 89 p.

SEDAC - Socioeconomic Data and Applications Center. **Percentage of total population living in coastal areas**. Columbia University in the City of New York, 2007. Disponível em: . Acesso em: 14 mai.2020.

SEENATH, A.; WILSON, M.; MILLER, K. Hydrodynamic versus GIS modelling for coastal flood vulnerability assessment: Which is better for guiding coastal management? **Ocean e Coastal Management**, v. 120, p. 99-109, 2016.

SERAFIM, M. B., SIEGLE, E., CORSI, A. C., e BONETTI, J. Coastal vulnerability to wave impacts using a multi-criteria index: Santa Catarina (Brazil). **Journal of Environmental Management**, v. 230, p. 21-32, 2019.

SERAFIN, K.A.; RUGGIERO, P.; STOCKDON, H.F. The relative contribution of waves, tides, and nontidal residuals to extreme total water levels on U.S. West Coast sandy beaches. **Geophys. Res. Lett**., 44, p.1839–1847, 2017. doi:10.1002/2016GL071020

SERPA, C.G.; ROMEU, M.A.R.; FONTOURA, J.A.S.; CALLIARI, L.J.; MELO, E.; ALBUQUERQUE, M.G. Study of the responsible factors for the closure of an intermitente washout during a storm surge, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 64, p.2068-2073, 2011.

SHORT, A.D.; KLEIN, A.H.F. (Eds). **Brazilian Beach Systems**. 1ed.: Springer International Publishing, Edição: 1st ed., 2016. 611p. ISBN: 978-33-1930-392-5.

SIEGLE, E.; CALLIARI, L.J. High energy events and short-term changes in superficial beach sediments. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.56, p.149-152, 2008.

SILVA, P.G.; COCO, G.; GARNIER, R.; KLEIN, A.H.F. On the prediction of runup, setup and swash on beaches. **Earth-Science Reviews**, 204, p.1-21, 2020. Disponível em: "https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825219306828"

SOARES, M. B.; GAGNON, A. S.; DOHERTY, R. M. Conceptual elements of climate change vulnerability assessments: a review. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 4, p.6-35, 2012.

SOARES, M.O. et al. Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and governmental disaster. **Marine Policy**, v.115, p.1-6, 2020.

SOUSA, P. H. G. O.; SIEGLE, E.; TESSLER, M. G. Vulnerability assessment of Massaguaçú beach (SE Brazil). **Ocean e Coastal Management**, v. 77, p. 24-30, 2013.

SOUZA, C.R.G.; RODRIGUES, G.S.R.; LIMA, J.C.; GARCIA-ROSA, E. Eventos de ressaca e? maré alta? na Baixada Santista (SP), entre 1961 e 2011. **In: XV Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA**, 2015. Tramandaí/Imbé - RS. 2p.

STOCKDON, H.F.; HOLMAN, R.A.; HOWD, P.A.; SALLENGER, A.H. Empirical parameterization of setup, swash, and runup. Coast. **Eng**. 53, p.573–588, 2006. Disponível em: https://pubs.er.usgs.gov/publication/70030520 10.1016/j.coastaleng.2005.12.005.

TAHERKHANI, M.; VITOUSEK, S.; BARNARD, P.K.; FRAZER, N.; ANDERSON, T.R.; FLETCHER, C.H. Sea-level rise exponentially increases coastal flood frequenc. **Scientific Reports**, 10, p.1-17, 2020. https://doi.org/10.1038/s41598-020-62188-4.

THORNE, K. *et al*. U.S. Pacific coastal wetland resilience and vulnerability to sea-level rise. **Science**, v.4, n.2, p.1-10, 2018. DOI: 10.1126/sciadv.aao3270.

TURNER, B. L.; KASPERSON, R. E.; MATSON, P. A.; MCCARTHY, J. J.; CORELL, R. W.; CHRISTENSEN, L.; ... e POLSKY, C. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proceedings of The National Academy of Sciences**, v. 100, n. 14, p. 8074-8079, 2003.

UN - United Nations. Ocean Conference. Factsheet: People and Oceans. United Nations, New York, June, 2017. p1-7. Disponível em: http://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2017/05/Ocean-fact-sheet-package.pdf. Acesso em: 14 mai.2020

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), 2009. **Terminology on Disaster Risk Reduction.** UNISDR, Geneva, pp. 30.

VAFEIDIS, A.T.; NICHOLLS, R.J.; MCFADDEN, L.; Tol, R.S.J.; HINKEL, J.; SPENCER, T.; GRASHOFF, P.S.; BOOT, G.; KLEIN, R.J.T. A New Global Coastal Database for Impact and Vulnerability Analysis to Sea-Level Rise. **Journal Coastal Research**, v.24, n.4 (244), p.917-924, 2008.

VOULGARIS, G.; MURAYAMA, Y. Tsunami vulnerability assessment in the southern Boso peninsula, Japan. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 10, p. 190-200, 2014.

VOUSDOUKAS, M.I.; RANASINGHE, R.; MENTASCHI, L.; PLOMARITIS, T.A.; ATHANASIOU, P.; LUIJENDIJK, A.; FEYEN, L. Sandy coastlines under threat of erosion. **Nature Climate Change**, v.10, p.260–263, 2020.

WOODROFFE, C. The natural resilience of Coastal Systems: Primary Concepts. *In:* MCFADDEN, L.; NICHOLLS, R.; PENNING-ROWSELL, E. (Ed.). **Managing Coastal Vulnerabilty**. Elsevier, 2007, pp. 45-60

Flavia Moraes Lins-de-Barros é geógrafa e doutora em Geografia (2010) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Desde 2014, é docente do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG-UFRJ) da mesma Universidade, onde coordena o Laboratório de Geografia Marinha e o Projeto de Extensão Mar à Vista. Lidera o grupo de pesquisa em Geografia Marinha e Gestão Costeira Integrada do CNPq. É membro do Programa de Geologia e Geofísica Marinha do Brasil, onde representa a UFRJ, e da Rede Iberoamericana Proplayas. E-mail: flaviamlb@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/8138849959532013

Davis Pereira de Paula é geógrafo, Doutor em Ciências do Mar pela Universidade do Algarve (Portugal) e Professor Adjunto da Universidade Estadual do Ceará e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGEO). Desde de 2000 é pesquisador associado ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO). É membro da REDE BRASPOR de estudos costeiros, envolvendo pesquisadores brasileiros e portugueses. É Bolsista de Produtividade em Pesquisa 2 do CNPq. E-mail davis.paula@uece.br. CV: http://lattes.cnpq.br/9236155068481691

Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa é geógrafo (2004) e mestre em Geografia (2007) pela Universidade Estadual do Ceará e doutor em Oceanografia (2013) pela Universidade de São Paulo. Atualmente é Professor Adjunto do Instituto de Ciências do Mar (Labomar) da Universidade Federal do Ceará. E-mail: paulosousa@ufc.br. CV: http://lattes.cnpq.br/6251289877313756.

Capítulo 29

Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral

Eduardo Bulhões

Introdução

A erosão costeira pode ser entendida como a resultante na paisagem da deficiência no balanço sedimentar em determinado segmento da linha de costa, durante determinado intervalo de tempo. Já o balanço sedimentar deve ser entendido como a diferença, em volume, entre o suprimento e a supressão de materiais sedimentares em determinado segmento costeiro, também em um intervalo de tempo definido.

Os volumes de materiais sedimentares movimentados ao longo do litoral variam de acordo com a capacidade das fontes (ex. rios, falésias sedimentares, plataforma continental) em abastecer a linha de costa, e dos demais processos litorâneos – ondas, ventos, correntes de maré, células de circulação costeira, deriva litorânea, etc. – em os erodir e transportar, seja para outro segmento costeiro, seja para a plataforma continental, seja para um cânion submarino, seja para dentro de um estuário, ou para abastecer um campo de dunas. Na costa, quando o suprimento é maior do que a supressão, têm-se o balanço sedimentar positivo, resultando em acumulação ou acreção com o consequente avanço e elevação da posição da linha de costa, o que se denomina progradação. Quando há o predomínio da supressão em comparação ao suprimento, têm-se balanço sedimentar negativo, portanto, erosão com o consequente rebaixamento e recuo da posição da linha de costa. Tais processos são componentes naturais de evolução e dinâmica da paisagem litorânea, que ocorrem em intervalos de tempo bastante variados, mas no entanto, notadamente o termo erosão costeira tem sido utilizado quando o resultado da erosão é o recuo da linha de costa e o

▪ COMO CITAR:
BULHÕES, E. Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 655-688. ISBN 978-65-992571-0-0

comprometimento da estabilidade das instalações construídas e valorizadas pelo homem e, frente à essa ameaça, são dimensionadas e projetadas, desde muito tempo, soluções de proteção costeira ou defesa do litoral.

As causas da erosão costeira operam em escalas temporais e espaciais distintas (Stive et al., 2009). Podem ser de cunho evolutivo apontando uma tendência geológica ou geomorfológica relativamente lenta, de médio ou longo prazo, de mudanças na forma do litoral; ou episódica, onde impactos erosivos eventuais, pontuais e esporádicos, de curto prazo, modificam abruptamente os volumes de materiais sedimentares na linha de costa.

No primeiro caso, na escala de longo termo, a erosão está associada a um ajuste erosivo em resposta à elevação relativa ou absoluta do nível do mar (Zhang et al., 2004; Hinkel et al., 2013) ou às mudanças climáticas que viabilizam alterações no suprimento de sedimentos e na energia que é direcionada ao litoral (Reguero et al., 2019). Tais processos apresentam ainda níveis de retroalimentação positiva nem sempre evidentes. Em determinados segmentos, eventos de tectonismo, vulcanismo e impactos de *tsunamis* podem também induzir a mudanças bruscas e inevitáveis na morfologia costeira.

No segundo caso, na escala de curto termo, usualmente a erosão ocorre em função de tempestades extremas, notadamente geradas por ciclones tropicais, subtropicais e extratropicais, em alguns casos associados à teleconexões com ENOS[13] (Barnard et al., 2015; Mentaschi et al., 2018), e cada vez mais frequentes em determinado segmento costeiro, o que induz a modificações rápidas pela perda de sedimentos, e isso já vem sendo bem documentado no Brasil e no mundo. No entanto, em um contexto de intensificação de eventos meteorológicos extremos, uma mudança nos seus padrões por exemplo de direção, duração e magnitude (Slott et al., 2006) e a investigação dos seus efeitos individuais (tempestade excepcional) ou em grupo de tempestades (Coco et al., 2014) deverá se traduzir em rápidas mudanças na forma como esses impactos erosivos aparecerão na linha de costa (Johnson et al., 2015), uma vez que tais alterações ao longo da faixa costeira envolvem complexidades e não são uniformes. Adicionalmente, as tempestades excepcionais são reconhecidas como os principais elementos indutores ao colapso de estruturas de proteção costeira (Leonard et al., 1990).

Destacam-se ainda as alterações antrópicas usualmente ocorrendo na meso-escala temporal. Já é consenso que a ocupação e as alterações que o homem promove na linha de costa podem aumentar a vulnerabilidade e diminuir a resiliência do meio físico, mesmo que o objetivo seja a proteção costeira (Cooper; Pilkey, 2012). Nesse sentido, cabe citar Luijendijk et al. (2018) que apontam dois fatores atribuídos à interferência humana nos processos erosivos na costa, a saber: mineração de areias e construção de estruturas costeiras. Sobre o primeiro fator, os autores exemplificam um delta onde a excessiva extração de areias da calha fluvial resultou em déficit de materiais para abastecer à costa, citam também que a excessiva extração da água de subsuperfície para o consumo promove a acomodação do terreno (subsidência) o que faz com que o nível dos terrenos costeiros sejam rebaixados e se tornem ainda mais vulneráveis. Água e areias siliciclásticas são os recursos minerais mais explorados do planeta e seus impactos diretos ou indiretos invariavelmente chegam à linha de costa (Young; Griffith, 2009). Sobre a construção de estruturas costeiras os autores citam estruturas portuárias (ex. molhes e espigões) em áreas onde existe intenso transporte de sedimentos de rumo dominante e os efeitos erosivos à sotamar das estruturas, conforme exemplo na Figura 29.1.

[13] *El-Niño* Oscilação Sul



Figura 29.1. Assimetria na posição da linha de costa em resposta à construção de estruturas perpendiculares (espigões guia-corrente) em litoral com transporte de sedimentos de rumo dominante sul-norte. Barra do Furado, Quissamã, RJ. Tal assimetria chegou a 290 metros em 30 anos (Ribeiro et al., 2016) com taxas de acumulação ao sul semelhantes às taxas de erosão ao norte.

Fonte: Eduardo Bulhões, 2019.

Esses impactos e seus variantes, tanto associados à construção de barragens e mineração de areias em rios e estuários, quanto os associados à obras costeiras, seja para a proteção costeira, para o acesso ao mar ou para o abrigo portuário, são muito comuns no Brasil e no mundo. Muehe (2005) adiciona que problemas de erosão costeira surgem também devido à urbanização quando a mesma avança sobre as praias e imobiliza faixas ainda incorporadas no processo morfodinâmico.

No contexto de reconhecer as faixas costeiras como as áreas mais valorizadas e também as áreas mais arriscadas para o homem (Kron, 2013) discute-se neste trabalho a questão da erosão costeira, lista-se as soluções mais usuais para a defesa do litoral e seus problemas e por fim discute-se o que existe nos dias atuais como soluções aparentemente mais equilibradas para a coexistência do homem com os ecossistemas costeiros.

A erosão costeira no Brasil e no mundo

Já se completaram três décadas desde que as projeções globais das mudanças climáticas alertam o mundo para um aumento das vulnerabilidades das comunidades e ecossistemas costeiros frente à ameaças como erosão costeira e inundações (IPCC, 1990; IPCC, 1992; IPCC, 2014) uma vez que essas mudanças, sobretudo associadas ao aquecimento global, implicam na maior absorção de calor pelo oceano, na consequente elevação do nível do mar e no aumento na altura significativa (Hemer et al., 2013) e potência das ondas (Reguero et al., 2019). Alguns desses padrões já podem ser verificados como, por exemplo, o aumento aproximado de 8% na velocidade média dos ventos, e de 5% na altura significativa das ondas no oceano Sul (Antártico), sobretudo durante as condições extremas (Young e Ribal, 2019) em um recorte nos últimos 30 anos. Tais diferenças acabam por,

em maior ou menor grau, pressionar a estabilidade das faixas costeiras e suas infraestruturas de ocupação e defesa.

Recentemente, Luijendijk et al. (2018), em uma pesquisa com base em aproximadmente 2 milhões de imagens de satélite entre 1984 e 2016, verificaram que, fora das regiões polares, 31% do litoral mundial é formado por praias arenosas. De acordo com os autores, considerando todas as praias do planeta, 48% se apresentam como estáveis, 28% crescem em direção ao mar e 24% recuam persistentemente sob efeito da erosão costeira, em taxas que excedem 0,5 metro por ano. Também sob o enfoque do sensoriamento remoto e utilização de técnicas baseadas em processamento de *big data* Mentaschi et al. (2018) calcularam que globalmente 28.000 km² de áreas costeiras foram erodidas nos últimos 30 anos. Nas áreas onde ocorre recuo da linha de praia em taxas superiores a 5 metros por ano a erosão costeira é considerada extrema e representa cerca de 4% do conjunto global de praias arenosas.

Exemplos mais severos merecem destaque. No golfo do México, ao redor do terminal portuário de *Freeport*, Texas, EUA, as taxas de erosão chegam a 21 metros por ano nas áreas mais críticas, como na cidade de *Surfside Beach*. Ao sul da estrutura de abrigo portuário, há um trecho de 17 quilômetros de praia, que erodiu em média mais de 15 metros por ano nas últimas três décadas. O maior trecho costeiro contínuo do mundo que sofre erosão extrema está localizado mais ao leste, também no Texas, onde observa-se um trecho de 29 quilômetros de praias arenosas com uma taxa média de erosão de 5,3 metros por ano (Luijendijk et al., 2018). Esses segmentos costeiros sofreram erosão extrema em função basicamente de intervenções humanas como barragens e mudanças na posição da foz do rio Brazos e a construção dos espigões guia-corrente para acesso ao porto de *Freeport*. Watson (2003) pontua que numerosas barragens e o desvio do curso fluvial do Rio Brazos reduziram drasticamente o aporte de sedimentos para a linha de costa enquanto os espigões bloquearam o transporte longitudinal de sedimentos.

Ainda não existe uma base de dados global sobre a largura das praias, no entanto, Vousdoukas et al. (2020) projetaram que até 15,2% das praias arenosas do planeta podem enfrentar erosão costeira severa até 2050. Quando os autores consideram o cenário para o ano de 2100 tal percentual cresce para 49,5%. Hinkel et al. (2013) já haviam estimado níveis globais de erosão costeira e apontaram que entre 6 e 17 mil km² do litoral arenoso global deve enfrentar tais problemas ao longo deste século, em um cenário sem medidas de adaptação. A estimativa mais recente considera que nas áreas mais baixas do litoral mundial, cerca de 31% da linha de costa arenosa do planeta, o cenário é mais crítico uma vez que a densidade populacional média nessas áreas excede 500 habitantes por quilômetro quadrado. Em termos de comprimento da linha de costa, a Austrália seria, de acordo com as projeções, o país mais afetado com, ao menos, 11 mil quilômetros de linha de praia sob efeitos da erosão costeira, seguido pelo Canadá, Chile, México, China, EUA, Rússia e Argentina.

Ao que pesem as imediatas, fortes e coerentes discordâncias metodológicas da comunidade de especialistas (ver Cooper et al., 2020) sobretudo por considerar também pouco consistentes os resultados catastróficos de Vousdoukas et al. (2020) de desaparecimento de quase metade das praias do planeta, também é consensual que, na falta de espaço disponível para o ajuste, acomodação e migração das praias em direção ao continente, a erosão costeira e sua interação com estruturas de defesa do litoral tende a aumentar e fazer com que muitas praias, sobretudo urbanas, desapareçam ao redor do mundo (Pilkey e Cooper, 2014).

Em termos gerais, ao longo da linha de costa arenosa do planeta, a erosão ocorre atualmente entre 30% e 40% por grau de latitude sendo maiores logo ao sul do equador e na faixa dos 50°S e menores no entorno da latitude 25°S e nas mais altas latitudes do hemisfério norte (Luijendijk et al., 2018).

No Brasil, o principal diagnóstico da erosão costeira foi compilado em 2006 e atualizado em 2018. Ambos foram publicados na forma de livros, organizados pelo professor Dieter Muehe. Tanto na

primeira publicação "Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro" (Muehe, 2006) quanto na segunda "Panorama da Erosão Costeira no Brasil" (Muehe, 2018) para cada um dos 17 estados litorâneos do país foram apresentados resultados produzidos por mais de uma centena especialistas. De uma forma geral, têm-se que as modificações na forma de erosão costeira decorrem do déficit de sedimentos em parte pelo esgotamento das fontes, em parte pela retirada dos materiais para o abastecimento de dunas e em boa parte pelas intervenções antrópicas, seja pela construção de barragens nas bacias de drenagem que reduzem o volume de materiais transportados pelos rios para o mar, seja pela urbanização da orla (Figura 29.2) que, ao não respeitar faixas seguras de movimentação das areias, fixa porções consideráveis dos perfis ativos das praias impedindo sua movimentação natural durante tempestades, seja, por fim, pelo dimensionamento de estruturas costeiras que promovem a interrupção do fluxo sedimentar ao longo da costa (Figura 29.1), dentre outros impactos previsíveis e por vezes devastadores.



Figura 29.2. Contraste entre a parte emersa da praia em área não urbanizada e em área urbanizada na cidade de Macaé, Rio de Janeiro. Detalhe para o avanço da urbanização sobre o perfil ativo da praia com a supressão da vegetação fixadora de areias.

Fonte: Eduardo Bulhões, 2019.

De acordo com esses diagnósticos há o predomínio de trechos estáveis no litoral brasileiro. Mas essa afirmação não vale para todos os segmentos específicos. Em Muehe (2018) o diagnóstico mostra claramente que ao longo do litoral das Regiões Norte e Nordeste do país a faixa costeira em erosão soma entre 60% a 65% enquanto no litoral da Região Sudeste essa taxa cai para 15%. A comparação entre os dois diagnósticos mostra que os segmentos de erosão costeira foram ampliados efetivamente em estados como Pernambuco e Ceará. Adicionalmente, alguns trechos da linha de costa estão sujeitos à eventos esporádicos de ataque de ondas de tempestade, o que usualmente promove a destruição de benfeitorias públicas e privadas (Figura 29.3), sem que isso possa ser identificado como uma área do litoral com tendência ao recuo erosivo (Muehe, 2011), uma vez que a recuperação do estoque de areias também tende a ser rápida após as tempestades (ver exemplos em Fernandez et al., 2015) causando perdas residuais no balanço sedimentar pequenas ou nulas. Nas áreas não estáveis do litoral brasileiro, os trechos em erosão são

predominantes frente aos trechos em progradação, sendo os impactos da erosão mais evidentes em praias arenosas, depois em falésias e depois em estuários (Muehe, 2018).



Figura 29.3. Erosão Costeira e destruição de infraestrutura pública e privada em área urbana após tempestade, Praia da Macumba, Rio de Janeiro, RJ. Em 15 anos tal estrutura colapsou ao menos cinco vezes. **Fonte:** Thiago Pereira, 2017.

Os impactos negativos da erosão costeira não só comprometem a estabilidade do meio físico e do meio biótico, como também o meio socioeconômico. Sobre este último a discussão pode ser longa mas destaca-se essencialmente que os impactos são significativos uma vez que a zona costeira é a área mais valorizada, densamente povoada e desenvolvida do planeta (Small e Nicholls, 2003) e de forma global ainda enfrenta outros riscos naturais como as inundações (Hallegatte et al., 2013), sobretudo no contexto das mudanças climáticas, seja ele mais ou menos incerto.

Diante do cenário de processos erosivos no litoral mundial e do comprometimento da infraestrutura pública e privada que o homem constrói e valoriza, historicamente há uma necessidade de estabilizar a linha de costa e mitigar os impactos adversos da erosão costeira. Na maioria dos casos tais obras são dimensionadas para conter as consequências da erosão e não propriamente suas causas, ou seja, a erosão não é realmente o problema atacado, e sim os são seus impactos negativos para o homem (ex. perda de infraestrutura pública ou privada). Neste sentido, e apesar dos esforços, a erosão costeira continua a ser uma ameaça permanente.

Soluções para a defesa do litoral

Nenhuma opção de estabilização da linha de costa consegue interromper permanentemente a erosão costeira, em nenhuma escala de tempo (Cooper e Pilkey, 2012). O nível de proteção depende da opção escolhida, dos recursos disponíveis, das dimensões do projeto e das condições específicas da área em erosão. Todas as opções de defesa do litoral precisam de manutenção, com maior ou menor frequência e, em tese, requerem propostas de mitigação dos impactos ambientais negativos que proporcionam (MOCZM, 2013).

Para minimizar ou mitigar problemas de erosão costeira são usualmente consideradas a execução de obras de defesa do litoral. São também indispensáveis estudos, entre modelos conceituais ou empíricos, em bases físicas ou matemáticas, que determinem parâmetros relacionados à variação relativa do nível do mar, aspectos meteorológicos e oceanográficos modais e extremos, estimativas de evolução da faixa costeira, dentre outros, buscando detectar possíveis tendências do comportamento recente e futuro da área de intervenção.

No geral, obras de defesa do litoral são intervenções que visam agir no transporte de sedimentos, estabilizar ou ampliar a linha de costa e defendê-la contra a erosão (Alfredini; Arasaki, 2009) e podem ser classificadas entre “obras artificiais” e “obras naturais”. As primeiras, chamadas também de “obras rígidas” ou "obras cinzas", em áreas com transporte litorâneo de rumo dominante devem dispor fundamentalmente de estruturas de defesa perpendiculares (Figura 29.4), ou quase, à costa, como espigões, guias-corrente e molhes (Alfredini e Arasaki, 2009). Nas áreas onde o transporte litorâneo é pouco significativo, as obras devem ser dimensionadas de forma longitudinal (paralela) à costa (Figura 29.5), de modo a fixar a posição da linha de costa ou conter o efeito das ondas, como exemplo: quebra-mar destacado e revestimentos como muros ou paredões.

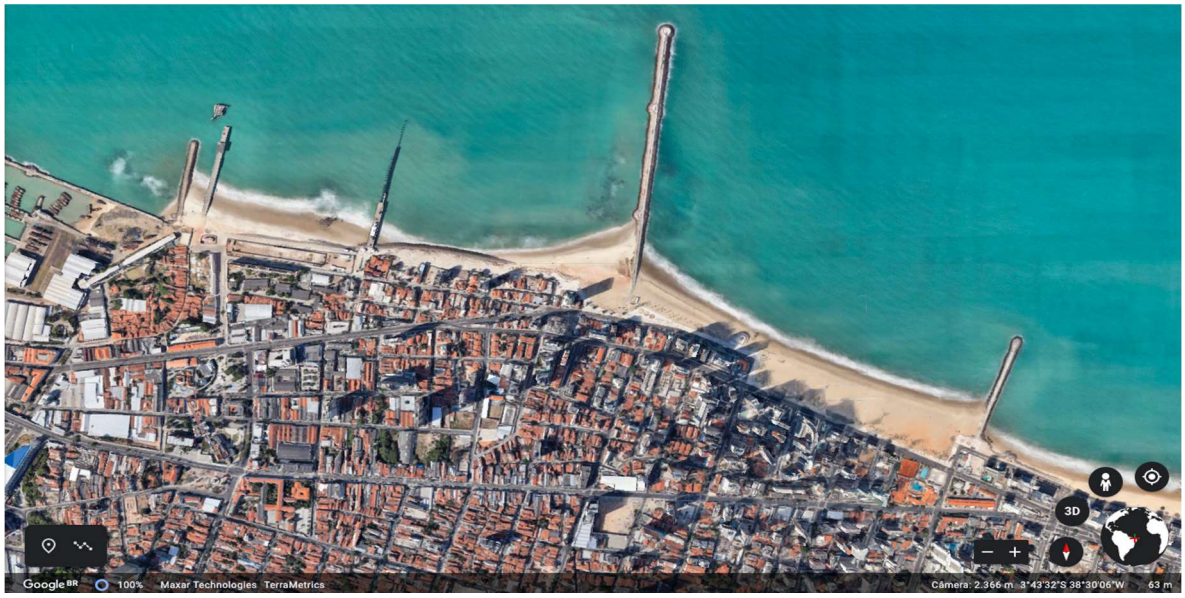


Figura 29.4. Campo de espigões na Praia de Iracema, Fortaleza, Ceará.

Fonte: Google Earth, 2020.

Já as obras do tipo "naturais" consistem em reproduzir artificialmente o efeito que praias e dunas promovem como linhas de defesa do litoral. Neste contexto, o principal tipo de intervenção é o preenchimento artificial de praias (comumente denominado por engordamento de praia, recuperação artificial de praia, ou aterro). Outros tipos incluem os sistemas de transposição

artificial de areias[14] (ver Loza, 2008) e criação, recuperação ou fixação de dunas. Tais intervenções são usualmente consorciadas com obras rígidas (Figuras 29.4 e 29.7), ou ainda são usadas como medidas mitigadoras de impactos advindos das intervenções iniciais. A seguir são descritas as principais tipologias de obras de defesa do litoral.

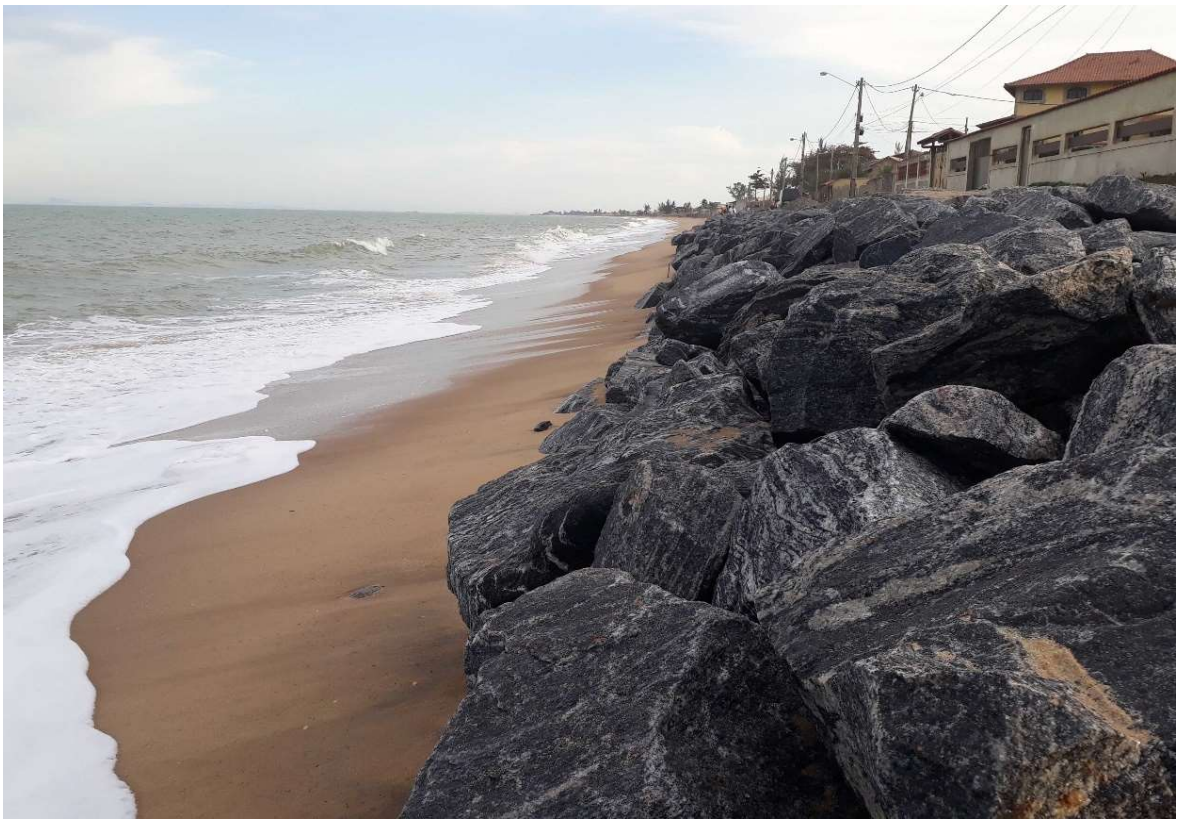


Figura 29.5. Estrutura longitudinal aderente à costa do tipo muro de enrocamento na Praia do Abricó, Rio das Ostras, RJ.

Fonte: Foto de Eduardo Bulhões, 2018.

Espigões e Molhes

Os espigões (*groins*) são uma das mais utilizadas opções de defesa do litoral. Trata-se de construções transversais, estreitas, fixadas na costa e estendidas do pós-praia até atingir, ao menos, a primeira faixa de arrebentação atuando diretamente sobre o transporte longitudinal de sedimentos na faixa onde este é mais eficiente. Podem ser construídos utilizando blocos rochosos, cimento/concreto, madeira, metal ou tecidos sintéticos resistentes e preenchidos com areias ou outros materiais como os geotêxteis (Figura 29.6).

[14] *sand by pass*



Figura 29.6. Espigão Guia-Corrente construído com geotêxteis (*geobags*) para interromper o transporte de sedimentos, fixar a embocadura de um canal e fornecer acesso à uma marina em Armação de Búzios, RJ.

Fonte: Foto de Eduardo Bulhões, 2015.

As funções dos espigões são: a) intervir parcial ou totalmente no transporte de sedimentos litorâneo fazendo com que ocorra deposição a barlamar; b) estabilizar praias sujeita a modificações periódicas; c) alargar a extensão das praias; d) evitar assoreamento a sotamar; e) complementar a fixação para a alimentação artificial de praias. Os espigões podem agir isoladamente ou em conjunto, formando um campo de espigões.

Quando utilizado isoladamente, o espigão favorece o aumento local da praia a barlamar, fixação de embocadura a sotamar, agindo como um guia-corrente, limitando a extremidade de estruturas longitudinais aderentes, ou de alimentação artificial de praias (exemplo da Figura 29.7) e delimitando uma unidade morfológica. Já quando utilizado em conjunto, campo de espigões (Figura 29.4), atua na criação ou proteção da faixa de praia, formação de praia com transporte litorâneo natural, e complemento na formação da praia com alimentação artificial reduzindo o volume de alimentação e/ou sua frequência (Alfredini e Arasaki, 2009; Netto, 2017). Ocasionalmente podem ser construídos em formato não perpendicular à costa, podem permitir alguma permeabilidade, podem ser curvos ou ter um formato de rabo-de-peixe em sua extremidade junto à costa ou um formato de T na sua porção distal, o que evita o transporte das areias costa afora pela ação de correntes de retorno junto à estrutura (USACE, 2011).

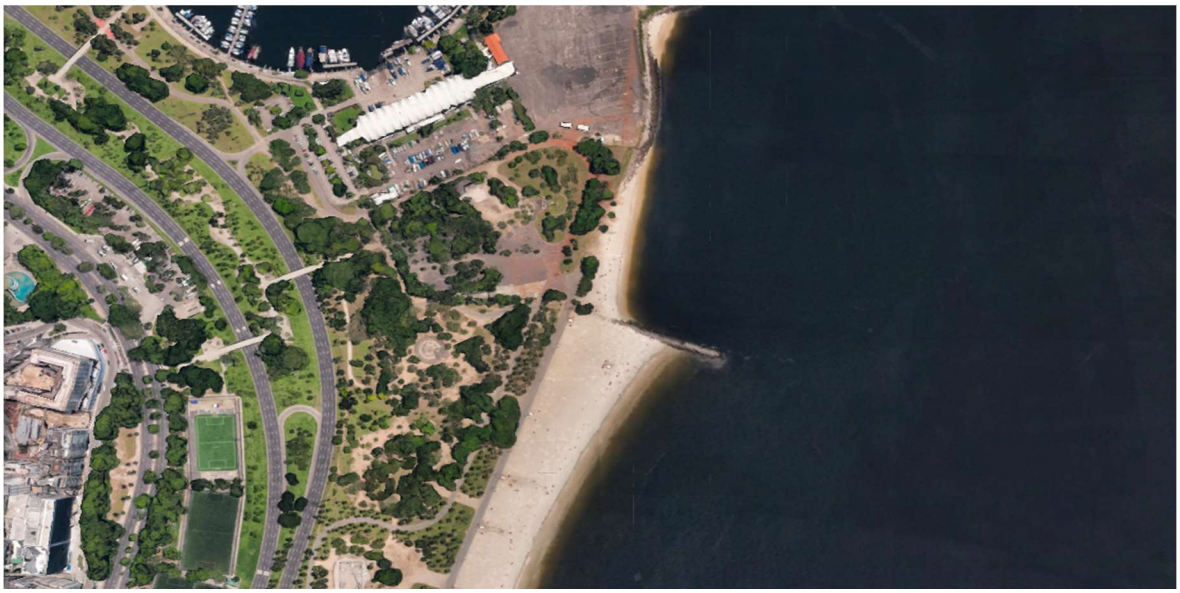


Figura 29.7. Espigão isolado utilizado como anteparo ao projeto de preenchimento artificial da praia do Flamengo, Rio de Janeiro, RJ.

Fonte: *Google Earth*, 2020.

É sempre esperado que haja erosão à sotamar da estrutura. Tal impacto normalmente é negativo e existem várias opções de mitigação. A transposição artificial de areias (*sand by pass*) é uma delas mas as soluções usualmente discutidas são as de construir novos espigões, o que costuma transportar a erosão para outras posições, ou ainda construir estruturas adicionais (Ansanelli e Alfredini, 2020), como exemplo quebra-mares, o que tende a artificializar ainda mais a linha de costa gerando potencialmente novos impactos negativos.

Usualmente, há confusão terminológica entre espigões e molhes. Molhes são estruturas semelhantes aos espigões, no entanto possuem usualmente técnicas construtivas mais complexas, são mais robustos, maiores, e visam oferecer abrigo portuário e segurança à navegação ao proteger uma baía de atracação. Não necessariamente são perpendiculares à costa (Figura 29.8), e geralmente têm mais de uma função, como a de interromper o fluxo longitudinal de sedimentos e anular as ondulações incidentes. No contexto das estruturas de abrigo portuário os molhes são também mencionados como quebra-mares enraizados (Alfredini e Arasaki, 2009).

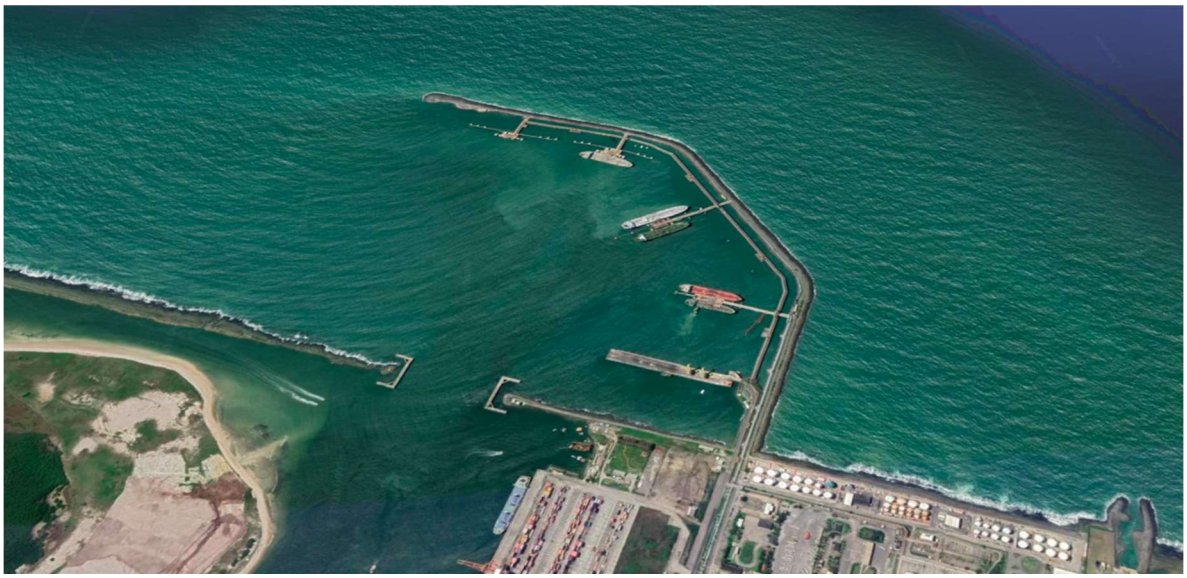


Figura 29.8. Molhe em L no porto de Suape, Pernambuco.
Fonte: *Google Earth*, 2020.

Quebra-mares destacados

Os quebra-mares, ou quebra-mares destacados (*detached breakwaters*), com função de defesa do litoral, são estruturas construídas sem contato com a costa, e em posição paralela (Figura 29.9) a esta ou à entrada predominante das cristas das ondulações incidentes, podendo ser emersos ou submersos.



Figura 29.9. Vista aérea do Quebra-Mar que protege a planta industrial da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, Angra dos Reis, Rio de Janeiro.
Fonte: Eletronuclear.

A criação de uma zona de sombra à sotamar da estrutura, favorece a deposição criando eventualmente uma saliência na linha de costa. Quando esta saliência na linha de costa se conecta ao quebra-mar destacado (Figura 29.10) têm-se a feição deposicional denominada tômbolo (Dally; Pope, 1986).

Podem ser isolados ou segmentados e conceitualmente agem na dissipação da energia das ondas, tal como uma laje rochosa ou bancada de corais, e promovem o efeito de difração de ondas tal como uma ilha próxima à costa. Ao atuar reduzindo ou impedindo a ação das ondas e sua capacidade de promover alterações na linha de costa, o resultado é a criação de uma área de sombra à sotamar da estrutura o que leva a um ambiente de menor energia que favorece à deposição e a não erosão de materiais junto à linha de costa.

Podem ser construídos por materiais de variadas formas, tamanhos e estruturas sendo os mais comuns na forma de uma pilha de blocos rochosos (enrocamento) ou blocos de concreto de formas complexas como os tetrapodos, quadrípodos, dolos, hexápodos, dentre dezenas de outros modelos (ver exemplos em Migliorini e Guimarães, 2008). Podem ser dimensionados na forma de uma estrutura única para proteger um menor segmento de praia ou podem também ser projetados de forma segmentada (Figura 29.10) o que conceitualmente traz vantagens para a proteção de um segmento maior do litoral com ligeiro menor impacto aos processos dinâmicos na linha de costa. Podem também ser mais (*detached breakwaters*) ou menos (*headland breakwaters*) afastados da costa (Rosati, 1990) e mais ou menos permeáveis, e tais configurações se traduzem no grau de geração de deposição à sotamar.

Quando submersos são chamados de quebra-mar de recife (*reef breakwaters*) (Figura 29.11) projetados para a proteção costeira com a função imediata de produzir a arrebentação de ondas na posição selecionada e, como consequência, gerar uma área de menor energia à sotamar, favorecendo a deposição. Secundariamente são projetados para favorecer práticas desportivas como o surfe.



Figura 29.10. Quebramares destacados e segmentados na costa de Sea Palling, Norfolk, UK.
Fonte: *Google Earth*, 2020.



Figura 29.11. Etapa final da construção do quebra-mar de recife (*reef breakwater*) em Palm Beach, Gold Coast, Queensland, Australia.

Fonte: *Palm Beach Artificial Reef Fact Sheet*, 2019.

Outro tipo de estrutura são os anteparos submersos (*submerged sills*), semelhantes aos quebra-mares de recife. São estreitos, paralelos e construídos em posições mais próximas à linha de costa com a função específica de retardar a movimentação costa afora de areias. Neste contexto acabam também por impedir a movimentação de areias em direção à costa. Tais estruturas criam uma interrupção no perfil de praia e visam manter um formato projetado para o segmento transversal da praia emersa.

Os impactos negativos dos quebra-mares também são esperados, e incluem a redução na circulação local - o que pode afetar a balneabilidade -, os custos de construção e manutenção tendem a ser mais elevados do que uma estrutura enraizada na costa, podem oferecer riscos à navegação, possibilitar erosão em áreas adjacentes como resultado da acumulação na área de sombra, e gerar impactos estéticos negativos que artificializam e desvalorizam a paisagem costeira.

Estruturas longitudinais aderentes (revestimentos): muros, paredões, diques e enrocamentos

As estruturas longitudinais aderentes ou revestimentos (*revestments*) são utilizadas para estabelecer o limite da praia em costas que não possuem mais uma proteção natural suficiente. Essas podem ser utilizadas como provisórias em áreas significativamente afetadas pelo mar para evitar o recuo da praia e também definitivas, onde consistem em manter a costa em posição avançada em relação às áreas vizinhas (Alfredini e Arasaki, 2009). As funções dessas estruturas são resistir à ação de ondas, servir de apoio de contenção de aterros ou praias artificiais e coibir inundações durante a ocorrência de eventos meteorológicos extremos (Netto, 2017).

Muros ou Paredões (*seawalls*) são estruturas que visam prevenir e amenizar o alcance das ondas costa adentro. São projetados para fixar a posição limite da praia emersa (Figura 29.12). São

construídos de forma paralela à costa e usualmente são entendidas como estruturas fundamentais para a proteção de uma rodovia, de um calçadão, casas e edifícios (USACE, 2011). Quanto ao perfil vertical podem ser, inclinados, verticais, côncavos ao fundo e arqueados na superfície ou combinados (Alfredini e Arasaki, 2009) e tal desenho é definido para o melhor atendimento ao tipo de costa e interação com o ataque e espraiamento das ondas. Sua dimensão vertical é projetada desde a porção soterrada (função do estoque vertical de areias) até a sua cota máxima (função da altura das ondas) o que eventualmente pode ser ultrapassada em eventos excepcionais (Figura 29.14) sem que isso signifique necessariamente uma falha do projeto. Os materiais utilizados usualmente são pilhas de rochas (enrocamentos) (Figura 29.5), gabiões (Figura 29.13), peças ou estacas de concreto, estacas metálicas ou madeira, ou ainda materiais consorciados.



Figura 29.12. Exemplo de muro de gabião com concha defletora em concreto. Praia dos Cavaleiros, Macaé, RJ.

Fonte: Eduardo Bulhões, 2019.

Por se configurarem como estruturas paralelas e enraizadas na costa, não atuam na retenção da circulação longitudinal de sedimentos que permite a manutenção das perdas por deriva geradas pela ação oblíqua das ondas. Adicionalmente, a interação da estrutura com o espraiamento das ondas gera um aumento do transporte transversal pelo efeito de reflexão das ondas na estrutura. Tal efeito acaba por aumentar a velocidade do fluxo e o transporte das areias (USACE, 2011), e em muitos casos promove o desaparecimento sazonal ou permanente da praia (Pilkey e Wright III, 1988) e esses impactos são graves. Como a estrutura protege apenas o segmento em que está apoiada, as áreas à barlamar e sotamar continuam desprotegidas, e caso apresentem aspectos erosivos, podem contribuir para o colapso da estrutura (Figura 29.13).



Figura 29.13. Exemplo de colapso de estrutura do tipo muro de gabião na praia da Tartaruga, Rio das Ostras, RJ.

Fonte: Eduardo Bulhões, 2016.



Figura 29.14. Exemplo de galgamento das ondas (*overtopping*) em muro de enrocamento com destruição de benfeitorias durante evento de ondas de tempestade em abril de 2010. Baía de Guanabara, Niterói, RJ.

Fonte: Guilherme Fernandez, 2010.

Diques são estruturas longitudinais que tem a função específica de impedir o alagamento de áreas baixas do litoral, mesmo em áreas sem histórico de erosão. Seu uso é antigo (Verhagen, 1990) e são normalmente construídos como uma pilha de materiais finos (areia e silte) com a declividade suave na porção voltada para o mar o que busca reduzir o espraiamento e o seu efeito erosivo (USACE, 2011). A superfície dos diques é normalmente estabilizada usando grama ou vegetação com estrutura mais densa, asfalto, blocos de rochas ou concreto (Figura 29.15).



Figura 29.15. Dique coberto por grama, concreto e protegido por enrocamento na Holanda.
Fonte: Kobus van Leer a partir do Pixabay.

Não é incomum haver confusão entre a identificação de diques e demais formas naturais de proteção costeira como a construção de praias e dunas artificiais. Os diques agem como uma estrutura de proteção frente a inundações em situações de grandes ressacas em costas baixas de terrenos costeiros. Normalmente os diques têm um formato bem definido e homogêneo. Já a fixação de dunas consiste em impedir a mobilidade da duna, mantendo-a estável para que tal formação natural proteja os terrenos costeiros, funcionando também como uma barreira contra as inundações. Tais intervenções serão discutidas a seguir.

Alimentação artificial e recuperação de praias e dunas

A alimentação ou preenchimento artificial (*beach nourishment*) de praias consiste em um conjunto de intervenções de engenharia que objetivam suprir artificialmente determinado segmento da costa ampliando o volume de areias. Suas funções visam intervir no balanço sedimentar, restabelecer o transporte de sedimentos litorâneo e assumir a função de defesa do litoral. Diversas intervenções como estas, com maior ou menor sucesso, vêm sendo adotadas no Brasil e no mundo. Nordstrom (2010) é uma excelente referência para entender este panorama, no qual, Pilkey e Cooper (2014) apresentam sempre uma visão crítica sobre sua efetividade.

Os projetos de recuperação ou alimentação artificial de praias e a construção de dunas artificiais preveem a adição de materiais semelhantes aos perdidos. Os princípios desses sistemas são simples e consistem na dragagem, no transporte e na deposição das areias, no entanto, algumas etapas

operacionais partindo do *design* do sistema e das distâncias do transporte podem ser complexas e onerosas (Loza, 2008) cabendo ponderação para definir o melhor cenário e desenho para um sistema sobretudo em função da posição da fonte de extração de areias.

Um desentendimento muito comum sobre os projetos de alimentação artificial de praias e dunas é que eles são falhos na medida em que são destruídos pelas ondas e precisam ser reconstruídos. Ocorre que esses projetos têm a finalidade de absorver a energia e a forma com que eles fazem isso é se movimentando. Desde que haja disponibilidade de recursos e fontes de materiais arenosos compatíveis, a continuidade (manutenção) é uma das ideias chave nesses projetos uma vez que, ao contrário das estruturas rígidas perpendiculares à costa (ex. espigões) que restringem a movimentação de areias, os materiais que são eventualmente erodidos serão livremente movimentados para outros segmentos do litoral (Bulhoes, 2018a). No Brasil, o principal exemplo desse tipo de intervenção foi executado na praia de Copacabana (Figura 29.16), em 1969-1970, visando defender a orla urbanizada do ataque de ondas de tempestade e ampliar a praia recreativa. Vera-Cruz (1972) apresenta o panorama dos estudos e procedimentos técnicos dessa intervenção e indica a utilização de 3,5 milhões de m³ de areia, dragadas da zona submarina, para aumentar a largura média da praia de 55 para 140 metros.



Figura 29.16. Exemplo da praia de Copacabana antes e depois do projeto de alimentação artificial. À esquerda registro de evento com ondas de tempestade na praia de Copacabana, trecho do Leme, ocasionando destruição do calçadão. À direita foto panorâmica do ano de 2006.

Fonte: à esquerda: Fundação Biblioteca Nacional; à direita: Renata Rocha, licença *wikimedia commons*.

Outras intervenções no Brasil podem ser exemplificadas. Em Marataízes/ ES, a intervenção de alimentação artificial foi feita em consórcio com a construção de outras estruturas de contenção (Figura 29.17), e apesar de resolver localmente a erosão costeira, transportou-a para áreas imediatamente ao sul. Em Fortaleza/ CE, as intervenções para a recuperação artificial da praia de Iracema também foram executadas em consórcio com a construção de espigões e revestimentos e já previam procedimentos periódicos de manutenção. Outros segmentos do litoral da capital do Ceará experimentam problemas de erosão costeira e buscam obras de recuperação artificial do perfil das praias, que viram suas dinâmicas afetadas sobretudo a partir da construção do Porto de Mucuripe na década de 1940 (Fechine, 2007). Em Paulista/PE, na Praia do Janga, Oliveira et al. (2012) relatam que a adição de areias foi necessária para recuperar áreas onde os quebra-mares foram instalados. Outros exemplos no Brasil incluem projetos recentes executados em Santa Catarina, como nos municípios de Piçarras, Florianópolis e Balneário Camboriú.



Figura 29.17. Exemplo em Marataízes/ ES. Composição de proteção costeira formada por um projeto de alimentação artificial de praias e estruturas rígidas. O espigão mais ao norte é retilíneo e transversal, enquanto ao sul a sequência de estruturas mostra um formato alternativo, por vezes denominado de "promontório artificial", usado para a manutenção do estoque das areias do preenchimento artificial. Nota-se que os efeitos da erosão costeira foram transportados para imediatamente ao sul da área de influência das estruturas, com indícios comprováveis do estreitamento da faixa de areia.

Fonte: *Google Earth*, 2020.

Nos EUA, os proprietários de imóveis na faixa costeira historicamente viam as dunas naturais como empecilhos para avistar o mar e dificultadoras da acessibilidade à praia. Neste contexto, os projetos de recuperação artificial de praias mantinham o foco no alargamento da praia e não na recuperação ou construção de dunas. Charbonneau (2015) relata que após a passagem do furacão Sandy em outubro de 2012, e contabilizados seus resultados materiais catastróficos, o contraste manifesto entre os segmentos litorâneos que foram protegidos da tempestade pelas dunas comparados aos segmentos que não continham dunas definiu uma mudança na opinião pública sobre a presença das mesmas. As dunas passaram então a ser vistas como *commodities* para a valoração dos imóveis situados na frente de praia. Neste país o volume de investimentos federais, para a proteção costeira vem sendo direcionado para projetos de recuperação artificial de praias uma vez que esses são considerados como defesas leves, flexíveis, naturalmente reversíveis e facilmente modificáveis, em oposição à projetos rígidos que são mais onerosos e permanentes mas reduzem a resiliência da costa ao impedir o fluxo natural de águas e materiais. Exemplos desses projetos podem ser citados na costa leste como o clássico da praia de *Sandy Hook* em New Jersey (Nordstrom et al., 1978); na costa oeste como no Oregon (Allan e Komar, 2002); e no golfo do México (Trembanis e Pilkey, 1998). Entre 1950 e 2006 o corpo militar norte-americano de engenheiros ajudou a construir aproximadamente 550 km de projetos de recuperação artificial de praias.

Na Holanda, as dunas são historicamente conhecidas por defender o litoral. De acordo com Verhagen (1990) a primeira construção de duna artificial para conter problemas de erosão costeira data de 1403. Neste país, as dunas além de fornecer valiosa proteção à costa são valorizadas atualmente por abastecer as fontes de água potável através da infiltração, por criar áreas de recreação e por serem áreas críticas do ponto de vista ecológico. Nesse sentido, no país onde 26%

do território e 21% da população vive abaixo do nível do mar, por determinação governamental (Minister of Public Works, 1988), as obras de proteção costeira são construídas para manter a costa na posição em que estava no ano de 1990 (Verhagen, 1992) preferencialmente através do uso de alimentação artificial do sistema praia-duna. Cabe citar que atualmente o maior projeto de alimentação artificial de praias visa conter a erosão costeira e preparar a costa holandesa para a elevação do nível do mar. O projeto se chama *Sand Engine*, (Figura 29.18) e visa se antecipar aos problemas de erosão e inundação, e concentrar volumes de 21,5 milhões de m³ (Stive et al., 2013) para atender cerca de 20 quilômetros de linha costa em 20 anos com melhor custo-benefício.



Figura 29.18. *Sand Engine* ou "Motor de Areia" no litoral da Holanda.
Fonte: *Google Earth*, 2020.

Na Espanha, a importância das intervenções em alimentação artificial de praias no Mar Mediterrâneo cresceu desde o final do século 20 visando potencializar impactos positivos no turismo e evitar os impactos negativos de obras rígidas (Aragones et al., 2015). Apenas na Comunidade Valenciana, no leste do país, vinte e nove intervenções como essas foram feitas entre 1985 e 1999 por se considerar a opção mais ambientalmente amigável.

Em Portugal, na costa da Caparica (Veloso-Gomes et al., 2009), a retração de três quilômetros de um pontal arenoso entre 1929 e 1957 promoveu a erosão do sistema praia-duna. No período entre 1959 e 1972 a resposta foi a de construir obras rígidas do tipo paredão (*seawall*) e um campo de sete espigões, cada um com 180 metros de comprimento. Entre 1972 e 2000 a linha de costa se manteve estável apesar de alguns eventos localizados de erosão durante tempestades de inverno. Daí em diante verificou-se que a erosão costeira continuaria e que as estruturas existentes deveriam ser reparadas. Decidiu-se pela alimentação artificial do sistema praia-duna utilizando-se de 3 milhões de m³ de areia extraídas de um canal de navegação próximo e pela recuperação dos espigões e dos paredões. Dunas artificiais foram construídas onde não existiam paredões. A autoridade de gerenciamento costeiro espera futuramente poder retirar três dos espigões e o sucesso das intervenções conciliou estruturas rígidas, recuperação artificial do sistema praia-duna e planejamento urbano.

Na Alemanha, as políticas de gerenciamento costeiro identificam a proteção à natureza como um componente integral dos projetos dimensionados para a proteção dos usos humanos na costa (Nordstrom et al., 2007). Os gestores reavaliam o desejo de estabilizar o litoral considerando formas de manter a costa mais móvel e preferindo realçar as transferências de sedimentos entre áreas de acumulação e erosão, reiniciar a sucessão ecológica para aumentar a biodiversidade e retornar áreas desenvolvidas para uma condição mais natural. Na prática existe a preferência na utilização de materiais naturais como rochas, areias, solo e madeira nas estruturas de defesa do litoral, devendo-se considerar a relação mútua entre aspectos fisiográficos (paisagem), ecológicos e econômicos.

No Japão, na costa de Hasaki, no leste do país, 50 milhões de m³ de areia foram injetados na praia entre 1965 e 1977 (Banno e Takewaka, 2016), resultantes das operações de dragagem portuária. Parte desse "aterro" virou terra habitável e cerca da metade virou praia que se ajustou à dinâmica costeira. Em 2013, apesar da sequência decadal de eventos de erosão e acumulação, foi verificado que a posição média da praia avançou 70 metros quando comparada com 50 anos antes.

Existem algumas formas básicas de concepção desses projetos que variam visando atender os objetivos ou se adaptar ao montante de recursos disponíveis ou a exigências ambientais. As formas variam desde uma pilha de areia (*pile sand*) posicionada na faixa de estirâncio à barlamar da área em que se pretende intervir, o reforçamento vertical ou horizontal de dunas frontais ou a construção artificial de bancos de areia na zona submarina. Nesses casos, gradualmente a ação de ondas, marés, ventos e deriva litorânea proporcionam o espalhamento e o ajuste morfológico do perfil e os resultados tendem a ser menos controlados e mais naturalizados. Projetos mais complexos visam recompor o perfil ativo desde a duna frontal até a profundidade de fechamento utilizando maquinário para a terraplanagem e anteparos emersos e/ou submersos para a criação e manutenção da forma desejada para o perfil.

Os impactos negativos dos projetos de recomposição/ construção de praias e dunas sobre o meio físico são relativamente menores quando comparados às estruturas rígidas (Nordstrom, 2010) e ocorrem quando são construídas dunas muito íngremes ou com areias incompatíveis. Dunas e praias íngremes tendem a colapsar rapidamente, podem impedir a locomoção da fauna terrestre e reduzir a acessibilidade dos usuários. Quanto às areias, se as mesmas forem menores que as nativas elas podem ser perdidas rapidamente pela ação de ventos e ondas. Se as areias forem muito maiores podem agir refletindo a ação das ondas e formando escarpas elevadas o que inviabiliza uma praia recreativa e acessível. A compatibilidade dos materiais a serem usados nos projetos de recuperação artificial do sistema praia-duna deve considerar os aspectos de tamanho, forma, cor e textura.

Sobre o meio biótico os impactos imediatos dos projetos de recomposição/construção de praias e dunas são normalmente severos e temporários tanto nas áreas de empréstimo de areias quanto nas áreas de intervenção. Utilização de equipamentos e maquinário pesado, aumento de turbidez, modificação da morfologia da praia, alteração da composição química e granulométrica dos materiais, remoção de áreas de alimentação, nidificação e desova, soterramento de habitat, são exemplos de alterações que promovem impactos negativos sobre a biota e as consequências tendem a alterar a abundância, biomassa, riqueza, tamanho e composição das espécies (Nordstrom, 2010) havendo ainda o risco de viabilizar oportunidades para espécies invasoras. Usualmente espera-se no curto e médio prazo uma recomposição da flora e da fauna desde que os materiais sejam semelhantes aos pré-existentes. No entanto, conceitualmente a efetividade dos projetos de recuperação artificial de praias esbarra nos custos e na capacidade de manutenção. Os custos tendem a subir na medida em que as fontes próximas de materiais se esgotem. No contexto da elevação do nível do mar tais custos no médio e longo prazo se tornarão impeditivos e por fim, advogam Pilkey e Cooper (2014), caso se mantenha o objetivo de proteger as edificações, a solução final acabará sendo uma obra rígida como um muro culminando com o desaparecimento da praia.

Outras formas de ação frente à erosão costeira

À despeito de dezenas de outras estruturas de defesa do litoral criadas e patenteadas como alternativas às previamente citadas neste texto, de acordo com Cooper e Pilkey (2012), trata-se dos mesmos princípios. Verdadeiras alternativas frente à ameaça da erosão costeira e aos projetos de defesa do litoral que merecem discussão são os mecanismos e estratégias de acomodação, retração e sacrifício.

No caso das áreas que enfrentam o problema da erosão costeira, a acomodação significa conviver com o risco. De acordo com o relatório IPCC CZMS (1990), isso implica um planejamento avançado que pode determinar um conjunto de ações que incluem a elevação de determinadas estruturas (ex.: casas) em áreas onde ocorrem inundações, códigos e planos de construção e de uso e ocupação do solo mais restritivos, reestruturação dos sistemas de drenagem, sistemas que alertem as comunidades sobre a ocorrência de tempestades, incluindo ou não planos de evacuação e, no nível regional, proibição de construção de barragens e mineração de areias.

Retração e sacrifício são medidas não estruturais de combate e adaptação aos impactos adversos da erosão costeira. De forma simples, no primeiro caso, trata-se de remobilizar a estrutura construída para terrenos à retaguarda, fora do alcance da área em erosão. É uma estratégia de não enfrentamento. No segundo caso, trata-se de uma opção de "fazer nada" frente à erosão costeira. Tais medidas podem ser planejadas ou não e, na prática, a segunda é mais comum do que a primeira.

A retração pode ser uma ação proativa quando planejada, ou retroativa quando forçada. No primeiro caso tende a ser uma estratégia de adaptação vantajosa em áreas onde o custo para a proteção efetiva de determinado segmento costeiro é muito elevado e/ou crescente, ou onde os recursos disponíveis são insuficientes para tal (Nordstrom et al., 2015). Adicionalmente visa proteger vidas, recursos e infraestrutura, limitar gastos com manutenção de moradias e estruturas de defesa do litoral, e preservar áreas naturais valorizadas (Niven e Bardsley, 2013). Na retração planejada trata-se de uma ferramenta estratégica de gestão costeira integrada e planejamento urbano, que inclui mudança no uso do solo e prevê a realocação planejada da infraestrutura urbana (Williams et al., 2017), visando evitar as incertezas e os impactos negativos dos eventos de erosão costeira e inundação de forma mais específica, e das mudanças climáticas e elevação do nível do mar de forma mais geral. Tal estratégia prevê que a movimentação natural da linha de costa e seus ecossistemas integrados (principalmente praias e dunas) seja uma forma eficiente de adaptação às condições variáveis que impulsionam energia para o litoral. Em algumas áreas essa é, de fato, uma estratégia menos custosa e mais efetiva do que realizar intervenções estruturais de defesa do litoral, invariavelmente temporárias. No geral as estratégias governamentais para a retração planejada envolvem a aquisição de terras, restrições ao uso do solo, proibição de reconstrução de propriedades danificadas pela erosão costeira e redução dos subsídios e incentivos para o desenvolvimento e ocupação em áreas vulneráveis (IPCC CZMS, 1990; Zhu et al., 2010). Para Pilkey et al. (2016) a retração planejada é, antes de tudo, uma estratégia para preservar a linha de costa para as gerações futuras, enquanto a retração forçada é uma ação inevitável em determinados segmentos costeiros.

Existem exemplos antigos e recentes de cidades e comunidades que adotaram a retração planejada como estratégia. Esteves (2014) traça um panorama histórico bastante abrangente sobre a questão, desde as comunidades tradicionais que viam a costa como um lugar perigoso para se estabelecer permanentemente, até exemplos mais recentes na Europa e no Reino Unido, onde as estratégias de retração e realinhamento planejado ocorreram em maioria nas áreas estuarinas. Já nos EUA, essa autora e seus colaboradores resgatam poucos exemplos em ambientes de praias oceânicas expostas (ex. Maui, Hawaii), exemplos esses pouco comuns em função do elevado valor

que o homem atribui às amenidades de se viver em frente ao mar (Nordstrom et al., 2015). A literatura indica também que na maioria dos casos (ex. comunidades no Mar do Norte e nos EUA) a resposta inicial frente aos eventos de erosão costeira e inundação foi o de construir revestimentos e espigões, seguido pela retração forçada ou abandono ao passo que, em poucos casos, estratégias de retração planejadas foram adotadas (Neal et al., 2017).

Os principais impactos negativos das estratégias de retração planejada são os econômicos e sociais. Em áreas mais valorizadas, os custos para a compra de terras, desapropriação, demolição e relocação da infraestrutura existente podem se tornar impeditivos. Já os impactos sociais partem de que, em um primeiro momento, não é fácil convencer a maioria dos tomadores de decisão, os grupos econômicos e a comunidade de que as mudanças climáticas são reais, e menos ainda que a retração planejada é uma ação necessária, o que dificilmente resultaria em uma legislação eficiente para tal. No Brasil e em outros países, os aspectos fundiários, seja em áreas urbanas ou rurais são complexos, o que certamente levaria à ações judiciais de longo prazo. Outros aspectos como os psicossociais e políticos, somados às incertezas quanto aos cenários futuros, são os que colocam a estratégia de retração planejada como uma das últimas opções para o enfrentamento da erosão costeira (Neal et al., 2017) e, no geral, levam até a opção de "fazer nada", discutida a seguir.

"Deixe a natureza seguir o seu rumo" ou "O mar veio buscar o que é dele" são frases emotivas repetidamente proferidas em áreas onde os eventos de erosão costeira geram resultados visíveis mais impactantes. Tais percepções e suas variantes, somadas às incertezas e ao negacionismo científico, servem como justificativa útil para a decisão, velada ou assumida, de "fazer nada". A decisão de "fazer nada" ou "abandonar" determinado segmento da linha de costa que sofre os impactos negativos da erosão costeira pode também ser uma estratégia de gestão (Neal et al., 2017), mas historicamente não o são. Centenas de exemplos podem ser citados sobre propriedades que foram abandonadas após eventos episódicos como grandes tempestades. Outros exemplos podem ser citados em áreas onde a erosão costeira é crônica e decide-se também pelo "fazer nada" (Figura 29.19).

A estratégia planejada de "fazer nada" ou "abandonar" determinado segmento costeiro em erosão também é referida como "áreas de sacrifício" (Williams et al., 2017) e é frequentemente utilizada após fortes tempestades ou furacões quando as propriedades ou mesmo obras de defesa do litoral são severamente danificadas ou em áreas onde a erosão costeira é reconhecida como crônica. Em algum grau as estratégias de retração planejada assumem que algumas áreas e propriedades serão sacrificadas e em alguns casos a estratégia de "fazer nada" é um método usado para se implementar a retração planejada no médio e longo prazo. Nessa perspectiva há o entendimento que a infraestrutura construída atingiu a sua "data de validade" (Niven e Bardsley, 2013) na medida em que o nível do mar e os seus perigos associados a atingiu. No geral, essa estratégia pode ser vista pela maioria como uma falha na gestão do risco nas zonas costeiras, normalmente justificadas pelas incertezas quanto o alcance e a temporalidade da erosão e, para minimizar isso, é importante que tais tomadas de decisão sejam compartilhadas com a comunidade.



Figura 29.19. Praia de Atafona, São João da Barra, RJ. Cinco décadas de erosão costeira e de estratégia de "fazer nada" resultaram na perda aproximada de 1.000.000 m² e mais de 180 residências, ao longo de 14 quarteirões. Para uma revisão sobre o tema ver Bulhões (2018b).

Fonte: Foto de Eduardo Bulhões, 2019.

Contrapontos: Eco-engenharia e projetos híbridos para e defesa do litoral

Para muitos autores como Nicholls et al. (1999), Sallenger et al. (2012), Tollefson (2012), Arkema et al. (2013), dentre outros, a combinação das ameaças das mudanças climáticas como a elevação do nível do mar, o aumento da magnitude e frequência de tempestades extremas com a degradação dos ecossistemas costeiros expõe pessoas e propriedades aos riscos naturais na faixa litorânea mundial.

Há um crescimento no número de estudos que buscam avaliar a contribuição dos ecossistemas costeiros e estuarinos para a defesa do litoral. Os chamados serviços ecossistêmicos - entendidos por Daily (1997) como as condições e processos através do qual os ecossistemas naturais e as espécies que os constroem, sustentam e preenchem a vida humana - de defesa do litoral incluem aqueles fornecidos por recifes de conchas ou corais, vegetação de dunas e praias, manguezais, marismas, dentre outros (Barbier et al., 2011). A perspectiva é que tais ecossistemas podem ser restaurados e refuncionalizados para atender diretamente os objetivos de proteção costeira, além dos outros serviços como a sustentação do estoque de pescado, a manutenção de habitat, a filtração e detoxificação de poluentes (Worm et al., 2006). Temmerman et al. (2013) e Morris et al. (2018) apontam que a destruição ou supressão de habitat, incluindo os que promovem efetiva proteção à costa, é maior ao redor das áreas urbanas e ironicamente nas áreas onde os impactos da erosão e inundação são maiores para os humanos. Em resposta a isso, estruturas rígidas são construídas para mitigar os impactos negativos da erosão costeira e é conhecido e documentado que essas estruturas artificializam ainda mais o litoral gerando impactos ecológicos ainda mais

negativos, como a perda de biodiversidade, a incorporação de espécies invasoras, o declínio na qualidade da água, dentre outros (Dafforn et al., 2015) e, não raro, transportando a erosão costeira para áreas adjacentes (Souza, 2009).

Neste contexto, para além de defender o litoral dos impactos negativos da erosão costeira, são discutidas soluções para mitigar os impactos negativos também das estruturas rígidas de defesa do litoral uma vez que essas ameaçam os ecossistemas costeiros e estuarinos. Tais soluções se enquadram no contexto das "soluções baseadas na natureza"[15] que conceitualmente buscam entender os aspectos da natureza como um meio de promover soluções para a mitigação das mudanças climáticas e cooperar nos desafios da adaptação humana (IUCN, 2012). Em estudos aplicados à zona costeira, ao redor desse conceito surgiram outros como "infraestrutura baseada na natureza", "engenhando com a natureza", "construindo com a natureza", "engenharia leve", "infraestrutura azul/verde", "eco-engenharia" e "costas vivas". De uma forma geral, tais conceitos tratam de práticas que usam a natureza para otimizar as adaptações e mitigações do homem frente aos desafios das mudanças climáticas, seja como uma alternativa, seja como um complemento à infraestrutura construída para tal finalidade (Nesshover et al., 2017).

As opções da "eco-engenharia", relatam seus defensores, incluem benefícios adicionais como a provisão de biodiversidade (Temmerman et al., 2013) e, na maioria dos casos, a redução de custos de manutenção dos sistemas de proteção costeira. Adicionalmente, Alves et al. (2009) mostram que a proteção e restauração dos ecossistemas costeiros e seus serviços de defesa do litoral geram um impacto positivo, em termos de custo-benefício, na defesa do litoral como um todo. Por outro lado, enquanto sistemas dinâmicos, as estruturas naturais de proteção costeira trazem incertezas em relação à sua efetividade (Bouma et al., 2014) e, como dito, a incerteza é a justificativa que se impõe como a principal limitação para a tomada de decisão e seu uso mais amplo. Morris et al. (2017) acompanham a mesma visão e concluem que o primeiro passo é que tais propostas sejam aceitas pela sociedade como reais alternativas às soluções mais tradicionais de defesa do litoral, para tal são necessários comparações e dados seguros sobre custos e efetividade dessas soluções.

Há a indicação que a principal vantagem é que esses sistemas se adaptam às mudanças futuras e tendem a se auto recuperar após grandes tempestades. A seguir alguns exemplos.

- **Manguezais e Marismas:**

Gittman et al. (2014), na Carolina do Norte, EUA, mostram exemplo dos impactos do furacão Irene de 2011, nível 1, sobre estruturas longitudinais aderentes do tipo enrocamento e as comparam com os danos sofridos em áreas onde havia marismas (ou "pântanos salgados"). Os autores mostram que 76% das estruturas longitudinais rígidas sofreram algum tipo de dano ao passo em que as áreas ocupadas pelos marismas não foram afetadas significativamente. Nas áreas onde houve a redução da cobertura vegetal as mesmas foram recuperadas em menos de um ano após a tempestade. Outro exemplo de uma avaliação recente e em escala global pode ser citado sobre o ecossistema de manguezal. Menéndez et al. (2020) utilizaram modelos hidrodinâmicos e econômicos para dar a dimensão da importância da manutenção desse tipo de ecossistema em razão dos seus serviços de proteção frente à inundação costeira. Os números apontam que anualmente os manguezais reduzem danos às propriedades na ordem de U$ 65 bilhões e ajudam a proteger mais de 15 milhões de pessoas frente à inundação e erosão costeira.

Ainda sobre marismas e manguezais, Spalding et al. (2014) indicam que tais ecossistemas contribuem para a defesa do litoral reduzindo a energia das ondas incidentes, favorecendo à sedimentação e reduzindo a erosão e o transporte de sedimentos. A densidade da vegetação de tais ecossistemas é diretamente proporcional à redução dos fluxos de água, o que leva ao

[15] *Nature Based Solutions*

favorecimento da sedimentação o que usualmente leva à acreção. Soma-se a isso o fato de que a combinação de uma vegetação densa e acumulação de material sedimentar eleva a linha de costa frente ao nível do mar.

Na baía de Chesapeake, costa leste dos EUA, mais de 300 franjas de marismas foram artificialmente construídas com o plantio de gramíneas (*spartina*) e os resultados após 20 anos foram positivamente importantes no controle da erosão e na criação de habitat em áreas pantanosas (*Maryland Department of Natural Resources*, 2006).

- **Recifes de coral:**

Citando Narayan et al. (2016), Morris et al. (2018) apontam que a redução na altura significativa das ondas frente aos recifes de coral é estimada em 70% e esse é o ecossistema mais eficiente uma vez que está naturalmente exposto às maiores alturas de ondas. Frente ao ecossistema de marismas a redução na altura significativa das ondas chega a 72%, frente aos ecossistemas de ervas marinhas/florestas de Kelp a redução chega a 36% e frente ao ecossistema manguezal a redução chega também a 36%. Obviamente tais benefícios dependem de condições específicas de cada ecossistema. Tais valores são comparáveis ao que Ferrario et al. (2014) haviam encontrado para os recifes de coral, que em média reduzem a altura da onda incidente em 64%. Esses autores compararam tal proteção à de uma estrutura artificial do tipo quebra-mar destacado cujos valores percentuais estão entre 30% até 70% dependendo da dimensão da estrutura.

- **Recifes de conchas:**

A instalação de franjas conchíferas em áreas costeiras tem objetivos comerciais, mas Wiberg et al. (2018) mediram recentemente as reduções da altura de ondas promovidas por recifes de ostras em enseadas estuários e verificaram que até a profundidade de 1 metro a redução foi entre 30 e 50% da altura significativa de ondas enquanto que para profundidades superiores os efeitos caem drasticamente, ao que parece ser uma alternativa útil para áreas estuarinas uma vez que notadamente favorece a sedimentação (Meyer et al. 1997) e demais serviços ecossistêmicos (Coen et al., 2007). Ferguson (2018) calculou para a Reserva Costeira da Virgínia, uma baía estuarina na costa leste dos EUA, uma taxa de atenuação de 46% nas alturas de ondas quando na presença de recifes de conchas e uma taxa de atenuação de 78% em áreas onde ocorre marismas e sugere que uma combinação desses dois ecossistemas pode trazer resultados provadamente positivos para a proteção costeira.

- **Restauração de dunas:**

A preservação e restauração de dunas costeiras está associada ao benefício que fornece de defesa do litoral e seu uso para tal é antigo (Knutson e Finkelstein, 1987; Verhagen, 1990). Normalmente visam recompor dunas frontais onde estas foram aplainadas ou destruídas. Ocasionalmente visam altear dunas existentes para aumentar o estoque de areias e os efeitos de proteção frente à eventos de tempestade (Nordstrom, 2010). Podem ser construídas ou restauradas induzindo a ação natural ou utilizando meios mecânicos de construção. No primeiro caso normalmente é etapa associada aos projetos de engordamento de praia e na medida em que exista potencial de transporte eólico e os materiais utilizados no projeto tenham diversidade suficiente, os grãos mais finos são transportados pelo vento e tendem a interagir com a topografia ou vegetação formando dunas incipientes que com o tempo adquirem formato e estrutura de uma duna frontal natural. Em alguns projetos opta-se a utilizar cercas para favorecer o acúmulo, em outros há o plantio de vegetação, por vezes ambos. No segundo caso a restauração das dunas é projetada utilizando máquinas

mobilizadoras de terra (Figura 29.20) e em alguns casos geotêxteis (Carmo et al., 2006) para garantir um perfil calculado e normalmente homogêneo que se assemelha a um dique de areia (Nordstrom, 2010). Essa forma é normalmente indicada em áreas onde a praia é estreita e não tem capacidade suficiente de prover areia para as dunas frontais.



Figura 29.20. Remobilização mecânica das dunas frontais em Atafona, São João da Barra, RJ. Tal procedimento foi definido para interromper o avanço das dunas frontais sobre ruas, avenidas e residências. Optou-se por mecanicamente "empurrar" as dunas em direção ao mar e em seguida realizou-se o plantio de vegetação fixadora. Tais procedimentos foram eficientes por um curto intervalo de tempo.

Fonte: Eduardo Bulhões, 2017.

O maior benefício dos projetos de restauração de dunas artificiais para a defesa do litoral é que, à despeito das estruturas rígidas, as dunas funcionam como revestimentos que dissipam a energia das ondas e não apenas as refletem de volta à praia. Sejam naturais ou artificiais, promovem uma barreira física entre o mar e as áreas continentais que pode se movimentar naturalmente durante eventos de maior energia. Quando as ondas atingem as dunas e promovem sua movimentação a energia da onda foi absorvida pelas areias e não refletida nas áreas construídas à retaguarda. Dunas artificiais ou dunas recuperadas não apenas aumentam o nível direto de proteção à costa como ainda recuperam a capacidade de proteção do sistema praia-duna na medida em que a areia movimentada das dunas não é perdida e sim adicionada à praia e ao entorno formando bermas, terraços e bancos de areia, junto à praia ou submersas (Connell, 2008) o que possibilita maior dissipação de energia das ondas incidentes.

A busca por soluções híbridas (ex. Figura 29.21) para a defesa do litoral deve ser amplamente discutida, sobretudo onde esses exemplos são escassos. Soluções híbridas são aquelas que combinam formas de proteção ao litoral baseadas na recomposição ou conservação de ecossistemas costeiros e estuarinos com infraestrutura rígida construída e demais práticas já incorporadas pelo homem frente aos desafios de defender o litoral (Sutton-Grier et al., 2015). Permitem inovações no desenho dos projetos e trazem consigo benefícios consorciados para o meio físico, biótico e socioeconômico.



Figura 29.21. Praia de Boa Viagem, Recife, Pernambuco, Brasil. A faixa de areia entre duas estruturas longitudinais de proteção à costa. Soluções híbridas podem ser pensadas e melhoradas mesmo em áreas densamente urbanizadas onde há pouco espaço disponível.

Fonte: @raulds / CC BY (https://creativecommons.org/licenses/by/2.0).

Considerações finais

No amplo espectro, a concepção das ações humanas para lidar com o problema da erosão costeira deveria ser alterada para o controle da erosão costeira deixando em definitivo no passado as soluções e medidas para a estabilização da linha de costa. Tais termos trazem consigo uma mudança de percepção e de abordagem sobre os problemas crescentes da erosão costeira, e conceitualmente deveriam estar direcionados a formas de adaptação e acomodação frente aos riscos, existindo muitas opções para isso. Tal perspectiva significa repensar as formas de ocupação e defesa do litoral e seus usos, visando garantir o dinamismo natural dos ecossistemas costeiros, incluindo o transporte de sedimentos, e zerar a supressão dos habitat uma vez que estes, apesar de legalmente protegidos, são historicamente impactados negativamente pela abordagem mais tradicional de interação do homem com os ecossistemas costeiros e estuarinos.

Aparentemente em áreas estuarinas, a melhor estrutura natural de proteção costeira são os mangues e os marismas. Permitir o seu desenvolvimento através de estratégias conservacionistas basta na maioria dos casos. Eventuais programas de recuperação podem levar a benefícios de proteção costeira futuros, sobretudo para áreas mais baixas onde, no caso brasileiro, residem as populações mais vulneráveis às mudanças climáticas.

Em áreas costeiras expostas, as estratégias estruturais tradicionais de combate à erosão costeira levam a impactos negativos cumulativos que incluem perdas no transporte e estoque de sedimentos e supressão de habitat. Sob o ponto de vista da biota, o principal impacto negativo da ocupação pouco criteriosa do litoral é o estrangulamento dos ecossistemas costeiros. De um lado sofrem pressões como a perda de habitat frente à erosão costeira e os impactos da elevação do nível do mar e do outro lado sofrem a pressão da supressão parcial pela urbanização que permanece e insiste em avançar sobre a linha de costa (Defeo et al. 2009). A tal cenário somam-se os impactos negativos da decisão de serem construídas obras rígidas de defesa do litoral o que

acaba, em alguns casos, por suprimir definitivamente tais ecossistemas. A mensagem a ser considerada é que comprovadamente os ecossistemas costeiros provêm benefícios de defesa do litoral, dentre muitos outros (ex.: aumento de estoques pesqueiros, fixação de carbono, recreação, educação ambiental) e se adaptam naturalmente às mudanças climáticas, e por isso devem ser considerados como elementos a serem consorciados à todas as intervenções para o controle da erosão costeira.

Sobre os serviços de defesa do litoral fornecidos pelos ecossistemas costeiros e estuarinos citados no texto, é necessário que sejam melhor comunicados (divulgados) e valorados como ativos ambientais para que sejam efetivamente protegidos e utilizados como elementos no controle da erosão costeira. Há também a necessidade de ampliar o conhecimento específico sobre tais serviços e, no cenário ideal, alguma medida de comparação com os benefícios oferecidos por estruturas artificiais tradicionais. Ainda que em algum grau já haja o reconhecimento por parte do governo federal brasileiro sobre o tema (ver PROCOSTA[16]).

Por fim, mesmo que soluções mais ecologicamente equilibradas de defesa do litoral sejam assumidas como o novo padrão, a proteção costeira será cada vez mais insuficiente como medida isolada (Niven e Bardsley, 2013) e, em algum grau, os planos de gestão costeira deverão considerar estratégias planejadas de não enfrentamento.

Referências bibliográficas

ALFREDINI, P; ARASAKI, E. **Obras e gestão de portos e costas: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental.** 2.ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009. 776 p.

ALLAN, J.C.; KOMAR, P.D. **A dynamic revetment and artificial dune for shore protection**. In: Proceedings of the 28th Conference on Coastal Engineering, 2002, Cardiff, Wales, ASCE.

ALVES, F.L.; ROEBELING, P.; PINTO, P.; BATISTA, P. Valuing ecosystem service losses from coastal erosion using a benefits transfer approach: a case study for the central portuguese coast. **Journal of Coastal Research**, v.SI56, p.1169-1173, 2009.

ANSANELLI, L.C.; ALFREDINI, P. Sedimentary response to coastal defense works in São Vicente bay, São Paulo. **International Journal of Urban and Civil Engineering**, v.14, n.4, p.109-116, 2020.

ARAGONES, L.; GARCIA-BARBA, J.; GARCIA-BLEDA, E.; LOPEZ, I.; SERRA, J.C. Beach nourishment impact on Posidonia oceanica: case study of Poniente Beach (Benidorm, Spain). **Ocean Engineering**, v.107, n.1, p.1-12, 2015.

ARKEMA, K.K.; GUANNEL, G.; VERUTES, G.; WOOD, S.A.; GUERRY, A.; RUCKELSHAUS, M.; KAREIVA, P.; LACAYO, M.; SILVER, J.M. Coastal habitat shield people and property from sea-level rise and storms. **Nature Climate Change**, v. 3, n.1, p.913-918, 2013.

BANNO, M.; TAKEWAKA, S. Multidecadal shoreline evolution due to large-scale beach nourishment in Japan. American Geophysical Union, Fall General Assembly 2016, abstract id. EP23A-0942

BARBIER, E.B.; HACKER, S.D.; KENNEDY, C. KOCH, E.W.; STIER, A.C.; SILLIMAN, B.R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81, n. 2, p.169-193, 2011.

[16] Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa

BARNARD, P.L.; SHORT, A.D.; HARLEY, M.D.; SPLINTER, K.D.; VITOUSEK, S.; TURNER, I.L.; ALLAN, J.; BANNO, M.; KARIN, B.; DORIA, A.; KATO, S.; KURIYAMA, Y.; RANDALL-GOODWIN, E.; RUGGIERO, P.; WALKER, I.; HEATHFIELD, D. Coastal vulnerability across the Pacific dominated by El Nino/southern oscillation. **Nature Geoscience**, v. 8, n.1, p.801-807, 2015.

BOUMA, T.J.; BELZEN, J.V.; BALKE, T.; ZHU, Z.; AIROLDI, L.; BLIGHT, A.J. DAVIES, A.J.; GALVAN, C.; HAWKINS, S.J.; HOGGART, S.P.G.; LARA, J.L.; LOSADA, I.J.; MAZA, M.; ONDIVIELA, B.; SKOV, M.W.; STRAIN, E.M.; THOMPSON, R.C.; YANG, S.; ZANUTTIGH, B.; ZHANG, L.; HERMAN, P.K.J. Identifying knowledge gaps hampering application of intertidal habitat in coastal protection: opportunities e steps to take. **Coastal Engineering**, v.87, p.147-157, 2014.

BULHOES, E. Erosão Costeira: Como defender o Litoral? **Revista Ciência Hoje**, v.351, p.14-21, 2018a

BULHOES, E. **Erosão costeira e avanço do mar na localidade de Atafona, causas consequências e propostas de intervenção**. Relatório Técnico - UFF Geo costeira, 01/2018. 2018b

CARMO, J.S.A; REIS, C.S.; FREITAS, H. Successful rehabilitation of a sand dune system. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 88, p.195-204, 2006.

CHARBONNEAU, B.R. A review of dunes in today's society. **Coastal Management**, v.43, p.465-470, 2015.

COCO, G.; SENECHAL, N.; REJAS, A.; BRYAN, K.R.; CAPO, S.; PARISOT, J.P.; BROWN, J.A.; MacMAHAN, J.H.M. Beach response to a sequence of extreme storms. **Geomorphology**, v. 204, p.493-501, 2014.

COEN, L.D.; BRUMBAUGH, R.D.; BUSHEK, D.; GRIZZLE, R.; LUCKENBACH, M.W.; POSEY, M.H.; POWERS, S.P.; TOLLEY, S.G. Ecosystem services related to oyster restoration. **Marine Ecology Progress Series**, v.341, p.303-307, 2007.

CONNELL, J.O. **Coastal dune protection and restoration, using `Cape` american beach grass and fencing.** Marine Extension Bulletin. Woods Hole Sea Grant e Cape Cod Cooperative Extension. 2008.

COOPER, J.A.G; PILKEY, O.H. (Orgs). **Pitfalls of Shoreline Stabilization**. 1.ed. London: Springer, 2012. 340p.

COOPER, J.A.G.; MASSELINK, G.; COCO, G.; SHORT, A.D.; CASTELLE, B.; ROGERS, K.; ANTHONY, E.; GREEN, A.N.; KELLEY, J.T.; PILKEY, O.H.; JACKSON, D.W.T. **Sandy beaches can survive sea-level rise**. preprint, 2020.

DAFFORN, K. A.; GLASBY, T. M.; AIROLDI, L.; RIVERO, N. K.; MAYER-PINTO, M.; JOHNSTON, E. L. (2015). Marine urbanization: an ecological framework for designing multifunctional artificial structures. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.13, n.2, p.82–90, 2015.

DAILY, G. **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. 1.ed. Washington DC: Island Press, 1997. 392p.

DALLY, W. R.; POPE, J. **Detached breakwaters for shore protection**. Technical Report CERC 86-1. 1986.

DEFEO, O.; McLACHLAN, A.; SCHOEMAN, D.S.; SCHLACHER, T.; DUGAN, J.; JONES, A.; LASTRA, M.; SCAPINI, F. Threats to sandy beach ecosystems: a review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.81, n.1, p.1-12, 2009.

ESTEVES, L.S. **Managed realignment: a viable long-term coastal management strategy?** 1.ed. Dordrecht: Springer, 2014. 139p.

FECHINE, J.A.L. **Alterações no perfil natural da zona costeira da cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do século XX**. 2007. 116f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

FERGUSON, A. E. **Evaluating nature-based solutions to storm wave impacts in the Virginia coast reserve.** 2018. 188p. M.S. Thesis (Geology), University of Virginia, Charlottesville, VA, 2018.

FERNANDEZ, G. B.; MALUF, V.; BULHOES, E.; ROCHA, T. B.; PEREIRA, T. G.; OLIVEIRA-FILHO, S.R. **Impactos morfológicos e resiliência das praias do litoral do Rio de Janeiro: referência especial à morfodinâmica praial.** In: PAULA, D.P.; DIAS, J.A. (Eds.). Ressacas do Mar/Temporais e Gestão Costeira. 1ª. ed. Fortaleza: Editora Premius, 2015. 448 p.

FERRARIO, F.; BECK, M.W.; STORLAZZI, C.D.; MICHELI, F; SHEPARD, C.C.; AIROLDI, L. The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. **Nature Communications**, v. 5, n. 3794, 2014.

GITTMAN, R.K.; POPOWICH, A.M.; BRUNO, J.F.; PETERSON, C.H. Marshes with and without sills protect estuarine shorelines from erosion better than bulkheads during a Category 1 hurricane. **Ocean e Coastal Management**, v.102, p. 94-102, 2014.

HALLEGATTE, S.; GREEN, C.; NICHOLLS, R.J; CORFEE-MORLOT, J. Future flood losses in major coastal cities. **Nature Climate Change**, v.3, p.802–806, 2013.

HEMER, M.A.; FAN, Y.; MORI, N.; SEMEDO, A.; WANG, X.L. Projected changes in wave climate from a multi-model ensemble. **Nature Climate Change**, v.3, p.417-476, 2013.

HINKEL, J.; NICHOLLS, R.J.; TOL, R.S.J; WANG, Z.B.; HAMILTON, J.M.; BOOT, G.; VAFEIDIS, A.T.; McFADDEN, L.; GANOPOLSKI, A.; KLEIN, R.J.T. A global analysis of erosion of sandy beaches and sea-level rise: an application of DIVA. **Global and Planetary Change**, v.111, p.150-158, 2013.

IPCC. **First Assessment Report: Scientific Assessment of Climate Change**. Intergovernmental Panel on Climate Change, 1990.

IPCC CZMS. **Strategies for Adaptation to Sea Level Rise.** Report of the Coastal Zone Management Subgroup, Response Strategies Working Group of the Intergovernmental Panel on Climate Change. The Hague: Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1990.

IPCC. IPCC First Assessment Report Overview and Policymaker Summaries. IPCC Supplement, 1992.

IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis report.** Contributions of workgroups I, II and III to the Fifth Assessment Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

IUCN, 2012. **The IUCN Global Programme 2013–16**, Adopted by the IUCN World Conservation Congress, September 2012.

JOHNSON, J. M.; MOORE, L. J.; ELLS, K.; MURRAY, A. B.; ADAMS, P. N.; MACKENZIE, R. A.; JAEGER, J. M. Recent shifts in coastline change and shoreline stabilization linked to storm climate change. **Earth Surface Process Landforms**, v.40, n.5, p.569–585, 2015.

KNUTSON, P.L.; FINKELSTEIN, K. **Environmental considerations for dune stabilization projects**. Technical Report EL-87-2. U.S Army Engineer Waterways Experiment Research Station, Vicksburg, Mississippi, 1987.

KRON, W. Coasts: the high-risk areas of the world. **Natural Hazards**, v.66, p.1363-1382, 2013.

LEONARD, L.A.; DIXON, K.L.; PILKEY, O.H. A comparison of beach replenishment on the U.S. Atlantic, Pacific, and Gulf coasts. **Journal of Coastal Research**, v.SI6, p.127--140, 1990.

LOZA, P. **Sand Bypassing Systems**. 2008. 106f. M.S. Thesis (Environmental Engineering). Universidade do Porto. 2008.

LUIJENDIJK; A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, F.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The state of the world's beaches. **Nature Scientific Reports**, v. 8, n. 6641, 2018.

MARYLAND DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. **Shore Erosion Control**. Maryland Department of Natural Resources, Annapolis, 2006.

MENÉNDEZ, P.; LOSADA, I.J.; TORRES-ORTEGA, S.; NARAYAN, S.; BECK, M.W. The global flood protection benefits of mangroves. **Nature Scientific Reports**, v. 10, n. 4404, 2020.

MENTASCHI, L; VOUSDOUKAS, M.I.; PEKEL, J.F.; VOULOUVALAS, E.; FEYEN, L. Global long-term observations of coastal erosion and accretion. **Nature Climate Change**, v.8, n. 12876, 2018.

MEYER, D.L.; TOWNSEND, E.C.; THAYER, G.W. Stabilization and erosion control value of oyster cultch for intertidal marsh. **Restoration Ecology**, v.5, n.1, p.93–99, 1997.

MIGLIORINI, A.V.; GUIMARÃES, A.T.C. **Tipos de blocos de concreto para estrutura hidráulica de proteção às ondas marinhas e análise visual dos Tetrápodes da Barra de Rio Grande.** In: Anais do III SEMENGO - Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica. Rio Grande, RS: Universidade Federal do Rio Grande, 2008.

MINISTER OF PUBLIC WORKS. **Letter to parliament on coastal policy**, 25 march 1988 (In Dutch)

MOCZM - Massachusetts Office of Coastal Zone Management. StormSmart Properties Fact Sheet 1: **Artificial Dunes and Dune Nourishment**. 2013.

MORRIS, R.L.; KONLECHNER, T.M.; GHISALBERTI, M.; SWEARER, S.E. From grey to green: efficacy of eco-engineering solutions for nature-based coastal defence. **Global Change Biology**, v. 24, p. 1827-1842, 2018.

MUEHE, D. Aspectos Gerais da Erosão Costeira no Brasil. **Revista Mercator**, v. 4, n. 7, p. 97-110, 2005.

MUEHE, D. (Org.) **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. 1.ed. Brasília: MMA, 2006. 476p.

MUEHE, D. Erosão costeira - tendência ou eventos extremos? O litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 11, n. 3, p.315-325, 2011.

MUEHE, D. (Org). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. 1.ed. Brasília: MMA, 2018. 759p.

NARAYAN, S; BECK, M.W.; REGUERO, B.G.; LOSADA, I.J.; Van WESENBEECK, B.; PONTEE, N; SANCHIRICO, J.N.; INGRAM, J.C.; LANGE, G.M.; BURKS-COPES, K.A. The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences. **PLOS ONE**, v. 11, n. 5, 2016.

NEAL, W.J.; BUSH, D.; PILKEY, O. **Managed retreat**. In: Schwartz M. (Ed.). Encyclopedia of coastal science. Dordrecht: Springer, 2017

NESSHOVER, C.; ASSMUTH, T.; IRVINE, K.N.; RUSCH, G.M. WAYLEN, K.A.; DELBAERE, B.; HAASE, D.; JONES-WALTERS, L.; KEUNE, H.; KOVACS, E.; KRAUZE, K.; KULVIK, M. REY, F.; Van DIJK, J.; VISTAD, O.I.; WILKINSON, M.E.; WITTMER, H. The Science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. **Science of The Total Environment**, v. 579, n. 1, p. 1215-1227, 2017.

NETTO, L.R. **Distribuição e tipologia das obras costeiras no litoral fluminense**. 2017, 56f. Monografia de Graduação (Graduação em Geografia). Universidade Federal Fluminense, 2017.

NICHOLLS, R. J.; HOOZEMANS, F. M. J.; MARCHAND, M. Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. **Global Environmental Change**, v. 9, suppl. 1, p. 69-87, 1999.

NIVEN, R.J.; BARDSLEY, D.K. Planned retreat as a management response to coastal risk: a case study from the Fleurieu Peninsula, South Australia. **Regional Environmental Change**, v.13, p.193-209, 2013.

NORDSTROM, K. F. **Recuperação de praias e dunas**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 263p.

NORDSTROM, K.F.; ALLEN, J.R.; SHERMAN, D.J.; PSUTY, N.P. Management considerations for beach nourishment at Sandy Hook, New Jersey, U.S.A. **Coastal Engineering**, v. 2, p.215-136, 1978.

NORDSTROM, K. F.; ARMAROLI, C.; JACKSON, N. L.; CIAVOLA, P. Opportunities and constraints for managed retreat on exposed sandy shores: examples from Emilia-Romagna, Italy. **Ocean e Coastal Management**, v.104, p.11-21, 2015.

NORDSTROM, K.F.; LAMPE, R.; JACKSON, N.L. Increasing the dynamism of coastal landforms by modifying shore protection methods: examples from the eastern German Baltic Sea Coast. **Environmental Conservation**, v. 34, n. 3, p. 203-124, 2007.

NRC - National Research Council. **Mitigating shore erosion along sheltered coasts**. Washington, DC: The National Academies Press, 2007. 188p.

OLIVEIRA, P.F.P.; SILVA, H.A.; SANTANA, N.M.G.; MANSO, V.A.V. Avaliação do comportamento do aterro hidráulico da praia do Janga, Paulista/PE, decorrente da dinâmica praial e da urbanização. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p. 374-385, 2012.

PILKEY, O.H.; COOPER, A.G. **The Last Beach**. 1.ed. London: Duke University Press, 2014. 237p.

PILKEY, O.H.; PILKEY-JARVIS, L.; PILKEY, K.C. **Retreat from a rising sea: hard choices in an age of climate change.** New York: Columbia University Press, 2016. 214p.

PILKEY, O.H.; WRIGHT III, H.L. Seawalls versus beaches. **Journal of Coastal Research**, v. SI4, p. 41-64, 1988.

REGUERO, B.G.; LOSADA, I.J.; MENDEZ, F.J. A recent increase in global wave power as a consequence of oceanic warming. **Nature Communications**, v. 10, n. 205, 2019.

RIBEIRO, M.G.; GOMES, T.B.; BULHOES, E. Respostas morfodinâmicas e fisiográficas da zona costeira ao norte da Bacia de Campos frente à eventos de tempestade. **Revista Tamoios**, v. 12, n. 2, p.91-111, 2016.

ROSATI, J.D. **Functional design of breakwaters for shore protection: empirical methods**. Technical Report CERC-90-15. 1990.

SALLENGER, A. H.; DORAN, K. S.; HOWD, P. A. Hotspot of accelerated sea-level rise on the Atlantic coast of North America. **Nature, Climate Change**, v. 2, p.884–888, 2012.

SLOTT, M.J.; MURRAY, A.B.; ASHTON, A.D.; CROWLEY, T.J. Coastline responses to changing storm patterns. **Geophysical Research Letters**, v. 33, L18404, 2006.

SMALL, C.; NICHOLLS, R.J. A global analysis of human settlement in coastal zones. **Journal of Coastal Research**, v.19, n.3, p. 584-599, 2003.

SPALDING, M.D.; RUFFO, S.; LACAMBRA, C.; MELIANE, I. HALE, L.Z.; SHEPARD, C.C..; BECK, M.W. The role of ecosystems in coastal protection: adapting to climate change and coastal hazards. **Ocean e Coastal Management**, v. 90, p. 50-57, 2014.

SOUZA, C.R.G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 9, n. 1, p. 17-37, 2009.

STIVE, M.J.F., COWELL, P., NICHOLLS, R.J., 2009. Beaches, cliffs and deltas. In: SLAYMAKER, O.; SPENCER, T.; EMBLETON-HAMANN, C. (Eds.). **Geomorphology and Global Environmental Change**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2009. p. 158–179.

STIVE, M. J. F.; DE SCHIPPER, M. A.; LUIJENDIJK, A. P.; AARNINKHOF, S. G. J.; VAN GELDER-MAAS, C.; VAN THIEL DE VRIES, J. S. M.; DE VRIES, S.; HENRIQUEZ , M.; SARAH MARX, S.; RANASINGHE, R. A new alternative to saving our beaches from sea-level rise: the sand engine. **Journal of Coastal Research**, v. 290, n.5, p. 1001–1008, 2013.

SUTTON-GRIER, A.E.; WOWK, K.; BAMFORD, H. Future of our coasts: the potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities economies and ecosystems. **Environmental Science e Policy**, v. 51, p. 137-148, 2015.

TEMMERMAN, S.; MEIRE, P.; BOUMA, T.J.; HERMAN, P.M.J.; YSEBAERT, T; De VRIEND, H.J. Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. **Nature**, v. 504, p. 79-83, 2013.

TOLLEFSON, J. Hurricane sweeps into climate-adaptation debate. **Nature**, v.491, p.167–168, 2012.

TREMBANIS, A.C.; PILKEY, O.H. Summary of beach nourishment along the US Gulf of Mexico shoreline. **Journal of Coastal Research**, v. 14, n. 2, p. 407-417, 1998.

USACE - U.S Army Corps of Engineers. **Coastal Engineering Manual** - Part VI. 2011

VELOSO-GOMES; F.; COSTA; J.; RODRIGUES, A.; TAVEIRA-PINTO, F.; PAIS-BARBOSA, J.; NEVES, L. Costa da Caparica artificial sand nourishment and coastal dynamics. **Journal of Coastal Research**, v. SI56, p. 678-682, 2009.

VERA-CRUZ, D. **Artificial nourishment of Copacabana beach**. Proceedings 13th Coastal Engineering Conference. New York: ASCE, 1972. p. 141-163

VERHAGEN, H.J. Coastal protection and dune management in the Netherlands. **Journal of Coastal Research**, v. 6, n. 1, p. 169-179, 1990.

VERHAGEN, H.J. **Method for artificial beach nourishment**. ICCE92 - International Conference on Coastal Engineering, Venice, Italy, 1992.

VOUSDOUKAS, M. I.; RANASINGHE, R. MENTASCHI, L; PLOMARITIS, T.A. ATHANASIOU, P.; LUIJENDIJK, A.; FEYEN, L. Sandy coastlines under threat of erosion. **Nature Climate Change**, v. 10, p.260-263, 2020.

WATSON, R.L. **Severe beach erosion at Surfside, Texas caused by engineering modifications to the coast and rivers**, 2003. http://texascoastgeology.com/papers/surfside.pdf acessado em 06/04/2020.

WIBERG, P. L.; TAUBE, S. R.; FERGUSON, A. E.; KREMER, M. R.; REIDENBACH, M. A. (2018). Wave attenuation by oyster reefs in shallow coastal bays. **Estuaries and Coasts**, v.42, n.2, p.331–347, 2018.

WILLIAMS, A.; RANGEL-BUITRAGO, N.G.; PRANZINI, E.; ANFUSO, G. The management of coastal erosion. **Ocean e Coastal Management**, v.156, n.4, 2017.

WORM, B.; BARBIER, E.B; BEAUMONT, N.; DUFFY, E.; FOLKE, C.; HALPERN, B.S.; JACKSON, LOTZE, H.K; MICHELI, F.; PALUMBI, S.R.; SALA, E. SELKOE, K.A.; STACHOWICZ, J.J.; WATSON, R. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. **Science**, v.314, p.787–790, 2006.

YOUNG, I.R.; RIBAL, A. Multiplatform evaluation of global trends in wind speed and wave height. **Science**, v.364, n.6440, p.548-552, 2019.

YOUNG, R.; GRIFFITH, A. Documenting the global impacts of beach sand mining. **Geophysical Research Abstracts**, v. 11, 2009.

ZHANG, K., DOUGLAS, B., LEATHERMAN, S. Global warming and coastal erosion. **Climate Change**, v. 64, p. 41–58, 2004.

ZHU, X.; LINHAM, M. M.; NICHOLLS, R. J. **Technologies for Climate Change Adaptation - Coastal Erosion and Flooding**. Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi. TNA Guidebook Series, 2010.

Eduardo Bulhões é geógrafo, bacharel e mestre, pela UFRJ, doutor em geologia e geofísica marinha pela UFF e professor associado na Universidade Federal Fluminense. Tem interesse em temas como processos litorâneos, climatologia e dinâmica costeira. e-mail eduardobulhoes@id.uff.br CV: http://lattes.cnpq.br/2197141884688089

Capítulo 30

Turismo: fenômeno de transformação do espaço costeiro do estado do Ceará no Nordeste do Brasil

Laura Mary Marques Fernandes

Introdução

O litoral como área de lazer e turismo é resultado de mudança na forma de a sociedade se relacionar com esse ambiente, fazendo, dos espaços costeiros, destinações turísticas privilegiadas. As virtudes terapêuticas do clima e da água do mar, motivações iniciais do turismo litorâneo, cederam lugar às atividades que aproveitam o sol e o mar para o lazer.

O medo e a repulsa do mar perduraram no Ocidente até meados do século 18 (Corbin, 1989). Quando a relação da sociedade com a zona costeira se estreitou e a praia se tornou mercadoria de valor, o Mediterrâneo passou a ser lugar de atração turística mundial, inicialmente para uma demanda seletiva e, a partir dos anos 1960, para o turismo massivo, com o crescimento dos fluxos turísticos em regiões litorâneas. Nessa década, o turismo de sol e praia se expande para outros continentes, surgem, assim, destinos turísticos importantes: Acapulco (México), Viña Del Mar (Chile), Mar del Plata (Argentina), Punta Del Este (Uruguai) (Brasil, 2010a). A preparação de países periféricos para o turismo internacional permitiu a inclusão de novos territórios, na lógica capitalista envolvendo fluxos de capital e de pessoas.

▪ COMO CITAR:
FERNANDES, L. M. M. Turismo: fenômeno de transformação do espaço costeiro do estado do Ceará no Nordeste do Brasil**.** *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 689-707. ISBN 978-65-992571-0-0

O Ceará possui aproximadamente 93% do território inserido no semiárido (Ipece, 2007) e chuvas distribuídas de forma desigual no tempo e no espaço, características da semiaridez que construíram a imagem do Nordeste como *região problema* atrelada à seca e à pobreza, também determinantes para transformá-la em destino turístico. A quantidade de horas de sol, água do mar com temperatura tépida e ventos fortes foram trabalhados pelo *marketing*, na criação de uma imagem positiva e atraente da região. O litoral do estado do Ceará se tornou um dos destinos turísticos mais importantes do Nordeste brasileiro.

Como o litoral é a área mais competitiva, recebe volume maior de investimentos públicos e privados, como infraestrutura e empreendimento turístico. Dessa maneira, o turismo, atividade recente no Ceará, também passa a exercer pressão sobre a zona costeira e causa impactos na região. O movimento de produção do espaço geográfico, pelo e para o turismo, é definido por pesquisadores como turistificação (Cazes, 1992; Knafou, 1996; Alverga, 2011), resultado da combinação de iniciativas de agentes públicos e privados - Estado, empresários, turistas e residentes que ocasionam a formação da territorialidade.

O turismo é um fenômeno econômico, social e cultural, que consome e produz espaço (Nicolàs, 1996; Luchiari, 1998). Além disso, depende da mobilidade das pessoas, característica que faz do turismo uma das atividades mais impactadas pela pandemia da COVID-19 pois, sem mobilidade geográfica, não há turismo. Neste trabalho, a pandemia soma-se ao contexto, na penúltima seção e conclusão.

Dinâmica do turismo, no espaço costeiro, é tema relevante, inclusive para reflexão sobre essa prática social, após a pandemia. Assim, este trabalho objetiva identificar como o turismo reestrutura os espaços na zona costeira, especificamente a costa a oeste de Fortaleza, capital do estado do Ceará, a chamada Costa do Sol Poente.

Como procedimentos metodológicos, utilizou-se a avaliação fundamentada em revisão da literatura sobre a temática em questão e visitas de campo, no ano de 2019. A revisão indica que, nos estudos sobre o turismo, variáveis têm sido apontadas para determinar o desempenho da atividade em núcleos receptores: turista, mercado e planejadores (Knafou, 1996); distribuição de acomodações, atrações, impacto econômico, turistas e estudos compostos (Pearce, 2003) e governo, empresários do turismo, residentes e turistas (Coriolano, 2006).

Dessa forma, destaca-se inicialmente a Costa do Sol Poente, seguida do turismo, no reordenamento socioespacial da costa, com ações do Estado, depois empreendimentos e fluxos turísticos e, em seguida, homogeneização e assimetrias destacando o turismo na Vila de Jericoacoara.

Lazer e turismo na zona costeira cearense

O litoral cearense possui extensão de 573 km, com predominância do clima tropical quente semiárido brando (Ipece, 2007). Os 20 municípios que fazem limite com o oceano (Figura 30.1) dividem-se, no *marketing* turístico estadual, em Costa do Sol Nascente e Costa do Sol Poente, esta última composta por 13 municípios, a oeste de Fortaleza, no trecho entre os municípios de Barroquinha e Caucaia.

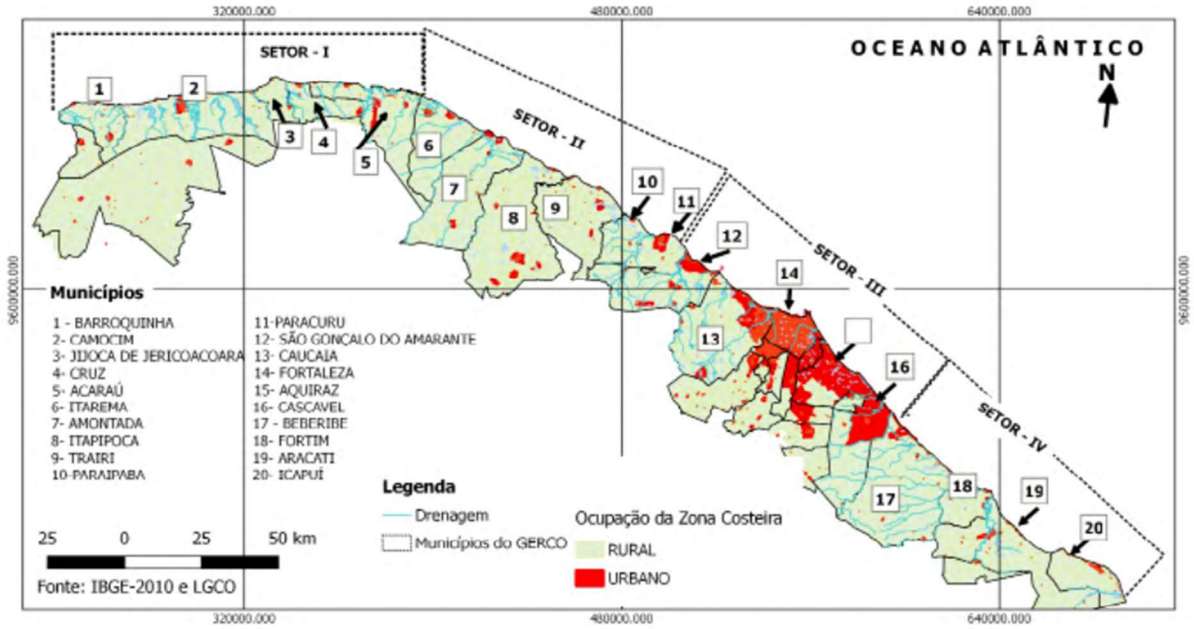


Figura 30.1. Compartimentação e características da ocupação, no litoral do estado do Ceará, municípios que fazem limite com o oceano.

Fonte: Brasil, 2018.

A paisagem da planície litorânea é marcada por campos de dunas, ambientes lacustres, falésias, manguezais e praias. O ambiente é frágil, pela intensa dinâmica. "[...] *Sujeito à ação dos ventos, das ondas, das marés e das correntes marinhas que juntos modelam o litoral* [...]" (Vasconcelos; Coriolano, 2008, p.267).

O cenário paisagístico da Costa do Sol Poente, exuberante, com trechos pouco habitados, tem dado suporte, nos últimos anos, a atividades portuárias do porte do Complexo do Porto do Pecém, geração de energia com os parques eólicos, lazer e turismo. São diferentes atividades que promovem a reestruturação da zona costeira gerando impactos ambientais e, muitas vezes, situações conflitantes com residentes e entre políticas públicas. Dinâmicas da sociedade impactam o espaço costeiro e aceleram processos naturais.

Então, para traçar a linha do tempo dos processos de ocupação do litoral, do ponto de vista do lazer e do turismo, verifica-se a "descoberta" da praia pela elite e os primeiros banhos de mar, em Fortaleza, nos anos 1930 (Dantas, 2002). Vasconcelos e Coriolano (2008) identificam três momentos da chegada do turismo às comunidades costeiras, denominadas ondas turísticas:

a) A primeira é a "onda da descoberta", iniciada no final dos anos 1960 e consolidada nos anos 1980. É a descoberta de verdadeiros "paraísos litorâneos" e da construção de segundas residências constituindo-se, na primeira invasão, em comunidades litorâneas do Ceará;

b) Após a fase da vilegiatura, a segunda onda se iniciou nos anos 1990, com a instalação de equipamentos turísticos, e se consolida no início dos anos 2000, passando do veraneio ao interesse turístico; e

c) A identificação dos turistas com o lugar origina a terceira fase do turismo, com o interesse de turistas em adquirir ou construir residência ou prestar serviços turísticos. A terceira onda começou sem muita expressão até o final da década de 1990 e se intensifica nos anos 2000.

Nesse sentido, destaca-se que o turismo, a partir de 1995, é tratado pelo governo como área "*estruturadora capaz de causar impactos sobre a base física estadual, com efeitos multiplicadores*

na economia, contribuindo para o aumento das oportunidades de trabalho e alternativas de geração de renda" (Ceará, 1998, p.37). Nesse mesmo ano, criou-se a Secretaria Estadual do Turismo, com planejamento a longo prazo e envolvimento de regiões turísticas do Ceará, no documento "O turismo uma política estratégica para o desenvolvimento sustentável do Ceará 1995-2020". O estado investe nas regiões turísticas, mas é o litoral a área que recebe investimentos financeiros vultosos.

O turismo no reordenamento socioespacial da Costa do Sol Poente

As condições para o desenvolvimento do projeto estruturante para o turismo, no Nordeste do Brasil, foram criadas em meados dos anos 1980. Assim, no início dos anos 1990, tem-se o Programa para o Desenvolvimento do Turismo (PRODETUR /NE I), uma das principais ações de planejamento territorial da política pública de turismo no Brasil.

A concepção do turismo como atividade econômica que contribui com os países em desenvolvimento vem sendo propagada, desde os anos 1960. A União Internacional dos Órgãos Oficiais de Turismo (IUOOT), órgão internacional de turismo, na época, com apoio financeiro do Banco Mundial, incentivou a implantação de estruturas de receptivo para fluxos de turistas. Dá-se então direcionamento de recursos para os países investirem. Países da América Central e Caribe foram os primeiros a segui-lo.

A importância do turismo "*pode ser medida com a entrada do Estado na tentativa de ordenamento e alavancagem de tal processo* [...]" (Moraes, 2007, p.43), pois o Estado direciona o modelo de desenvolvimento e realiza políticas para provimento dos lugares em condições de atrair empresas. É um dos principais agentes na produção do espaço, captando e incentivando investimentos privados, em áreas de maior interesse do mercado. No Ceará, a preparação dos lugares para recepção de *resorts* e hotéis, acontece no "*processo pelo qual o Estado subsidia parte do custo da produção, por exemplo, auxiliando no fornecimento de infraestrutura ou investindo em projetos turísticos em que o capital de risco privado não estaria disponível de outra maneira*" (Hall, 2001, p.187).

Dessa forma, "*o turismo no Ceará [...] surge como decorrência da ordem econômica mundial que, ao transformar a maneira de industrializar tornando-a flexível, [...] precisa dos lugares periféricos estruturados para dar suporte a essas mudanças*" (Coriolano, 2006, p.111). O espaço é produzido em conexão com forças produtivas e com as relações de produção como explica Lefebvre (2000), a produção do espaço social. Nesse processo, redes de hotéis e *resorts* de cadeias nacionais e internacionais se deslocam para lugares de maior conveniência à acumulação de capital.

Os governos cearenses, com recursos de operações de empréstimo do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), executaram o Programa para o Desenvolvimento do Turismo (PRODETUR). Investiram em obras de transporte, saneamento, preservação e proteção ambiental, capacitação e fortalecimento institucional dos municípios, dotando o litoral de condições para o desenvolvimento do turismo e viabilizando o investimento do capital privado, com o objetivo de dinamizar a economia gerando emprego e renda, conforme documentos de planejamento consultados. A construção do novo terminal de passageiros, no Aeroporto Pinto Martins, na capital Fortaleza, principal portão de entrada dos fluxos turísticos, fez parte desse planejamento. O litoral a oeste de Fortaleza define-se como prioritário, assim a área de abrangência dos projetos do PRODETUR/NE I compreende o trecho entre os municípios de Caucaia e Itapipoca. Além dos serviços da rodovia estruturante, CE 085, a área integra-se com obras que facilitam o acesso e a circulação na região (Figura 30.2).

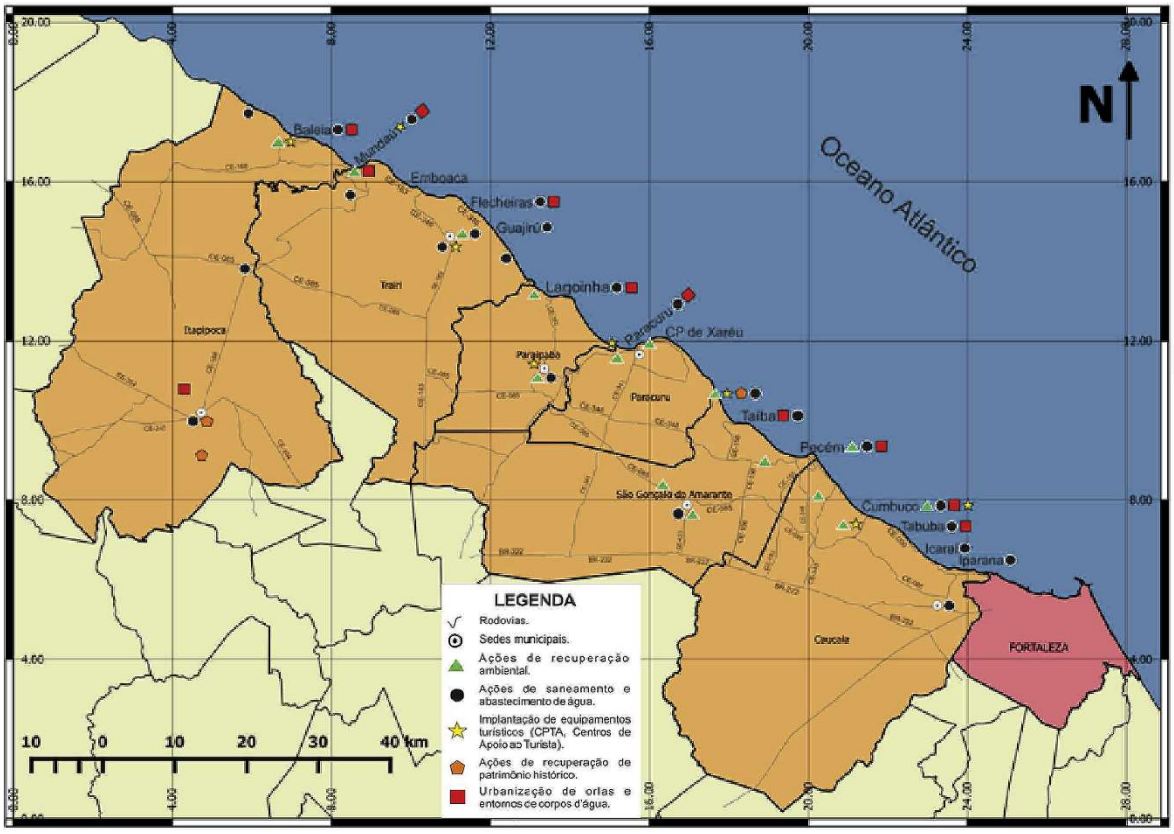


Figura 30.2. Investimentos do PRODETUR NE/1
Fonte: Castro, 2016.

No PRODETUR/NE II realizaram-se obras de implantação e recuperação de rodovias, implantação e ampliação de sistemas de saneamento básico e elaboração de instrumentos de planejamento como Planos Diretores, Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e projetos de recuperação de patrimônio histórico, com valor contratado de U$60 milhões (Barbosa, 2017). Nessa etapa, a área do PRODETUR aumentou, agregando os demais municípios da costa a oeste de Fortaleza, além de dois municípios de outras regiões turísticas. Após o PRODETUR/NE II, o programa tornou-se nacional. No Ceará, desenvolvem-se projetos em cinco componentes: estratégia de produto turístico, estratégia de comercialização, fortalecimento institucional, infraestrutura, serviços básicos e gestão ambiental, no âmbito do PRODETUR Nacional com o valor total US$ 250 milhões investidos na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e nos polos de turismo do litoral leste, Maciço de Baturité e Ibiapaba. Os dois últimos em região de serra (Barbosa, 2017).

Outra operação de financiamento relevante foi o Programa de Valorização da Infraestrutura Turística do Litoral Oeste (PROINFTUR), com projetos de qualificação profissional do setor privado, requalificação de infraestrutura turística, em localidades litorâneas e projetos de proteção dos recursos naturais com recursos do Banco Andino de Fomento (CAF) (Ceará, 2014).

A execução do PRODETUR abrangeu as décadas entre 1990 e 2010, podendo-se afirmar que o turismo tornou-se política de Estado. O programa forneceu condições para o desenvolvimento do turismo, nesse processo de implantação de infraestruturas e de empreendimentos turísticos, paisagens se urbanizam, comunidades modificam hábitos, ocorre o desmantelamento de atividades tradicionais, e parte dos residentes se integram ao turismo. Análises sobre o Prodetur apresentam avaliações detalhadas a seguir:

a) As obras viárias interligando as praias de Paracuru, Paraipaba, Trairi e Itapipoca, "*apresentam problemas […] no atendimento das prescrições ambientais, degradação de áreas de vegetação, impactos nos povoados da região […] além da presença de comunidades indígenas (com vários protestos locais)"* (Instituto do Milênio, 2009, p.33);

b) São efeitos a maior geração de emprego e investimento privado acumulado em turismo no Nordeste (Coelho et al., 2008);

c) Apesar dos benefícios alcançados, "os estudos de avaliação mostram que nem sempre os investimentos realizados tiveram efeitos exclusivamente positivos, especialmente na área social e ambiental [...]" (Perazza e Tuazon, 2002, p.6).

Sobre o turismo no litoral, especulação imobiliária, descaracterização do ambiente natural, desmantelamento das atividades tradicionais, dinamização da economia, geração de negócios e geração de emprego e renda estão entre os principais efeitos.

A ação estatal propiciou incremento de empreendimentos turísticos, como pousadas, hotéis, barracas de praia e também de fluxos turísticos. Dessa maneira, o litoral oeste registrava mais de 500 meios de hospedagem e uma capacidade instalada de mais de 17 mil leitos em 2017 (Ceará, 2018).

Empreendimentos, fluxos e a dinâmica do turismo

Fluxos turísticos e meios de hospedagem são subsídios à compreensão da dinâmica do turismo. Indicam novos elementos, nas paisagens dos lugares, e geram dinâmica específica em atividades laborais e na economia. Ainda segundo Pearce (2003), a distribuição de acomodações é o parâmetro mais usado em variações espaciais do turismo. Neste caso, os dados se referem apenas ao número dos meios de hospedagem, sem alcance das vantagens e desvantagens econômicas, sociais e ambientais, com a implantação dos equipamentos.

As turistificações ocorrem com implicação em fluxos humanos, culturais, técnicos e financeiros. Os deslocamentos turísticos têm impacto significativo nos polos emissores das mobilidades turísticas, na economia, paisagens e áreas de entorno, mas principalmente em núcleos receptores. O turismo não se limita a deslocamentos, os fluxos turísticos ocasionam transformações no comportamento das sociedades.

O território turístico resulta da prática turística, "*ao mesmo tempo em que a concretiza, é transformado por ela, através de um processo dialético de desterritorialização e reterritorialização, perpassando a multiterritorialidade*" (Rodrigues, 2006, p.304). Entende-se que ocorre reterritorialização do litoral e os empreendimentos turísticos atuam na transformação socioespacial da zona costeira. As paisagens mudaram e a forma de viver e de se relacionar também. Na Figura 30.3 meios de hospedagem da costa a oeste de Fortaleza.

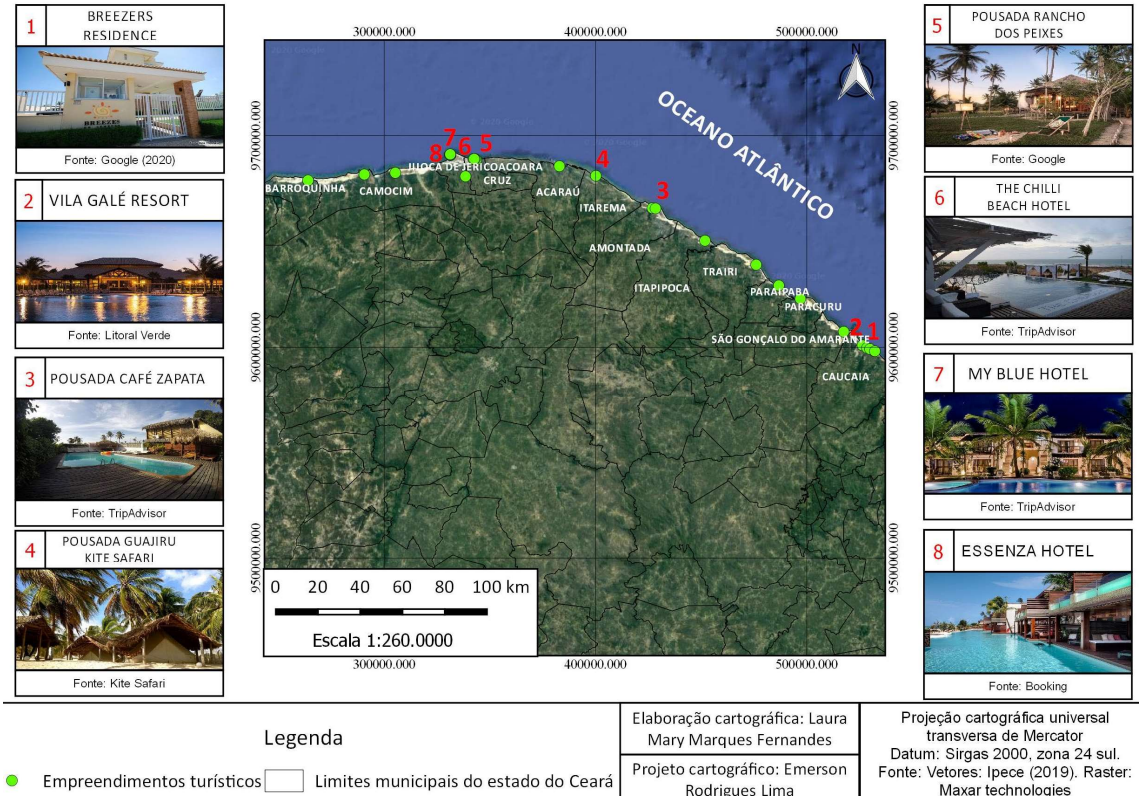


Figura 30.3. Empreendimentos na Costa do Sol Poente

Fonte: Fernandes, 2020.

Ao longo da costa os empreendimentos se diversificam: casas de veraneio, pousadas, hotéis e *resorts*, além de *"condomínios de segunda residência*", pelo *"encontro do capital imobiliário com o turismo"* (Costa; Fonseca, 2016, p.15). Existem também pequenos negócios de residentes cearenses, brasileiros de outros estados e estrangeiros, alguns de pessoas que vieram como turistas e, depois, se instalaram com propósito de investir.

A Costa do Sol Poente não é homogênea, pois, além das diversas atividades, possui processos diferenciados de desenvolvimento do turismo, o que pode ser observado na paisagem e na morfologia dos equipamentos turísticos. Alguns trechos estão mais densamente povoados com residências e segundas residências, barracas, pousadas e hotéis; outros, menos ocupados, com áreas de praia sem barracas ou pousadas, um dos fatores motivadores para o litoral oeste fazer-se área prioritária do PRODETUR.

A exemplo de ocupação heterogênea, cita-se o litoral de Caucaia, com a praia do Cumbuco, importante destino turístico do Ceará, que "vem sendo impactado progressivamente pelos processos erosivos nos últimos 40 anos." Explica-se que "*(...) Essa tendência decorreu, inicialmente, das primeiras edificações de estruturas urbanas sobre ambientes litorâneos e obras de contenção costeira que se sucederam ao longo do litoral de Fortaleza (...)*" Observando-se que ocorreu "*sobretudo após a construção das defensas do Porto do Mucuripe, obstruindo o fluxo de sedimentos transportado pela deriva litorânea, de tal modo que os processos erosivos foram sendo transferidos para outras localidades [...] tendo repercussão direta no litoral do município de Caucaia*" (Lima et al., 2019, p.882) e esses processos interferiram nas atividades de lazer e turismo nas praias Dois Coqueiros, Iparana, Pacheco e Icaraí. Destaca-se assim, a dependência do turismo com relação à conservação da zona costeira.

No estado do Ceará, "*Os primeiros registros dos impactos da erosão costeira (...) datam da década de 1950, no litoral de Fortaleza, entre as praias do Mucuripe e Iracema*" (Morais, 1981 apud Brasil, 2018, p.265). Os estudos sobre a capital Fortaleza indicam que "*no final de década de 1960, o litoral de Fortaleza já tinha perdido toda sua essência natural*" (Paula et al., 2015).

De acordo com a publicação Panorama da Gestão Costeira no Brasil, o quadro da erosão costeira no Ceará apresenta fatos "*preocupantes face aos prejuízos ambientais-econômicos potencializados pelas predições de subida do nível do mar e aumento dos eventos de alta energia*" (Brasil, 2018, p.282). Cerca de "*30% da extensão da linha de costa apresentam erosão (áreas ocupadas, naturais e estabilizadas por obras); 17% [...] apresentam tendência erosiva; 10% são áreas com progradação da linha de costa e 43% da linha de costa apresentam tendência à estabilidade*" (Brasil, 2018, p.282). O diagnóstico da erosão costeira dá margem a inquietações relacionadas aos eventos de alta energia e ao regime de estiagem, haja vista agravamento de efeitos erosivos e ampliação de áreas com tendências erosivas (Brasil, 2018, p.282).

Outra forma de ocupação não homogênea e diferenciada é a dinâmica na qual os residentes atuam como agentes do turismo, no sentido de que estão à frente da atividade: o turismo comunitário. Em comunidades articuladas pela Rede Tucum, a exemplo de Tatajuba (Camocim), Curral Velho (Acaraú), Caetanos de Cima (Amontada) e Flecheiras (Trairi), os residentes têm atuação direta no planejamento e na operacionalização do turismo. Os empreendimentos são administrados pelas associações locais e geralmente o contexto é consequência de "um projeto maior" de desenvolvimento que inclui o turismo, vinculando-o à valorização do patrimônio natural e cultural, à valorização da terra, ao resguardo e ao exercício dos direitos dos habitantes (Fernandes, 2014).

Do ponto de vista da geração de riqueza, os impactos do turismo comunitário são maiores para residentes. Quanto ao patrimônio natural e cultural, as iniciativas também geram fixos para o desenvolvimento do turismo e troca cultural também, pois é um turismo de experiência, no qual os turistas vão vivenciar o modo de vida da comunidade visitada. Contudo, a atividade é amparada no direcionamento de fazer turismo de modo que os turistas se acomodem ao cotidiano e aos valores das comunidades, por estar fundamentado na valorização das atividades tradicionais e respeito ao ambiente. O que chama atenção é que as atividades, neste caso, o turismo, alteram as dinâmicas socioambientais. O que está em questão é adotar medidas que conciliem o turismo com essas dinâmicas.

A incorporação das culturas locais no turismo é considerada como valorização do local, contudo explica Knafou: "*A invenção do lugar turístico começa então pelo desvio da utilização tradicional do território e, consequentemente, à mudança de significado: uma casa antiga que antes servia para morar se transforma em fonte de consumo estético ou educacional*" (Knafou, 1991, p. 16-17).

O turismo comunitário é forma, entre possibilidades de desenvolvimento do turismo com respeito a critérios ambientalmente corretos. Na dimensão das políticas de turismo, é um caminho que carece de incentivo público para a execução de planejamento preventivo e corretivo na faixa litorânea.

Como as formas têm conteúdo, permitem evidenciar a imbricação espaço e sociedade. Assim, o processo de turistificação não resulta "(...) *da mão invisível, nem de um Estado hegeliano, visto como entidade supraorgânica, ou de um capital abstrato que emerge de fora das relações sociais*". A produção do espaço "(...) *é conseqüência da ação de agentes sociais concretos, históricos, dotados de interesses e práticas espaciais próprias, portadores de contradições e geradores de conflitos entre eles mesmos e com outros segmentos da sociedade.*" (Corrêa, 2011, p.43).

O litoral é lugar de vida e de trabalho de comunidades litorâneas, espaço vivido e produzido pelos processos, em grande parte, exteriores. A urbanização e turistificação de áreas ocasionam luta pela terra e transformações no modo de ser e fazer das comunidades. Empregos gerados são

indicadores de transformações. As ocupações absorvem pessoas com diferentes níveis de formação, residentes no núcleo turístico ou no entorno. Incluem trabalhadores temporários e ocasionais no mercado formal e informal. São outras ocupações frente às atividades produtivas tradicionais da pesca, extrativismo vegetal e artesanato. Com o turismo, surgiram atividades e interesses: “bugueiros”, vendedores ambulantes, vendedores de lojas, recepcionistas e garçons.

De modo geral, o turismo promove urbanização na área estudada. Impactos negativos são decorrentes do uso e ocupação desordenados, sem respeito à dinâmica natural do litoral. Isso inclui meios de hospedagem, barracas e restaurantes na faixa da praia; a circulação de veículos, na praia e nas dunas debilitando o sistema de transporte sedimentar e contribuindo com processos erosivos, entre outras consequências. Denotando a importância de estudos e de ações que conciliem as atividades turísticas e a conservação ambiental.

Vasconcelos e Coriolano (2008) identificam que o turismo no Ceará *"(...) gerou empregos diretos, vinculados aos equipamentos turísticos como hotéis, (…) pousadas, e os indiretos, que são todos os outros serviços que se ampliam com o turismo.*" E também "*transformações na cultura local que afastam a comunidade de suas atividades tradicionais, (…) perdem a identidade marítima em troca de (…) empregos ou de atividades (…) que nada têm em comum com a cultura local*." Vasconcelos e Coriolano (2008, p.265)

O turismo gera possibilidade para ativação da economia dos lugares dado o efeito multiplicador. Gera postos de trabalho para pessoas com diferentes níveis de instrução, porém, apesar das possibilidades de valorização de culturas, agiliza transformações socioculturais, modifica territórios, gera conflitos de uso da praia, segrega espaços e agrava problemas estruturais como prostituição e tráfico de drogas.

As principais atividades ligadas ao lazer e ao turismo, na zona costeira, são banhos de mar e de sol, contemplação, caminhada e práticas esportivas e, em algumas praias, realização de passeios de jangada e uso de animais de tração para passeio. Regatas de jangadas e paquetes se constituem em atrações de lazer e turismo.

Há passeios de buggy, carros 4x4, quadriciclos e motocross em forma de visita ao lugar onde o turista está hospedado ou passando o dia e para deslocamentos em circuitos turísticos. Essas práticas fazem parte também do lazer do cearense.

A relação, entre turismo e gastronomia, tem desdobramentos nas práticas culturais. Da produção da pesca, além do abastecimento para restaurantes e equipamentos hoteleiros, municípios da costa realizam eventos como Festival do Escargot e Frutos do Mar, na praia da Taíba, em São Gonçalo do Amarante, e Festival do Camarão da Costa Negra, em Acaraú, como forma de atrair visitantes. Produtos e pratos da culinária tradicional são assimilados e transformados para consumo nos empreendimentos turísticos.

Atividades ligadas à proteção de espécies, interpretação de unidades de conservação e práticas de mergulho são incipientes. Mais significativo é o uso de balsas pelos residentes das proximidades de áreas estuarinas para travessia de carros permitindo acesso a municípios pela costa. Identificaram-se passeios de barco, nos rios Aracatiaçu (Amontada), Coreaú (Camocim), Mundaú (Trairi) e no Porto dos Barcos (Itarema).

A beleza paisagística espetacular da Costa do Sol Poente, bem como o potencial de práticas como turismo náutico de recreio e esporte[17] indicam a importância de planejamento preventivo para a região.

O fluxo turístico internacional para a prática do *kitesurf* aumentou, nos últimos anos, no litoral do Ceará, e gerou dinâmica específica. Transformou locais como Guajirú ou Ilha de Guajirú (Itarema), Praia do Preá (Cruz) e a Praia de Icaraí de Amontada ou Icaraizinho, e diversificou os fluxos turísticos de lugares como Cumbuco (Caucaia) onde são realizados eventos mundiais, a exemplo do GKA Kite-surf World (LKB, 2019).

A sazonalidade característica do turismo, no caso do *kitesurf*, significa permanência maior em núcleos receptores, faz também com que lugar como Guajirú (Itarema), fique praticamente vazio, fora da temporada, pois a dinâmica do lugar está diretamente voltada ao *kitesurf*. Em vilas como Cumbuco, ativa o comércio, e verifica-se a utilização de diferentes meios de hospedagem, inclusive aluguel de casas para temporada. A prática está muito relacionada ao fluxo de turistas internacionais, intensifica a necessidade de ordenamento para diminuição de conflitos de uso, entre diferentes frequentadores das praias, além de sinalização da importância da manutenção das atividades tradicionais e o turismo como atividade complementar.

Homogeneização e assimetrias: o turismo em Jericoacoara

O processo de turistificação é assimétrico e seletivo, assim a distribuição do fluxo turístico é desigual na zona costeira também. Os dados sobre a demanda turística, via Fortaleza, indicam os municípios de Jijoca de Jericoacoara e Caucaia, entre os mais visitados pelos turistas no Ceará. Caucaia tem, na praia do Cumbuco, distante aproximadamente 25 km de Fortaleza, o principal destino turístico e histórico relacionado ao veraneio, dada a proximidade com a capital. Jijoca de Jericoacoara está aproximadamente a 350 km da capital e a Vila de Jericoacoara é um dos primeiros polos de turismo internacional, quando Fortaleza não era metrópole, por conseguinte, são contextos diferentes de desenvolvimento do turismo. Destaca-se, nesta seção, a Vila de Jericoacoara.

A população do município de Jijoca de Jericoacoara era de 17 mil habitantes, em 2010, a população estimada em 2019 é de 19.816 habitantes (IBGE, 2019). O Índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDMH) passou de 0,189, em 1991, para 0,652, em 2010, o que significa taxa de crescimento de 244,97% para o município (PNUD et al., 2013).

Jericoacoara, antiga vila de pescadores, com acesso dificultado pelo campo de dunas, está fora da sede urbana do município, como a maior parte das praias dos municípios da costa cearense. A vila tem, no turismo, a atividade principal. O Parque Nacional de Jericoacoara, criado em 2002, foi o terceiro mais frequentado do Brasil, em 2018 com 1,09 milhão de visitas (Brasil, 2019c).

Digno de nota é o número de turistas, indicador importante para a gestão pública e privada. Quanto maior o número de pessoas, maior o consumo de serviços nos meios de alimentação, entretenimento e no comércio e, também, maior o consumo dos serviços urbanos de água, esgoto, energia e, consequentemente, pressão no ambiente costeiro.

[17] A navegação como uma prática turística. A embarcação utilizada como meio de transporte turístico é a motivação do deslocamento. São utilizados barcos de pequeno e médio porte, de propriedade do turista ou alugados como veleiros, lanchas e iates. Impõe a existência de estruturas náuticas (Brasil, 2010b).

Apesar de o seu território integrar área protegida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), os moradores da Vila de Jericoacoara enfrentam problemas de ocupação desordenada e pressões da especulação imobiliária. No ano de 1984, ocorreu a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) de Jericoacoara. Contudo, Fonteles (1998) esclarece que a criação da APA de Jericoacoara não se deu para impedir o desenvolvimento, mas com foco no desenvolvimento da região pelo turismo. Entre várias situações que a comunidade enfrentou, uma foi a mudança de gabarito máximo de altura das edificações, de 4,0 m para 7,5 m, definida no Plano Diretor, apesar de contestada pelas lideranças.

Destaca-se que a praia da Malhada, em Jericoacoara, foi aprovada na temporada de 2019/2020 do Programa Bandeira Azul, selo de certificação para praias, marinas e embarcações de turismo reconhecido mundialmente. Para sua obtenção, a praia é avaliada sob critérios ambientais, educacionais, de segurança e de acessibilidade (Fee e Iar, 2020).

O turismo foi determinante para construção do Aeroporto Regional de Jericoacoara[18], facilitou o acesso, diminuiu o tempo de viagem e alterou, de uma vez por todas, o imaginário sobre Jericoacoara. O aeroporto foi inaugurado em junho de 2017, com capacidade inicial para receber até 600 mil passageiros por ano.

Os aeroportos exigem recuperação do sistema viário de acesso às localidades turísticas, duplicação de rodovias estaduais e obras de saneamento, com impacto da mobilidade na área. Desse modo, o turismo, mais uma vez, é vetor de desenvolvimento urbano territorial. Destaca-se que um equipamento como aeroporto impacta a região litorânea e regiões próximas, como o Planalto da Ibiapaba. Os projetos oficiais inserem novos elementos na paisagem física do estado, ocorrendo, entre outros fatores, produção estética da paisagem urbana. Como afirma Moraes (2007, p.43), a atividade turística está associada a diversos processos: estruturada como setor na configuração urbana de uma cidade litorânea, ligada a espaços de segundas residências por meio de grandes investimentos “criando a função e revivendo “cidades mortas”. E também como “indutora de ocupação de novas áreas.”

Foi desenvolvida a ambiência ligada ao surfe e ao *windsurf* e, mais recente, ao *kitesurf*, com guarderias e escolas de aprendizagem de esportes. Jericoacoara também integra a Rota das Emoções, composta pelo Delta do Parnaíba, no estado do Piauí, e Lençóis Maranhenses-MA. O município conta com mais de 100 equipamentos de hospedagem (Brasil, 2019), além de restaurantes, bares, sorveterias e lanchonetes. As estruturas alteram as paisagens, mas o trânsito de veículos, devido ao fluxo turístico intenso, é considerado um dos principais fatores que afetam a área, indicando a necessidade de ordenamento. Muitos residentes estão envolvidos na prestação de serviços como passeio e traslado de turistas. Com a suspensão dos fluxos turísticos, diminuem os processos da sociedade e predominam os naturais.

Concernente à Vila de Jericoacoara, "*verificou-se que o processo de urbanização e expansão está bloqueando parcialmente o fluxo eólico sedimentar*" (Silveira et al., 2019, p.9). O fluxo de turistas contribuiu para a compactação da "Duna do Pôr do Sol", e comprometeu a sua capacidade de suporte (Figura 30.4). Esses fatores são potencializados ao "*serem associados aos eventos de magnitude global relacionados a todos os litorais, como a subida do nível dos oceanos e os eventos de grandes marés de sizígia que levam grande parte dos sedimentos do sistema*" (Silveira et al., 2019, p.9).

[18] O Aeroporto Comandante Ariston Pessoa, conhecido como aeroporto de Jericoacoara está localizado no município de Cruz, a aproximadamente 32 km da Vila de Jericoacoara.



Figura 30.4. Duna do Pôr do Sol, Jericoacoara.
Fonte: Fernandes, 2019.

Como explica Moraes (1995), a urbanização da zona costeira acontece da mesma forma caótica da produção do espaço urbano no Brasil. Situação agravada pela "*velocidade dos processos nessa zona. Do ponto de vista ambiental, tal agravamento se acentua pelo alto nível de vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros*" (Moraes, 2007, p.59).

Danos causados ao ambiente foram elencados na publicação "Parque Nacional de Jericoacoara: trilhas para a sustentabilidade" que indicou a elevada quantidade de veículos que acessam o Parque de forma desordenada, como grande indutor de impactos ambientais, principalmente no período de alta estação. A comparação de imagens dos anos de 2000 e 2005 demonstraram a evolução do volume de areia na direção do setor urbano, com soterramento de residências e edifícios públicos. Verificou-se a evolução do processo de transporte de areia para o interior da Vila de Jericoacoara, em grande parte, relacionada com o fluxo de veículos. Dunas originaram-se pelo incremento do tráfego de veículos e obras de requalificação urbana (Meireles et al., 2011). Trilhas de acesso ao parque foram propostas conciliando turismo e conservação ambiental.

Silveira et al. (2019) realizaram a análise temporal da "Duna do Pôr do Sol" e, com a comparação das imagens de 1975 e 1985, verificaram que a duna manteve perfil quase inalterado, no período de 10 anos. O último período analisado, 1975 a 2018, demonstrou velocidade média de 11,25 metros/ano. Corroborando os resultados de Meireles (2011 *apud* Silveira et al., 2019), com cálculo, para o período entre 1985 e 2010, de velocidade média de 12 metros/ano. Os autores concluíram que, levando em conta as condições atuais e cenário sem nenhuma intervenção para reversão do quadro de diminuição de área e volume da duna, em menos de 20 anos, "*a duna do Pôr do Sol terá mergulhado inteiramente no mar, desaparecendo do cenário iconográfico da Vila de Jericoacoara*" (Silveira et al., 2019, p.8).

Desse modo, evidenciou-se o comprometimento da paisagem e da Vila de Jericoacoara, o que indica necessidade de mitigação dos impactos socioambientais causados pelo turismo, por meio de planejamento corretivo e preventivo, com execução de ações que levem em conta a conservação ambiental.

No sentido de ordenar a circulação de veículos, a prefeitura de Jijoca de Jericoacoara decretou a cobrança de taxa de turismo ao dia, por visitante (Jijoca de Jericoacoara, 2017) e estabeleceu o estacionamento de veículos fora da vila. Outrossim, o Decreto nº 10.147, de dezembro de 2019, incluiu os Parques Nacionais de Foz do Iguaçu, Lençóis Maranhenses e Parque Nacional de Jericoacoara no Programa Nacional de Desestatização (Brasil, 2019d).

Avalia-se a necessidade de ordenamento da faixa costeira conciliando turismo com a conservação ambiental. Considera-se importante a participação efetiva dos residentes no processo de decisão sobre a utilização do território, ou seja, a gestão da Vila e do Parque Nacional de Jericoacoara, como caminho que pode contribuir para a mitigação dos danos ambientais e para o turismo gerar mais benefícios para a comunidade.

Becker (1996, p.2) afirma que o turismo "(...) *é híbrido no sentido em que ele é, ao mesmo tempo, um enorme potencial de desenvolvimento e um enorme potencial de degradação socioambiental, na ausência de uma regulação adequada para o setor*". O reforço do potencial de desenvolvimento encontra apoio em diferentes políticas, contudo, as atividades turísticas geraram novas dinâmicas econômicas e espaciais, na zona costeira, que trouxeram benefícios, mas também danos socioambientais.

Ademais, a gestão do turismo envolve a gestão dos lugares, na totalidade. Em suma, o espaço costeiro de Jericoacoara, em 2020, é o resultado da relação entre a sociedade e a natureza que, nas últimas quatro décadas, tem interferência direta do turismo e do modelo de sociedade.

No que concerne ao impacto do turismo na economia, ponto importante em políticas públicas e na vida dos residentes, o desempenho da economia do turismo está sendo avaliado pelo Ministério do Turismo (Mtur), por meio do Programa de Regionalização do Turismo que definiu metodologia de categorização dos municípios turísticos. A avaliação utiliza quantidade estimada de visitantes domésticos e internacionais e apenas dados do mercado formal: número de estabelecimento de hospedagem, número de emprego em estabelecimentos de hospedagem e arrecadação de impostos federais também a partir dos meios de hospedagem, portanto sem a abrangência da dinâmica econômica do turismo na totalidade, pois essa envolve o mercado informal. Como resultado da avaliação, os municípios são identificados por categorias que vão de "A" a "E".

No Mapa da Regionalização do Turismo no Brasil 2019-2021 estão 2.694 municípios, apenas 62 na categoria A. No caso do Ceará, Jijoca de Jericoacoara é o único município, além da capital Fortaleza, na categoria A. Do litoral oeste, ficaram na categoria B os municípios de Caucaia, Camocim e Paracuru e, na categoria C, Acaraú, Amontada, Cruz, Itapipoca, Itarema, São Gonçalo do Amarante e Trairi. Na categoria D, Barroquinha e Paraipaba (Brasil, 2019a, 2019b). Os resultados sugerem a necessidade de incremento do mercado formal no turismo e destacam a relevância de Jijoca de Jericoacoara, no contexto do turismo brasileiro.

Por ocasião da finalização desta pesquisa, Jericoacoara está com acesso fechado para visitantes e turistas. De modo geral, o turismo é uma das atividades mais impactadas pela pandemia e isso repercute em toda a zona costeira. Todavia a dinâmica do turismo acontece de forma assimétrica, ao longo do litoral. Assim, cada parcela do espaço é afetada pelas relações que estabeleceu. Em alguns lugares, o processo de turistificação é intenso e se espraia praticamente em todo o território, como é o caso de Jericoacoara.

Considerando a retomada das viagens e do turismo, cenários diferentes são possíveis. Corrobora-se com Batista (2020, p.49) sobre a importância de pensar "*quais cenários devemos assumir no presente para ordenar e gerenciar esses espaços únicos, minimizar riscos e planejar as praias de maneira 'sustentável'*". De certa forma, a indagação estava posta antes da Covid-19, mas o contexto mudou, pois a situação é sem precedente. Neste momento, tem-se mais do que uma fase em uma sequência de exploração, desenvolvimento, consolidação, seguida de estagnação ou renovação como o Ciclo de Vida dos Destinos Turísticos de Butler (Swarbrooke, 2000).

Nesse sentido, o documento "Turismo de Sol e Praia no Contexto da Covid-19", apresenta três cenários de recuperação do turismo nas praias, a partir do momento em que as condições sanitárias permitam: cenário "negativo (pessimista), neutro (tendência) e positivo (otimista)" (Botero et al., 2020, p.19).

No cenário pessimista, o turismo de sol e praia ficam reduzidos na capacidade econômica, com número de turistas menor e concentrado em destinos considerados “seguros”. Com a privatização das praias incrementada e alto controle do Estado, em todas as atividades. Simultaneamente, se instala conflito social pelos motivos econômicos, implicando enorme desafio para os governos, os quais terão que assegurar a sobrevivência de milhões de pessoas que dependem da atividade turística (Botero et al., 2020).

Com relação ao cenário tendência ou neutro, os autores detalham que se recria a situação antes da pandemia, da maioria das praias da Ibero-América. "*O aproveitamento de um espaço público (…)sob as lógicas do mercado (…). Isto não significa que seja cenário negativo, dado que é esse o modelo que tem gerado instrumentos (…) para evitar colapso socionatural das praias (…)*" (Botero et al*.,* 2020, p.20).

Por sua vez, o cenário otimista expõe novo futuro das praias. Aprende-se com o passado e a experiência leva a novas práticas. "*Um cenário para o qual já se dispõe da maioria das ferramentas técnicas e conceituais, faltando somente a vontade da economia, (…) que lhe permita avançar a longo prazo. Também (…) a vontade institucional (…)"* (Botero et al., 2020, p.23).

Destaca-se que a reorientação do turismo vai depender da forma como a sociedade responde à situação, pois as análises sobre a participação do turismo na produção do espaço geográfico, continuarão tendo que considerar o conjunto de relações que envolvem o desenvolvimento dessa prática social, dimensões global e local, pois o turismo representa apenas parte de um conjunto de relações (Cruz, 2001).

Reforça-se a ideia de que as ferramentas existem e que é necessária vontade política. Como também salienta-se que, para qualquer cenário, é importante o fortalecimento da participação popular e das instâncias de governança, como conselhos municipais na gestão do turismo, pois a relação, entre a sociedade capitalista e a atividade tem, no controle da sociedade, instrumento importante de mediação no desenvolvimento do turismo que envolve a gestão integral dos núcleos turísticos.

Considerações finais

O turismo é um dos principais vetores da ocupação e urbanização do espaço costeiro cearense, com o que a área passa por transformações que dizem respeito à implantação de infraestruturas urbanas, de empreendimentos turísticos e ao uso como lugar de lazer, contemplação e prática de esporte. Explicar as transformações do espaço costeiro cearense pelo turismo significa contextualizá-lo nas alterações do capitalismo globalizado e saber como os lugares reagem. Parte do espaço geográfico cearense se modernizou e se integrou mais intensamente à dinâmica do mercado mundial. Surgiram interesses que reestruturaram a expansão do turismo. A dinâmica conferiu tipologias diversas aos empreendimentos turísticos: pousadas, hotéis, *resorts* e condomínios. Os investimentos públicos na rodovia estruturante e nos acessos às praias da Costa do Sol Poente desconcentraram a atividade turística da capital.

O instrumental composto pelos planos diretores, planos de turismo, de manejo, fortalecimento institucional dos municípios turísticos e criação de unidades de conservação não parecem alcançar êxito, na salvaguarda de ambientes naturais, diante da expansão do turismo, situação que tende a comprometer a sustentabilidade de ambos. O que se coloca em questão não é o turismo, mas a forma como é desenvolvido. É preocupante o comprometimento das dimensões ambientais, sociais e culturais em áreas turísticas, seguindo o modelo de ocupação da beira-mar, muitas vezes, desordenada, indicando a necessidade de efetivação de caminhos que levem em consideração

fragilidades da zona costeira e residentes, que precisam participar efetivamente na gestão do turismo, fortalecendo a governança, por meio dos conselhos municipais e instâncias de governança regionais.

Neste momento, o espaço produzido para consumo do lazer e do turismo, "modelado" pelo e para o turismo, se encontra sem turistas, de certa forma, "território do vazio" com outra conotação. Se para o turista a convivência é efêmera, para os residentes, o turismo acelerou e provocou modificações alterando modos de ser e valores. São relações complexas que produzem espacialidade nos territórios que agora precisa ser repensada. Para exemplificação, como foi mencionado, o litoral oeste registrava mais de 500 meios de hospedagem em 2017 (Ceará, 2018), que estão fechados devido à Covid-19.

Residentes se integraram à atividade turística, geralmente identificada pelo benefício econômico. E agora muitos se encontram sem renda, alguns como os guias de turismo não têm sequer acesso à ajuda emergencial do governo, por não se enquadrarem em critérios estipulados. Isso significa que as pessoas empregadas em equipamentos e as envolvidas em toda a cadeia produtiva estão sem fonte de renda e com poucas opções de substituição da dinâmica instalada pelo turismo. Resultados da categorização nacional dos municípios turísticos sugerem a necessidade de formalização dos negócios com empresas formais, empregos no mercado formal e consequente arrecadação de impostos.

O turismo associa-se à geração de emprego e renda, conservação do patrimônio natural e cultural, mas também ao comprometimento do patrimônio com produção de novas paisagens e relações sociais. Absorve a produção modernizada e formas de produções alternativas, como o turismo comunitário, pois os núcleos turísticos passam pelo processo de produção do espaço resultante da forma global de produção, mas com iniciativas que assinalam também formas singulares, a exemplo do turismo comunitário que gera benefícios diretamente para residentes, entretanto recebe pouco apoio das políticas públicas de turismo. Síntese de múltiplas determinações, o turismo, no espaço costeiro, não é uniforme, é heterogêneo e o turismo comunitário tem papel fundamental a desempenhar.

A recuperação pela via do turismo interno apontada, em fóruns de discussão, pode gerar espaço para se pensar turismo e lazer para o cearense, redirecionando o foco da política pública para ativação do turismo como direito social, apesar da motivação ser a recuperação econômica. Entretanto, exigências para o convívio em sociedade, no curto prazo, e a crise econômica tendem também a gerar turismo brando e caro, com restrições do número de pessoas com acesso ao consumo.

As paisagens da zona costeira do estado do Ceará se transformaram, nos últimos 40 anos, porque as dinâmicas de funcionamento da sociedade se modificaram produzindo novas paisagens, portanto, com o restabelecimento da mobilidade, decisões sobre o turismo poderão continuar enveredando pela hegemonia da dimensão econômica ou poderão buscar conciliar as dimensões ambiental, social e econômica. As universidades, por meio de projetos de pesquisa e de extensão, têm muito a contribuir, com subsídios para a reconstrução.

Referências bibliográficas

ALVERGA, A.R. **Arranjos urbanos e subjetivos contemporâneos na invenção de territórios turísticos**. Natal, 2011. 293f. Tese (Doutorado em Psicologia) - Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

BARBOSA, L.M. **Políticas territoriais de turismo:** concepções e impactos do PRODETUR no Nordeste brasileiro. 2017. 278 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2017.

BATISTA, C.M. Repensando la planificación y gestión del riesgo en playas tras un escenario post-pandemia Covid-19. In: BOTERO, C.M.; MERCADE, S.; CABRERA, J.A., BOMBANA, B. (Eds.). **O turismo de sol e praia no contexto da covid-19**. Cenários e recomendações. Publicação no marco da Rede Ibero- americana de Gestão e Certificação de Praias – PROPLAYAS**.** Santa Marta, Colômbia, 2020.

BECKER, B. Políticas e planejamento do turismo no. In: YÁZIGI, E. **Turismo:** espaço, paisagem e cultura. São Paulo: Hucitec, 1996.

BOTERO, C.M.; MERCADE, S.; CABRERA, J.A., BOMBANA, B. (Eds.). **O turismo de sol e praia no contexto da covid-19**. Cenários e recomendações. Publicação no marco da Rede Ibero-americana de Gestão e Certificação de Praias – PROPLAYAS. Santa Marta, Colômbia, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Organização Dieter Muehe. Brasília: MMA, 2018.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Categorização dos Municípios das Regiões Turísticas do Mapa do Turismo Brasileiro**. Brasília: MTur, 2019a. Disponível em: <http://www.regionalizacao.turismo.gov.br/images/conteudo/Perguntas_espostas_Categorizacao_2019.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Mapa do turismo**. 2019-2021. Brasília: MTur, 2019b. Disponível em: <http://mapa.turismo.gov.br/mapa/init.html#/home>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Visitação em nacionais bate novo recorde**. Brasília: MTur, 2019c. Disponível em: < http://www.turismo.gov.br/últimas-not 2019.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Sol e Praia**: orientações básicas. Brasília: Ministério do Turismo, 2010a.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Turismo Náutico**: orientações básicas. Brasília: Ministério do Turismo, 2010b.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 10.147, de 2 de dezembro de 2019.** Dispõe sobre a qualificação de unidades de conservação no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República e sobre a sua inclusão no Programa Nacional de Desestatização. Brasília, 2019d. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D10147.htm>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CASTRO, T.S. **O sol nasce pra todos?** Planejamento, turistificação e urbanização litorânea na Costa do Sol Poente do Ceará. 2016. 295 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

CAZES, G. **Fondements pour une geographie du tourisme et des loisirs**. Paris: Breal, 1992.

CEARÁ. Instituto de pesquisa e estratégia econômica do Ceará – IPECE. Perfil do Litoral Oeste. 2014.

http://www2.ipece.ce.gov.br/estatistica/perfil_regional/Perfil_Regional_R2_Litoral_Oeste2014.pdf

CEARÁ. Secretaria do Turismo do estado do Ceará. **Indicadores Turísticos 2006/2017.** Fortaleza: Setur, 2018.

CEARÁ. Secretaria do Turismo do estado do Ceará. **O turismo uma política estratégica para o desenvolvimento sustentável do Ceará**. 1995-2020: síntese. Fortaleza: Setur, 1998.

COELHO, N.S.; COSTA, C.A.G.; VILELA, M.S.S. Avaliação do Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste do Brasil – PRODETUR/NE I, na qualidade de vida da população de baixa renda no estado do Ceará. *In:* ENCONTRO ECONOMIA DO CEARÁ EM DEBATE, 8., 2008, Fortaleza. **Anais** [...] Fortaleza: IPECE, 2008. p.1-11. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/encontro/artigos_2008/8.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020.

CORBIN, A. **O território do vazio**: a praia e o imaginário ocidental. Tradução Paulo Neves. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

CORIOLANO, Luzia N. T. **O turismo nos discursos, nas políticas e no combate à pobreza**. São Paulo: Annablume, 2006.

CORRÊA, R.L. Sobre agentes sociais, escala e produção do espaço: um texto para discussão. In: CARLOS, A.F.A.; SOUZA, M.L.; SPOSITO, M.E.B. **A produção do espaço urbano:** agentes e processos, escalas e desafios. São Paulo: Contexto, 2011. p.41-51.

COSTA, W.F.; FONSECA, M.A.P. Políticas públicas de turismo, investimentos imobiliários internacionais e transformações espaciais: análise de um município da região metropolitana de Natal (RN). *In:* SEMINÁRIO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA, 13., 2016, São Paulo. **Anais** [...] São Paulo: Anptur, 2016. p.1-13.

CRUZ, R.C.A. **Introdução à geografia do turismo**. São Paulo: Roca, 2001.

DANTAS, E.W.C. **Mar à vista**: estudo sobre a maritimidade em Fortaleza. Fortaleza: Museu do Ceará; Secretaria de Cultura e Desporto do Ceará, 2002.

FERNANDES, L.M.M. **O Ceará turístico**: política de regionalização e governança nos destinos indutores. 2014. 361 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2014.

FONTELES, J.O. Comunidade de pescadores de Jericoacoara: Ceará entra na rota turística. In: VASCONCELOS, F.P. **Turismo e meio ambiente.** Fortaleza: UECE, 1998. p.60-75.

FOUNDATION FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION (FEE); INSTITUTO AMBIENTES EM REDE – IAR. **Programa Bandeira Azul Praias – Brasil**. Critérios e notas explicativas**.** Disponível em <http://bandeiraazul.org.br/wp-content/uploads/2019/08/CRITÉRIOS-BANDEIRA-AZUL-PRAIAS.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

HALL, C.M**. Planejamento turístico:** políticas, processos e relacionamentos. São Paulo: Contexto, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **IBGE Cidade e estados.** 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/jijoca-de-jericoacoara.html>. Acesso em: 20 abr. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Ceará em mapas:** caracterização territorial. Fortaleza: IPECE, 2007.

INSTITUTO DO MILÊNIO. OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. **Estudo comparativo sobre o papel das atividades imobiliário- turísticas na transformação do espaço social das metrópoles nordestinas:** Salvador, Recife, Natal e Fortaleza. Relatório final de pesquisa. 2009. Disponível em: <http://www.cchla.ufrn.br/rmnatal/relatorio/finalimobiliarioturisticomai09.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

JIJOCA DE JERICOACOARA. Prefeitura Municipal. **Decreto nº 044, de 21 de agosto de 2017.** Regulamenta o art. 180 da Lei complementar nº 107/2015, que trata da taxa de turismo sustentável. Disponível em: <https://www.jijocadejericoacoara.ce.gov.br/arquivos/132/DECRETOS_044_2017_0000001.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

KNAFOU, R. L'invention du lieu touristique: la passation d'un contrat et le surgissement simultané d'un nouveau territoire. **Revue de Géographie Alpine,** tomo 79, n.4, p.11-19, 1991. Disponível em: <http://www.persee.fr/ web/revues/home/prescript/article/rga_0035-1121_1991_num_79_4_3624>. Acesso em: 24 abr.2020.

KNAFOU, R. Turismo e território. Por uma abordagem científica do turismo. In: RODRIGUES, A.B. (Org.). **Turismo e geografia**: reflexões teóricas e enfoques regionais. São Paulo: Hucitec, 1996.

LEFEBVRE, H. **La production de l'espace**. 4a Edição. Paris: Anthropos, 2000.

LIMA, J.C.; LIMA, R.J.R.; BARROS,E.L.B.; PAULA, D.P. Análise multitemporal da variabilidade da linha de costa do litoral do município de Caucaia, Ceará, Brasil**. Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 21, n. 2, p. 864-884, set. 2019. Disponível em: <http://uvanet.br/rcgs>. Acesso em:10 maio 2020.

LKB. **Os mundiais de kitesurf vêm para o Ceará.** 2019. Disponível em: <https://localkiteboarding.com/news/os-mundiais-de-kitesurf-vem-para-o-ceara>. Acesso em: 23 abr. 2020.

LUCHIARI, M.T.D.P. Urbanização turística: um novo nexo entre o lugar e o mundo. In: LIMA, L.C. (Org.). **Da cidade ao campo**: a diversidade do saber-fazer turístico. Fortaleza: UECE, 1998.

MEIRELES, A.J.A.; DANTAS, E.W.C.; SILVA, E.V.S. **Parque Nacional de Jerioacoara**: trilhas para a sustentabilidade. Fortaleza: UFC, 2011.

MORAES, A.C.R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil**: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. São Paulo: Annablume, 2007.

MORAES, A.C.R. **Os impactos da política urbana sobre a zona costeira.** Brasília: MMA, 1995.

NICOLÁS, D.H. Elementos para un análisis sociogeográfico del Turismo. In: RODRIGUES, A.B. (Org.). **Turismo e geografia**: reflexões teóricas e enfoques regionais. São Paulo: Hucitec, 1996.

PAULA, D.P.; MORAIS, J.O.; FERREIRA, O.; DIAS, J.A. De um simples porto a uma cidade convertida para o turismo: artificialização do litoral de Fortaleza-Ce, Brasil. In: PEREIRA, S.D. et al. **O homem e as zonas costeiras**: Tomo IV da Rede BrasPor. Rio de Janeiro: FAPERJ, 2015.

PEARCE, D.G. **Geografia do turismo**: Fluxos e regiões no mercado de viagens. São Paulo: Aleph, 2003.

PERAZZA, M.C.; TUAZON, R. **Relatório**: resultados e lições aprendidas. Programa de Desenvolvimento Turístico do Nordeste do Brasil - PRODETUR/NE. 2002.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Fundação João Pinheiro. **Atlas Do Desenvolvimento Humano**. Jijoca de Jericoacoara, CE. 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/jijoca-de-jericoacoara_ce>. Acesso em: 10 abr. 2020.

RODRIGUES, A.B. Turismo e territorialidades plurais: lógicas excludentes ou solidariedade organizacional. In: LEMOS, A.I.G.; ARROYO, M., SILVEIRA, M.L. **América Latina:** cidade, campo e turismo. São Paulo: CLACSO, 2006.

SILVEIRA, A.P.; VASCONCELOS, F.P.; SALES, V.C.C.; MOURA, F.M.; COSTA, A.B.C.; SANTOS, D.V. Análise da evolução espaço-temporal da duna do pôr do sol, Jericoacoara, Ceará Brasil. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 28., 2019, Fortaleza. **Anais** [...] Fortaleza: UFC, 2019. p.1-10.

SWARBROOKE, J. **Turismo sustentável**: gestão e marketing. São Paulo: Aleph, 2000.

VASCONCELOS, F.P.; CORIOLANO, L.N.M.T. Impactos sócio-ambientais no litoral: um foco no turismo e na gestão integrada da zona costeira no estado do Ceará-Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v.8, n.2, p. 259-275, dec.2008. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340124019>. Acesso em: 15 abr. 2020.

Laura M. M. Fernandes é geógrafa, Doutora em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE), professora do Mestrado em Gestão de Negócios Turísticos e Professora Visitante do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE. Participa do Grupo de Pesquisa Turismo, Território e Cultura (UECE). E-mail: laura.fernandes@uece.br CV: http://lattes.cnpq.br/3941479209132567.

Capítulo 31

Processos e conflitos na relação porto-cidade: os casos de Rio Grande/RS, Santos/ SP e Fortaleza/ CE

Davis Pereira de Paula; João M. Alveirinho Dias; Miguel da Guia Albuquerque; Emiliano Castro de Oliveira; Carlos de Araújo Farrapeira Neto; Felipe Nóbrega Ferreira

Introdução

O recurso marinho mais explorado desde que o homem passou a viver em sociedades complexas foi, indubitavelmente, a navegação. Sendo o transporte por terra difícil, caro e perigoso, era pelo mar (e outros corpos hídricos) que, tanto quanto possível, se deslocavam mercadorias de um lado para outro. Essa ligação ao mar através dos portos era essencial para o desenvolvimento das civilizações, mas o ambiente marinho constituía, também, um fator de risco, tanto pelo seu dinamismo intrínseco como pelo perigo de, por essa via, surgirem ataques de inimigos. Por essa razão, as cidades importantes situavam-se mais no interior, em locais mais seguros, porém, por via de regra, tinham, a alguma distância, um porto associado. Tal fato é bem exemplificado pelo caso paradigmático de Atenas, dependente do seu porto do Pireu, em que o próprio caminho de ligação ao porto estava fortemente muralhado.

▪ COMO CITAR:
PAULA, D. P. de et al. Processos e Conflitos na Relação Porto-Cidade: Os Casos de Rio Grande/ RS, Santos/ SP e Fortaleza/ CE. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 708-745. ISBN 978-65-992571-0-0

O transporte marítimo foi, como se disse, essencial para o desenvolvimento das civilizações. Por essa razão, os romanos, no período de ascensão, quando outras potências, nomeadamente Cartago, desempenhavam papel de grande importância no transporte marítimo, defendiam a política do *mare liberum*, ou seja, um Mediterrâneo livre, aberto à navegação por todas as potências. Porém, com as Guerras Púnicas, e a consequente derrota de Cartago, os romanos assumiram uma posição dominante na navegação e a política mudou, passando a ser a do *mare clausum* ou *mare nostrum*, um mar fechado em que outras navegações só podiam ser empreendidas com a anuência de Roma. Foi essencialmente esse mar e a navegação através dele que possibilitou a construção do grande Império Romano, desempenhando funções absolutamente estruturantes em muitas das ligações de Roma às suas províncias.

O conceito de *mare clausum* viria, de certa forma, a ser novamente adotado na sequência das grandes navegações. Estas, iniciadas por Portugal, tiveram pouco depois a concorrência de Espanha, pelo que se fazia necessário pôr alguma ordem nessas navegações e nas novas terras que iam sendo "descobertas". Já anteriormente, através das bulas *Dum Diversas*, de 1452, e *Romanus Pontifex*, de 1455, o Papa Nicolau V tinha atribuído a Portugal e à Ordem de Cristo todas as terras conquistadas e a conquistar a sul do Cabo Bojador. Porém, isso havia ocorrido num período em que o Reino de Castela se debatia ainda com problemas internos e com a luta contra os mouros que teimavam em permanecer em Granada. Mais tarde a situação mudou, e os Reis Católicos (Isabel I de Castela e Fernando II de Aragão), que criaram o Reino da Espanha, conseguiram, por fim, em 1492, conquistar o Reino de Granada (expulsando os mouros da Península) e, nesse mesmo ano, subsidiaram a viagem de Cristóvão Colombo, que descobriu o "Novo Mundo".

A Espanha estava definitivamente lançada às navegações marítimas e, a fim de pôr ordem nessas aventuras, o Papa Sisto IV emitiu em 1481 a bula *Aeterni regis*, que dividia as terras descobertas e por descobrir por um paralelo na latitude das Canárias, dividindo o mundo em dois hemisférios: um, a Norte, atribuído à Coroa de Castela, e outro, ao Sul, que seria da Coroa de Portugal. Mas tal divisão não era o consenso entre as potências ibéricas, de forma que, em 1493, o Papa Alexandre VI promulgou nova bula, a *Inter Coetera*, que estabelecia como linha de demarcação entre as terras de Portugal e da Espanha o meridiano situado cem léguas a Oeste de Cabo Verde. Contudo, em virtude dos novos conhecimentos adquiridos pelas navegações, rapidamente essa linha de demarcação foi novamente alterada: o Tratado de Tordesilhas, celebrado entre Portugal e Castela em 1494, estipulava que esse meridiano demarcador era o que se situava 370 léguas a Oeste da ilha de Santo Antão, em Cabo Verde, assim satisfazendo as pretensões espanholas na Ásia e as que secretamente Portugal tinha no Atlântico. Como se verá, tal divisão do mundo e as dificuldades técnicas de determinação da longitude tiveram importância fundamental na ocupação do Sul do Brasil e no desenvolvimento dos portos aí situados.

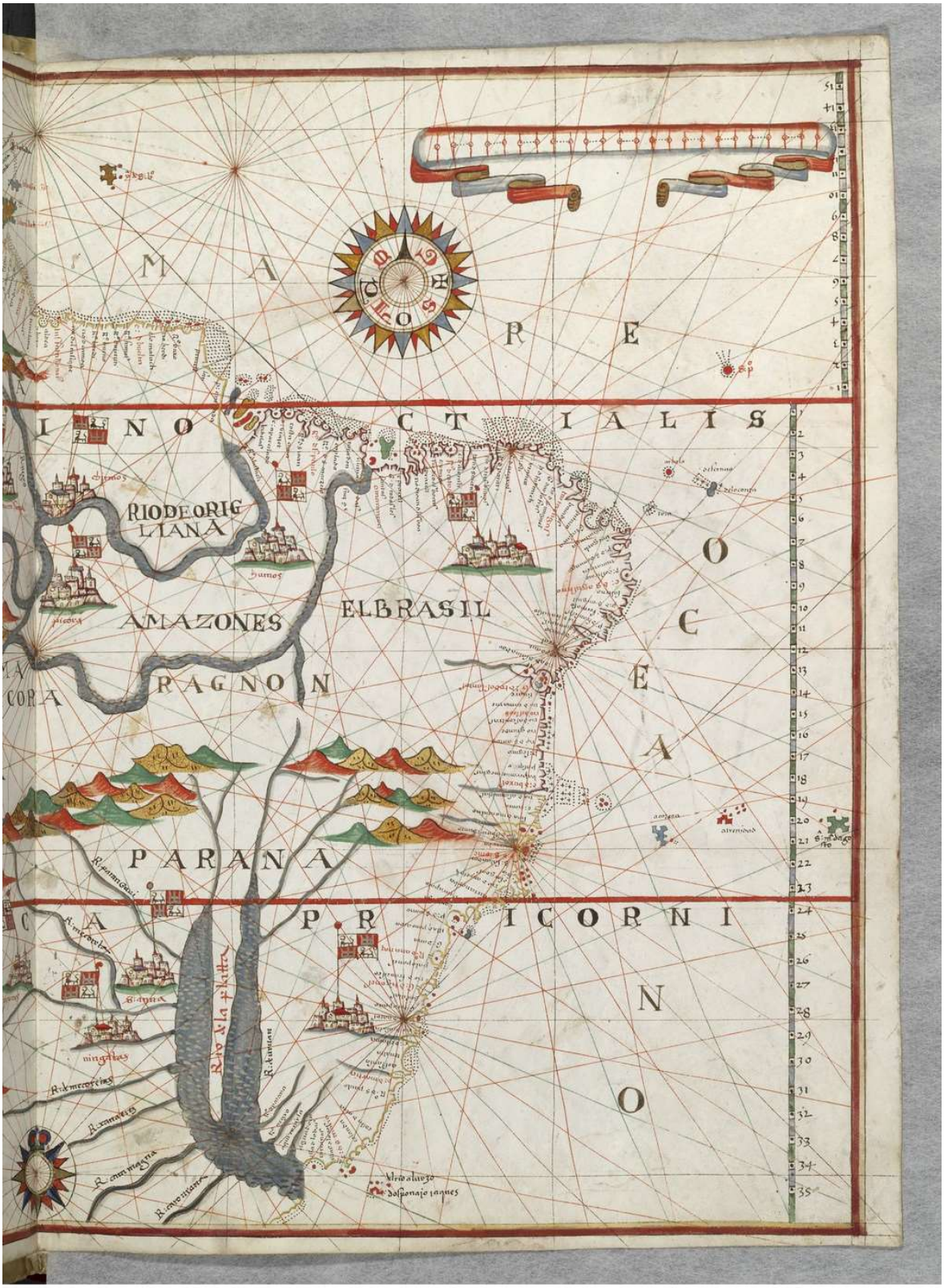
Quando os europeus chegaram à América do Sul, eles escolhiam, como sempre acontecia, litorais abrigados para desembarcarem. Esses primeiros portos sul-americanos não mais eram do que zonas de ancoradouro, sendo pessoas e mercadorias transportadas para a terra e de volta aos navios em pequenos botes. Se um destes portos começava a ter utilização mais frequente, começavam-se a construir em terra as infraestruturas necessárias, a saber, armazéns e postos de controle. Se a frequência de navios o justificava e quando as condições geomorfológicas o permitiam, iniciava-se a construção de estruturas portuárias específicas (trapiches, pontões, cais e outros) que viabilizavam a atracagem de navios e, portanto, a transferência de mercadorias. Os portos eram zonas de charneira entre o interior, onde eram explorados recursos, e o exterior, para onde esses produtos eram enviados. Nesse contexto, as estruturas portuárias começaram a desenvolver-se: outros interesses começavam a afirmar-se que não a simples importação e exportação. Com o tempo, foram se desenvolvendo cidades nesses locais, em que as atividades principais eram as portuárias, mas eventualmente surgiam outras atividades, ou seja, atingia-se a fase de "porto-cidade". As cidades continuavam a crescer e a diversificar as suas atividades, tornando-se

progressivamente menos dependentes dos seus portos, passando para a fase mais evoluída de "cidade-porto" e, posteriormente, para a de "cidade com porto". Como é evidente, fatores diversos, endógenos e exógenos, influenciavam os ritmos desta evolução. Pode dizer-se, portanto, que todas as cidades costeiras brasileiras derivaram de um porto/zona de ancoradouro que teve sucesso, isto é, que teve a oportunidade de crescer e se expandir.

Um dos fatores mais estruturantes da evolução das cidades portuárias foi a Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra na 2ª metade do século 18, que rapidamente se espalhou pelo resto da Europa e, depois, pelo resto do mundo. Essa revolução tecnológica levou, como é do conhecimento geral, a uma grande intensificação do comércio internacional e, por consequência, da navegação marítima. Impôs, ao mesmo tempo, profunda modificação nos padrões de uso dos espaços costeiros (sempre nos litorais abrigados). As matérias-primas chegavam pelos portos e era por estes que os produtos transformados eram exportados, pelo que a localização preferencial das fábricas era junto a esses portos, o que ocasionou uma "reinvenção" das cidades. Nas colônias, as áreas portuárias tiveram que ser adaptadas, de modo a mais facilmente propiciarem a exportação das matérias-primas. Isso teve, a essa altura, importância fundamental no desenvolvimento dos portos brasileiros.

Num mundo em que as grandes navegações tinham iniciado uma globalização que progressivamente se ia ampliando, as relações de interdependência eram cada vez mais fortes. Assim, quando se verificou a Guerra de Independência dos Estados Unidos, entre 1775 e 1783, a Inglaterra viu-se privada de muitas das matérias-primas (a saber, algodão) que vinham dessa colônia, pelo que tiveram que procurar alternativas. Foi uma oportunidade para os portos brasileiros, ainda que sobre estes pesasse o ônus de terem que transitar por Portugal, o que dificultava e encarecia as exportações. Mas em breve a situação viria a alterar-se profundamente. Na sequência da Revolução Francesa, que influenciou bastante o pensamento no Brasil colonial, Napoleão, com a sua dinâmica expansionista, conquistou quase toda a Europa. No sentido de tentar tornar a Inglaterra submissa, ele ordenou o Bloqueio Continental, ou seja, a proibição do comércio entre portos da Europa Continental e aquele país. Portugal, velho aliado da Inglaterra, recusou tal procedimento, o que levou Bonaparte a intentar, por três vezes, a conquista desse país. A primeira ocorreu em 1807/1808, fazendo com que a Família Real Portuguesa e a Corte fugissem, *in extremis*, para o Brasil. Uma das primeiras decisões reais tomadas pelos governantes ao chegarem a esta colônia, logo a 28 de Janeiro de 1808, traduziu-se no Decreto de Abertura dos Portos às Nações Amigas (principalmente a Inglaterra, pois os outros países europeus estavam sob domínio napoleônico). Essa medida permitia a exportação direta para o país onde a Revolução Industrial se estava a processar e, mais importante, acabou com a obrigatoriedade de as matérias exportadas passarem pela potência colonizadora. Isso foi de suma importância para o desenvolvimento dos portos brasileiros.

A aludida Abertura dos Portos teve importância estruturante quando ocorreu a Guerra de Secessão dos Estados Unidos (1861-1865). A Inglaterra viu-se, de novo, privada do abastecimento de matérias-primas (a saber, algodão) oriundas da antiga colônia, e uma das alternativas foi importá-las de outras regiões. Foi, como veremos, uma grande oportunidade para o algodão do Nordeste, a saber, para Fortaleza, que agora podia exportá-lo diretamente para o Reino Unido. A vinda do rei Dom João VI para o Brasil, em 1808, trouxe, em curto prazo, o liberalismo, o que conferiu uma nova leitura administrativa local ao país (Figura 31.1), pois marcou a abertura portuária às nações amigas e a integração nacional mediante a autonomia das capitanias (Vicente, 1993; Dias, 2005; Mattos, 2017).



Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France



Figura 31.1. Mapa do sudoeste Atlântico, em 1583, e do Brasil, em 1867.

Fonte: (1583): Bibliothèque nationale de France. Disponível em: https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b5901113x/f8.item. Autor: Martines, Joan, 1556-1590. Acessado em: 6 mai. 2020. Fonte (1867): Biblioteca Nacional do Brasil. Disponível em: http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_cartografia/cart171159/cart171159.jpg. Autor: Brito, Pedro Torquato Xavier de, 1822-1880. Acessado em: 6 mai. 2020.

De forma genérica, todos os portos marítimos brasileiros foram dinamizados pela referida Abertura dos Portos às Nações Amigas (1808), primeiro pela Declaração da Independência (1822), e depois pelos impactos da Guerra de Secessão (1861-1865). Estes são fatores incontornáveis para compreender a geografia portuária no Brasil. Por exemplo, o porto de Rio Grande, na margem da Lagoa dos Patos e já na zona de charneira com a América espanhola, cuja colonização foi difícil

devido à dificuldade em determinar o meridiano de Tordesilhas, foi utilizado para receber muitos emigrantes europeus cuja chegada tinha sido viabilizada pela Declaração da Independência. Não obstante as dificuldades inerentes à sua barra, que impunha restrições de acesso, e aos conflitos bélicos internos relativamente frequentes, o porto beneficiou-se bastante da intensificação geral do comércio marítimo verificada na segunda metade do século 19, tendo o aumento do movimento de navios e do seu calado sido então propiciado pela construção dos molhes da barra. Isso permitiu um escoamento mais fácil, tanto para o Brasil como para a Europa, de trigo, curtumes, charque e vários outros bens produzidos na região.

Entretanto, tinha-se desenvolvido a navegação a vapor, que permitia viagens mais rápidas, menos dependentes das condições atmosféricas, e mais baratas. Tal novidade conduziu a nova estruturação dos portos, agora com necessidade de combustíveis armazenados (primeiro carvão e depois *fuel oil*) para abastecer os navios, mas também pela introdução da mecanização nas operações de carga e descarga.

As Grandes Guerras tiveram também impactos notáveis nos portos brasileiros, em especial a apelidada Segunda Guerra Mundial, em que principalmente o Nordeste foi utilizado de forma intensiva por forças norte-americanas. A instalação de bases militares norte-americanas no Nordeste decorreu dos chamados Acordos de Washington, em que o Brasil assumiu o compromisso de fornecer minérios estratégicos importantes para a indústria bélica americana e, como uma das compensações, recebia apoio para a modernização e implantação do projeto siderúrgico brasileiro. Isso se refletiu num incremento notável do movimento portuário, mas, mais importante, incentivou as indústrias pesadas e químicas brasileiras, cujos produtos eram transportados por via marítima. Tal dinamização industrial viria a ser mais tarde refletida no desenvolvimento do polo industrial do Cubatão, próximo de Santos, que em muito ampliou as valências deste porto, mas também em Rio Grande, onde em 1934 já tinha sido instalada a primeira refinaria brasileira, a Companhia Brasileira de Petróleo Ipiranga, e onde, mais recentemente, viriam a ser instaladas várias indústrias químicas e de fertilizantes, que em muito fizeram crescer o movimento portuário e a própria área do porto.

Terminada a Segunda Guerra Mundial, verificou-se redinamização geral do comércio mundial e, portanto, da navegação. Diante da intensificação do transporte marítimo, verificou-se tendência para o aumento das dimensões dos navios, o que obrigou os portos a se adaptarem, procedendo a grandes dragagens e outras intervenções necessárias à entrada e manobra de navios com calado muito maior. Com a sociedade cada vez mais dependente do petróleo, a quantidade de navios envolvidos no seu transporte aumentou exponencialmente. As dimensões só podiam ser ampliadas um pouco mais, pois grande parte do transporte de petróleo era efetuada através do Canal de Suez, o que restringia o calado dos petroleiros. Com o encerramento da navegação deste canal, em 1956, o trajeto passou a ser efetuado pelo Cabo da Boa Esperança, desaparecendo, portanto, as restrições às dimensões destes navios. Surgiram, assim, os superpetroleiros como forma mais eficaz de transportar o petróleo e seus derivados. Os navios transportadores que, na altura da Segunda Grande Guerra, tinham pouco mais que 150 m de comprimento, passaram, após a Crise do Suez, a ter esse comprimento acrescido, em alguns casos, para mais de 400 m. Esta tendência para o gigantismo manteve-se, impondo, como é óbvio, as correspondentes adaptações nas áreas portuárias.

Na década de 60 do século passado impôs-se mundialmente, com grande vigor, uma moda que tinha surgido em Inglaterra no século 18: a vilegiatura marítima ou, por outras palavras, o turismo balnear. Tendo se originado como atividade terapêutica, essa nova moda acabou por se propagar, mais cedo ou mais tarde, a todas as classes sociais em todos os países, de modo que se iniciou, em meados do século 19, uma autêntica “corrida para o litoral”. No entanto, essa ocupação, eminentemente sazonal, incidia sobretudo em litorais abrigados, pois que era aí que existiam as estruturas adequadas para apoio dos veraneantes. Com o desenvolvimento dos novos meios de transporte, primeiro o trem, depois o automóvel e, finalmente, o avião, verificou-se no pós-guerra,

principalmente na década de 1960, autêntica explosão desta atividade. As cidades tinham crescido e diversificado os seus interesses, de modo que, em geral, haviam chegado a uma nova fase, a de "cidade com porto", em que as operações portuárias correspondiam já a apenas um dos múltiplos negócios citadinos. Ficaram evidentes, então, as conflitualidades inerentes às diferentes atividades. As operações portuárias não eram compatíveis com o turismo, além de que, com frequência, as áreas do porto isolavam a cidade do meio hídrico em que nascera. Mais uma vez, a cidade tinha que se reinventar de modo a esvaecer esses conflitos.

Outra revolução nos transportes marítimos foi a que esteve associada à contentorização, que reduz drasticamente as perdas, deterioração e desvios de mercadorias, e em simultâneo os custos das operações de carga e descarga. Desenvolvidos também após a Segunda Grande Guerra, tiveram adoção generalizada a partir dos anos 1960 do século passado, levando ao desenvolvimento de navios próprios para este transporte, os porta-contêineres. A vulgarização e normalização destes contêineres levou, também, à reformulação dos espaços portuários e, mesmo, ao desenvolvimento de portos especializados. Com frequência, os contêineres são transportados do porto para o destino utilizando caminhões, resultando no trânsito de veículos pesados através da cidade, o que conflitua com as outras atividades decorrentes na zona urbanizada, entre as quais o turismo.

Se a atividade portuária era inicialmente a razão de ser da cidade, o crescimento de outras dinâmicas bastante rentáveis, entre as quais, as relacionadas com o turismo, colocava em questão a existência do próprio porto. Se, em alguns casos, optou-se por garantir a continuidade das operações portuárias (como parece verificar-se em Santos e em Rio Grande), em outros, a solução adotada foi a relocalização do porto (como aconteceu em Fortaleza). Surge, desta forma, uma nova fase de evolução citadina, a da "cidade com aeroporto e porto comercial fora da cidade": a urbe reconverte-se definitivamente para o turismo; o novo porto, distante da zona urbanizada, garante a importação/exportação de mercadorias, continuando a ser fator de dinamização regional, sem conflitar com as outras atividades citadinas; o velho porto é redirecionado para o turismo, a saber, para o turismo náutico, setor que, mundialmente, está em grande crescimento.

O adequado funcionamento dos portos continua a ser essencial para o desenvolvimento das sociedades. A esmagadora maioria do que consumimos continua a ser transportada por via marítima, visto que as cidades costeiras continuam a ser fortemente dependentes dos seus portos. No Brasil, os portos sempre estiveram atrelados ao desenvolvimento econômico do país, e ao atendimento dos mercados internacionais (Batista e Lima, 2007). Atualmente, segundo a base de dados do Ministério da Infraestrutura, o Sistema Portuário Nacional — SPN (Figura 31.2) — é constituído por 512 instalações públicas e privadas, tanto marítimas quanto fluviais, além de estações de transbordo de cargas. A categoria do porto (marítimo ou fluvial) não é fundamentada na localização geográfica, levando em consideração apenas o tipo de navegação (longo curso ou interior). Um exemplo dessa categorização é o Porto de Manaus, que, apesar de ser geograficamente fluvial, recebe embarcações provenientes de linhas oceânicas.

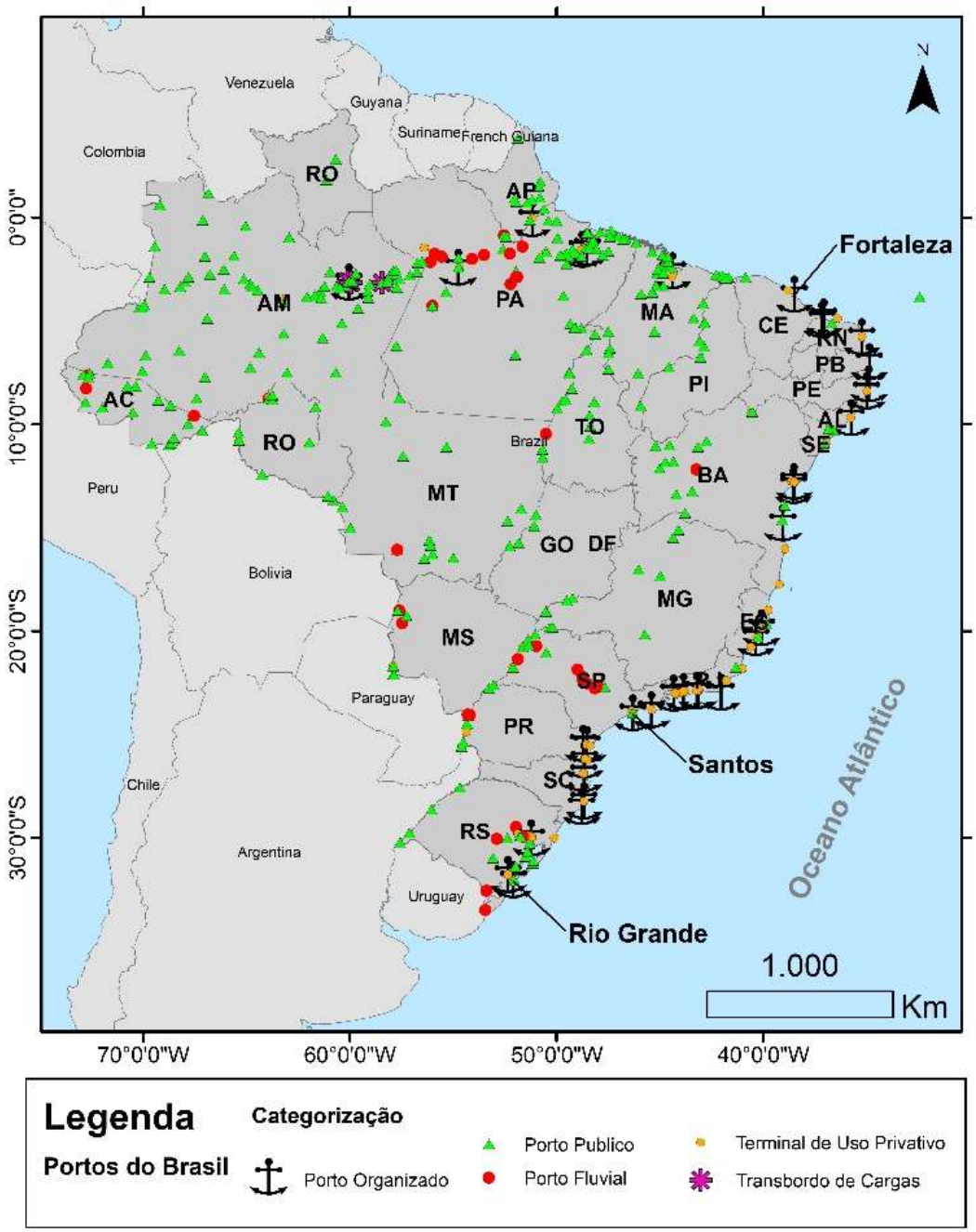


Figura 31.2. Configuração do Sistema Portuário do Brasil em 2020.

Fonte: Ministério da Infraestrutura (2020).

Dentro da esfera da administração pública, o Sistema Portuário Brasileiro tem trabalhado com a seguinte subcategorização: portos organizados, portos públicos, portos fluviais, terminais de uso privado e estações de transbordo de cargas (Tabela 31.1). O porto organizado é aparelhado para atender a necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, sendo seu tráfego de operações sujeito a autoridade portuária (Lei nº 12.815/2013). Uma parte dos portos organizados está subordinada às sete Companhias Docas dos estados do Pará, Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Os demais estão sob jurisdição da Secretaria de Portos (SEP). Os portos públicos são instalações de menor porte, as quais estão na jurisdição da União, com gestão do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Tabela 31.1. Categorização e quantificação dos portos oficialmente reconhecidos pelo governo brasileiro até 2020.

Categoria	Competência Administrativa (Gestão)	Número de Instalações
Portos Fluviais	União/ Secretaria de Portos (SEP)	38
Portos Organizados	União/ Secretaria de Portos (SEP)/ Companhia Docas	35
Portos Públicos	União/DNIT	304
Terminais de uso privado e estações de transbordo de cargas*	União/ANTAQ	135
Total		**512**

Fonte: Base de dados do Ministério da Infraestrutura (Minfra).

Os portos fluviais são aqueles que recebem linhas de navegação originadas de outros portos e a eles destinadas dentro da mesma região hidrográfica, ou com comunicação por águas interiores. Localizados fora da área do porto organizado, os terminais privados são instalações portuárias as quais são exploradas mediante processo de licitação (contrato de adesão), e sua outorga de autorização de funcionamento deve estar em consonância com as resoluções nº 1.660/10 e 1.695/10 da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). As estações de transbordo de cargas são utilizadas exclusivamente para operações de transbordo de mercadorias em embarcações de navegação interior ou cabotagem. Essas estações também devem estar fora da área do porto organizada e devem funcionar mediante autorização.

O Porto de Rio Grande/ RS

Rio Grande é uma cidade peninsular do extremo sul do Brasil situada às margens do estuário da Lagoa dos Patos, e do Oceano Atlântico. Atualmente, possui cerca de 211 mil habitantes, e parte de sua história está atrelada ao canal de acesso marítimo, à condição portuária que atravessa o tempo e constrói uma relação da cidade com o porto, e do porto com a cidade.

A partir de um conjunto de transformações que originou no Rio Grande a denominada “Área do Porto Organizado”, constituído pelas estruturas do Porto Velho, Porto Novo e Superporto, pode ser observada a imbricação entre cidade e porto, a qual incide diretamente na vida das pessoas, nos ecossistemas, mobiliza circuitos comerciais e formas de gerir o território costeiro (Figura 31.3). Quatros ciclos irão balizar essa sistematização, evidenciando características formativas de uma intersecção que se inicia no século 18 e chega até o século 21.



Figura 31.3. Cidade de Rio Grande, faixas de atracação dentro do canal de acesso marítimo.
Fonte: os autores.

Do povoamento à primeira dragagem portuária (1737-1823)

A fragilidade geopolítica do Tratado de Tordesilhas ao longo da região platina levou a uma série de disputas territoriais entre as coroas portuguesa e a espanhola ao longo dos anos, o que culminou com o redesenho das fronteiras através do Tratado de Madri, em 1750. E foi em meio a esse processo que o Brigadeiro José Silva Paes em 1736 iniciou sua expedição até o Rio Grande de São Pedro, território situado no extremo meridional do Brasil.

A intenção, prevista nos documentos trocados entre o oficial e o Conselho Ultramarino, era a fundação de uma localidade com características militares, em que a proteção das fronteiras e um entreposto com a Colônia de Sacramento pudessem assegurar aos portugueses um trânsito continental seguro para seus interesses comerciais.

Foi criada, por provisão eclesiástica que data de 6 de agosto de 1736, a freguesia de São Pedro do Rio Grande (Piazza, 1988). Mas foi em 19 de fevereiro de 1937 que, oficialmente, o brigadeiro português estabeleceu a fundação da localidade, quando foi erguido o forte Jesus-Maria-José, núcleo inicial do povoamento.

De forma breve, esse é o processo de fundação da hoje chamada cidade do Rio Grande. E sobre essa localidade:

> *"Durante quase todo o século XVIII, a economia rio-grandina esteve ligada à pecuária, limitada à criação de mulas e cavalos, indispensáveis no intercâmbio e no comércio [...] Entretanto, a perda da Colônia de Sacramento aos espanhóis (Tratado de Tordesilhas, 1777) e o início do ciclo do charque na região no começo da década de oitenta, cuja produção viria a escoar por Rio Grande, intensificaram a atividade portuária, proporcionando-lhe uma nova configuração econômica"* (Bittencourt, 2007, p. 32).

Nessa passagem percebemos o processo de transformação de um território continental, caracterizado pela proteção das fronteiras e das rotas terrestres até a Colônia de Sacramento durante o século 18, para uma localidade que se torna o que Raphael Copstein (1982, p. 46) irá chamar de "hinterlândia" do comércio do charque, que precisava ser escoado pela via marítima.

O ano de 1804 marca a implantação da Alfândega em Rio Grande, e com isso surge a proeminência de uma urbanidade portuária em curso, que se acentua com a Abertura dos Portos, em 1808. Em

1823 ocorre o primeiro processo de dragagem do canal de acesso portuário, o que marca um ponto de inflexão na relação da cidade com a sua estrutura portuária, que amplia suas feições urbanas do povoamento inicial quando passa a receber imigrantes de várias nacionalidades em função da operação portuária.

Quando se observam as tentativas fracassadas de interiorização do município, é possível concordar com a percepção de uma "vocação urbana" (Copstein, 1975, p. 3), a qual não se manifesta ao acaso, mas sim pela ação dos sujeitos na experiência portuária, no cotidiano da cidade. A investigação cartográfica, pictórica e arqueológica proposta por Beatriz Thiesen (2009) confirmou isso quando revelou que as representações iconográficas da cidade se transformaram a partir de 1824.

Até o início das obras da dragagem portuária o conjunto de reproduções imagéticas da cidade estava pautado por uma característica marcante: a interiorização do território, com os elementos principais voltados para a porção terrestre, enquanto a Lagoa dos Patos e o porto surgiam em segundo plano na hierarquização de paisagens. É fácil perceber isso ao se visualizar uma aquarela de Jean-Baptiste Debret em que "*em primeiro plano estão os barcos, e logo a seguir o porto (...) Depois veem-se as casas e, finalmente, as dunas de areia. A hierarquia inverte-se*" (Thiesen, 2009, p. 147). Isso também ocorre nas representações cartográficas a partir de 1829, quando a zona portuária surge em primeiro plano, e o "eixo central" passa a ser a Alfândega (Thiesen, 2009, p.147).

Ao se concordar com a pesquisadora quando ela diz que a análise de paisagens e cartografias "*compõem uma rede de significações que nos cabe interpretar*" (Thiesen, 2009, p. 154), já é possível entender essa primeira forma de intersecção entre cidade-porto, que logo se inverte para porto-cidade. É isso que está em jogo desde a instalação da Alfândega, e que culmina com o primeiro processo de dragagem, seguido das formas de representar Rio Grande.

A chegada do século 19: a construção dos Molhes da Barra (1824-1915)

Em vista dos ideais "*liberais que se espalhavam pelo mundo e chegavam ao Brasil, ao Rio Grande do Sul, e a Vila do Rio Grande, surgindo espaço para recorrentes reivindicações das quais também seria alvo o ambiente portuário rio-grandino*" (Alves, 2008, p. 48), era de interesse do Império a consolidação desse porto. Assim, foi no decorrer desse século que ocorreu a ampliação de rotas comerciais e de melhoramentos portuários.

Cabe lembrar que entre 1835 e 1845 o Rio Grande do Sul atravessa um período de guerra civil, a Revolução Farroupilha, que irá trazer graves prejuízos à economia do estado, logo, prejuízos à movimentação e estrutura portuária. Passada essa década, o discurso predominante foi de uma retomada econômica que deveria iniciar por aquilo que se transforma na questão central da relação do porto com a cidade: a melhoria do acesso ao canal de navegação, que já havia sido registrado no relato de viajantes, e que passou a ser chamado na imprensa local de "Boca do Diabo" (Alves, 2008, p. 61), dado o alto número de sinistros na barra de entrada marítima.

No período que vai até 1850 a cidade também veio a receber novos equipamentos urbanos nas proximidades da zona do porto, Teatro Sete de Setembro, Santa Casa de Misericórdia, o edifício da Praça do Comércio, "Bibliotheca" Rio-Grandense e Mercado Público. Por sua vez, houve o início da construção de um novo cais de pedra, o qual passou a delinear a face urbano-portuária da cidade durante todo o século 19 (Torres, 2010, p. 47).

Foi na década de 1870 que o incremento industrial manifestou o seu primeiro ápice, o qual esteve associado à questão do escoamento portuário. Nas palavras de Rodrigo Torres:

> *"(...) inicia-se um novo momento na narrativa do espaço urbano-portuário da cidade. A modernização do cais (1869/1878), a industrialização precoce (1874), a estruturação do sistema de transportes urbano e ferroviário (1884), a iluminação a gás (1874), o telégrafo submarino*

> *(1874), a captação e distribuição de água com a construção da Hidráulica (1878), o calçamento das ruas principais (1870/80), o novo matadouro (1873), o paisagismo das praças (1870/80), entre os incrementos o espaço na península, confirmando a pujança econômica iniciada no período do comércio de exportação e importação.*" (Torres, 2010, p. 52).

O que ocorre é uma série de transformações em Rio Grande, e o ano de 1873 é marcante nesse sentido, com a presença da Companhia União Fabril Rheingantz. Protagonista do parque industrial que veio a se desenvolver, essa iniciativa ultrapassa as barreiras locais, como aponta Paul Singer ao dizer que essa iniciativa "*não visava apenas o mercado regional, mas sobretudo o mercado nacional*" (Singer, 1977, p. 172).

Nesse momento a cidade possuía cerca de 20 mil habitantes, e mais de 4 mil edificações abrigavam os 14.345 moradores urbanos. Desse universo, imigrantes portugueses, italianos, ingleses, alemães, franceses, entre outros, compunham aproximadamente 961 estrangeiros registrados no censo de 1888 (Ferreira, 2012, p. 53).

E o porto do Rio Grande, além de ser referência em um circuito comercial com a capital do Império, operava em uma rota de transações marítimas com os portos ingleses, e como entreposto para o circuito comercial brasileiro com Montevideo e Buenos Aires (Alves, 2001; Vianna, 2007).

Porém, algo precisa ser feito quando a situação do assoreamento do canal de acesso chega ao calado de 2,70 metros em 1883 (Torres, 2010, p. 65). Mais do que atitudes pontuais, tornava-se urgente uma saída a longo prazo, visto que a manutenção da economia portuária passava a se ver ameaçada mesmo após a resolução do problema também por onerar os fretes para o porto do Rio Grande — muitas vezes era preciso fundear por semanas fora da barra de entrada, e os custos de uma viagem se tornavam tão altos quanto imprevisíveis (Torres, 2010).

Foi nesse contexto que, após algumas décadas de negociações que se iniciaram no Império e atravessaram o século, ganhou concretude a obra de engenharia oceânica que fez com que dois braços de pedras convergentes limitassem a desembocadura da Lagoa dos Patos no oceano Atlântico. Mobilizando em 10 anos de obras mais de 4 mil trabalhadores, a inauguração no ano de 1915 inicia uma nova fase em Rio Grande, a do "Porto Novo", quando a modernização do canal trouxe junto a dinamização dos processos portuários no século 20.

1915-1998 – Das modernizações portuárias à emergência do fator ambiental

Surge junto com a modernização dos Molhes da Barra a estrutura do Porto Novo (vide Figura 3), deslocando a movimentação portuária da área urbana central para a região mais próxima à desembocadura da Lagoa dos Patos. Com isso, o Porto Velho, gradativamente, se torna espaço de uso do setor pesqueiro e se incorpora à malha urbana central, e o Porto passa a congregar novas comunidades, que se organizam no entorno portuário, e consolidam um novo núcleo urbano forjado por operários ligados ao setor portuário direta e indiretamente.

Com a chegada da Primeira Guerra Mundial, e depois com os impactos da crise de 1929 no mercado internacional, o período de prosperidade se vê comprometido. E após a Segunda Guerra Mundial o desinteresse pelo modal portuário pode ser percebido nos relatórios da Diretoria do Porto e Barra do Rio Grande (Alves, 2008, p. 529). A manutenção dos maquinários e da estrutura física de uma forma geral estava ameaçada, o que levou à elaboração de um plano de melhoramentos em 1944, que recebeu verbas específicas para a construção de câmaras do entreposto frigorífico, de telheiros, de trinta vagões, de silos para carvão, de refeitório e pavilhão sanitário e ampliação de armazéns (Alves, 2008).

As mudanças seguiram com a criação, em 1951, do Departamento Estadual de Portos, Rios e Canais

(DEPRC), entidade autárquica que fazia parte da Secretaria de Obras Públicas do Rio Grande do Sul, cabendo a esse órgão "*planejar, executar e fiscalizar os serviços concernentes à construção, melhoramentos, ampliação, conservação, demarcação e balizamento dos portos*" (Alves, 2008, p. 543). Os impactos dessas mudanças estruturais e administrativas levam à manutenção da relação porto-cidade (Figura 31.4), com a chegada das indústrias químicas e de fertilizantes, gerando um novo cenário industrial em Rio Grande (Martins, 2004).



Figura 31.4. Imagem: Canal de acesso ao porto do Rio Grande com os Molhes da Barra e a cidade ao fundo.
Fonte: Programa de Aceleração do Crescimento, Governo Federal, 2011.

Em 1972, ocorre a inauguração do terceiro perímetro portuário, o Superporto (Vide Figura 31.3). Essa nova faixa de atracação das instalações portuárias buscava facilitar a circulação dos produtos entre os terminais e as indústrias situadas em área retroportuária. Tal iniciativa fazia parte do projeto do governo federal dos Corredores de Exportação, que visavam à ligação do mercado Centro-Sul do país (Domingues, 1995). Os anos 1980 expandem as atividades ligadas à expansão do complexo químico, agroindustrial e de cargas conteinerizadas, ao mesmo tempo em que inauguram uma profunda crise no setor da indústria pesqueira.

Durante a década de 1990 essa unidade portuária foi considerada referência no MERCOSUL[1], sendo chamada de "Porto do Mercosul", "pois é o principal escoadouro da produção do Rio Grande do Sul, bem como o segundo no ranking nacional de movimentação de containers" (Vasconcelos e Da Silva, 2007, p. 49). Com a minoração das barreiras comerciais através desse acordo, verificou-se uma rede acentuada de cargas oriundas ou destinadas dos países do MERCOSUL, o que demonstra uma

[1] O Mercado Comum do Sul é uma união aduaneira formada em 1991 por Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai, com adesão da Venezuela em 2012.

adequação aos padrões internacionais[2] que passaram a vigorar para a estrutura portuária brasileira nessa época (Vasconcelos e Da Silva, 2007).

Ao longo do século 20 o que se observa é um porto que reordena a cidade, como evidenciado pela expansão das fronteiras urbanas que se associam às etapas de crescimento do setor portuário, o que acaba gerando novos bairros de caráter operário (Lourenço, 2012). Da mesma forma, verifica-se uma conexão da atividade portuária com a maior parte dos empregos diretos e indiretos em Rio Grande (Lourenço, 2012). Com isso, os ciclos econômicos portuários passaram a se refletir objetivamente na vida dos habitantes de Rio Grande.

E uma situação incomum traz um novo elemento à condição portuária da cidade: em 1998 surge na orla da Praia do Cassino uma carga significativa de sedimento lamítico que se estende por mais de dois quilômetros na faixa central de banhos, impedindo o uso do espaço para qualquer tipo de atividade, ou exploração turística. Um tapete de lodo muda a paisagem, e as dúvidas que cercam essa situação acabam por marcar uma nova fase na relação do porto com a cidade, a qual passa a adotar uma agenda de responsabilidade ambiental (Ferreira e Freitas, 2019).

Tal fenômeno gerou comoção da população local, do corpo de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), imprensa e poder público na busca de um entendimento, sobretudo, da origem desse material lamítico. Diferentes versões entraram em disputa, e assim permanecem até o presente momento, visto que um grupo de pesquisadores acredita na explicação natural, enquanto outro aponta a atividade portuária como causadora do barro na praia, o que motivou a criação de organizações civis sem fins lucrativos que passaram a atuar nessa pauta.

Houve, com isso, a ampliação das pesquisas científicas voltadas para o setor portuário, e com isso uma série de projetos e convênios entre a FURG e a Superintendência do Porto do Rio Grande, que atendem, justamente, condicionantes ambientais que passam a pautar a operação do porto. Foi concomitante a esse movimento a criação do primeiro projeto continuado de Educação Ambiental em unidades portuárias, o Programa de Educação Ambiental do Porto do Rio Grande (ProEA/PRG), criado em 2005, e que atua diretamente nas áreas de operação portuária e comunidades do entorno.

Século 21 – A indústria naval

Para Rio Grande o modal rodoviário é fundamental à movimentação, sendo que esta ocorre exclusivamente através da BR-392, que não cruza o perímetro urbano do município, porém é a única estrada de saída da cidade. A movimentação portuária, assim, atinge a mobilidade urbana de forma indireta, mas decisiva, quando entra em cena uma nova etapa na relação cidade-porto: a vinda do Polo Naval.

O ano de 2006 marca a descoberta do pré-sal, e dentro dessa conjuntura o setor naval passou a ser considerado estratégico. Logo em seguida, em 2017, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) consolidou o investimento maciço de recursos na cidade, inserindo-a dentro de um circuito de descentralização econômica no país. Em 2010 ocorre a inauguração do Polo Naval e *Offshore* estruturado em torno de três estaleiros situados na área do Superporto: Estaleiros Rio Grande 1 e 2 (ERG 1, ERG 2) e Honório Bicalho.

Desde o momento de aporte de recursos destinados ao dique seco que seria fundamental para a construção e reparo de embarcações, o aumento gradativo do número de trabalhadores vindos de outros estados se tornou uma realidade na cidade, e essa realidade atingiu seu ápice entre 2013 e

[2] Lei de Modernização dos Portos nº 8.630/93.

2014. Nesse período foram entregues as Plataformas P-63, P-55, P-58 e o casco da P-66, e a caracterização da unidade portuária de Rio Grande como parte de um circuito econômico ligado ao setor da indústria naval despontou como fato inédito na história.

O número de trabalhadores ligados ao polo naval de forma direta e indireta chegou a 40 mil, com 70% dos operários migrantes (Domingues, 2009). Junto com o polo naval, o distrito industrial do Superporto também apresentou crescimento em seus setores metal-metalúrgico, de energia, fertilizantes e madeireiro, o que configura um efeito cascata na atividade portuária local.

Com apenas uma saída pelo modal rodoviário, sem linhas áreas em funcionamento no seu aeroporto de pequeno porte, e apenas um ramal ferroviário em estado de deterioração, Rio Grande atravessa um *boom* singular em todas as suas estruturas entre os anos de 2010 e 2015. Um setor com crescimento imediato foi o imobiliário, seguido do de serviços essenciais. Como exemplo, o setor imobiliário praticou preços que chegaram a ser 330% maiores em comparação com os anos anteriores ao polo (Silva et al, 2012), enquanto o setor de microempreendedores cresceu cerca de 4.000% entre os anos de 2009 e 2016 (Faé et al., 2018 p. 119).

Rio Grande se tornaria uma cidade pautada pela relação de trabalho com o porto, cujo horizonte estava pautado no atendimento das demandas urgentes que o polo naval solicitava direta e indiretamente — como se verifica ao longo de todos os ciclos aqui apresentados. As demandas socioculturais e a exploração do capital turístico presente na cidade não foram prioritárias, o que ilustra uma forma de relação bastante específica, a qual se reafirma pelo trabalho enquanto conceito-chave dessa relação.

Ser uma cidade portuária é também se constituir em uma cidade moldada pelo trabalho portuário, pelo trabalhador que se conecta a essa atividade e age no tecido urbano a partir desse lugar, desse ofício. Muitos dos bairros de Rio Grande surgiram como consequência da expansão portuária, inúmeras redes de sociabilidade local se dão em função da intersecção com o porto, e mesmo em períodos de menor prosperidade esta continua sendo uma identidade reivindicada, presente como potência dentro da comunidade.

Com a crise do setor da indústria naval a partir de 2015 o porto de Rio Grande atravessa um novo ciclo, que ainda está em curso dentro de um cenário decisivo sobre o futuro desse tipo de atividade no Brasil. O mesmo polo que já envolveu mais de 40 mil pessoas hoje mobiliza não mais que 5 mil, o setor imobiliário e o de serviços buscam saídas para o atual momento, e o município mais uma vez precisa reorganizar sua relação com a estrutura portuária, da mesma forma como ocorreu em todos os outros ciclos aqui apresentados.

Santos, o maior Porto Comercial do Brasil

Uma região propícia a navegação e atividades de transporte aquático há pelo menos 7,9 mil anos (Afonso, 2017), a Baixada Santista configura-se como um estuário, do tipo vale inundado, formatado por diversos eventos de subida e descida do nível do mar durante o período Quaternário[3] (Suguio et al., 1978; Tessler e Goya, 2005). Estas condições, aliadas a uma elevada taxa de sedimentação, oriunda dos processos de erosão da escarpa da Serra do Mar (Almeida e Carneiro, 1998), e ao regime climático de elevadas temperaturas médias e pluviosidade (Nunes et al., 2009), formataram as planícies, os canais e a densa cobertura vegetal de mata atlântica e manguezais encontrados na região (Martinelli, 2010). Tal evolução geográfica, que deu origem a duas grandes ilhas estuarinas, São Vicente e Santo Amaro, permitiu que o canal que as divide, o Canal de Santos, apresentasse

[3]Período geológico que se inicia há 2,6 milhões de anos atrás e se estende até os dias atuais.

características mais profundas, largas e menos meandrantes que os demais canais, sendo este um local propício ao desenvolvimento de atividades portuárias (Figura 31.5).

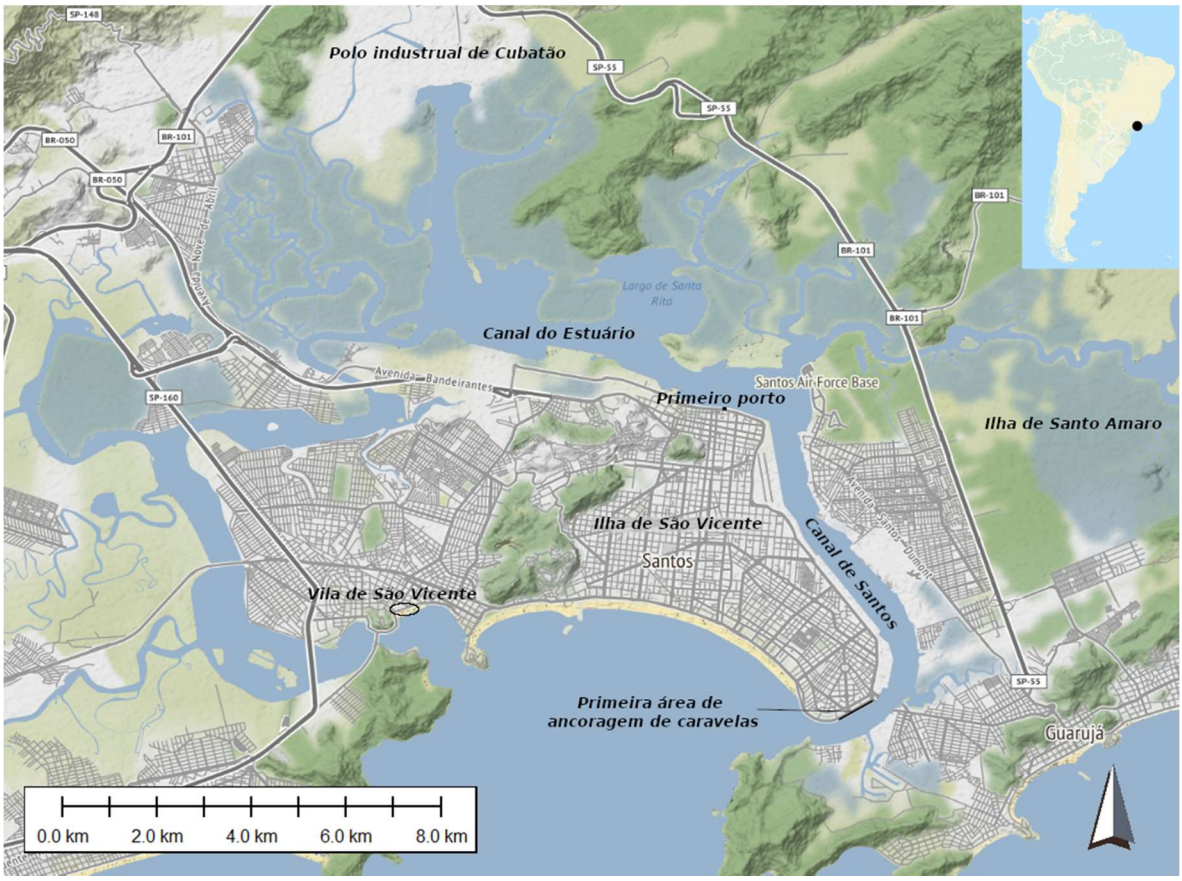


Figura 31.5. Localização da Ilha de São Vicente, área central da Baixada Santista que comporta parte dos municípios de Santos e São Vicente.

Fonte: OPENSTREETMAP©, 2020.

A Baixada Santista situa-se na costa central do estado de São Paulo. Trata-se de uma região metropolitana, composta de 9 municípios (Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente), de aproximadamente 1,9 milhões de habitantes em uma área de 2,5 mil km^2 (Emplasa, 2019). A maior cidade desta região é Santos, com aproximadamente 435 mil habitantes e uma condição média de vida elevada (5° lugar no país; Santos, 2020), mas com alto contraste socioeconômico (Young e Santos, 2016). Esta cidade se tornou o polo de desenvolvimento da região graças ao seu porto. Ela dista aproximadamente 80 km de outra região metropolitana, a Grande São Paulo, que possui a maior concentração demográfica, industrial e comercial do país, com cerca de 21,5 milhões de habitantes (Emplasa, 2019), fazendo com que haja um grande fluxo de pessoas e mercadorias entre as duas regiões. O ponto focal desta movimentação na Baixada Santista é o porto de Santos, que pode ser acessado por cinco rodovias: Anchieta, Imigrantes, Cônego Domênico Rangoni, Rio-Santos e Padre Manuel da Nóbrega, três ramais ferroviários exclusivos para carga e um complexo de dutos para produtos petroquímicos (Codesp, 2020).

É neste contexto que se insere o maior complexo portuário da América Latina. Estendendo-se diretamente por Santos, Guarujá e Cubatão, e indiretamente por São Vicente, este complexo ocupa uma área de 7,8 km^2, empregando mais de 30 mil pessoas, e tem capacidade para movimentar mais

de 120 milhões de toneladas de cargas anualmente, nos seus 55 terminais marítimos e 66 berços[4] de atracação (sendo 11 privados) (Codesp, 2020). A movimentação de cargas contempla diversos produtos (grãos, álcool, automóveis), mas se destaca com açúcar, suco de laranja e café em grãos, cuja exportação atinge os maiores volumes anuais do mundo (Codesp, 2020).

Do porto de canoas ao porto de trapiche: o nascimento da cidade

Devido à evolução geomorfológica da região no período Quaternário e de acordo com os registros das primeiras incursões de europeus no continente americano, os canais da região se mantiveram como porto de canoas, sem qualquer delimitação ou uso específico até a ocupação pelo Império Português, entre 1508 e 1530 (Barbosa et al., 2000; Perrugorría, 2010). A partir desse momento os canais passaram a ser navegados também por caravelas, e estas passaram a ser ancoradas no canal mais profundo da região, o canal de Santos, primeiramente na região próxima à costa, no atual bairro da Ponta da Praia, e depois oficialmente na parte interna do estuário, dando origem ao primeiro porto oficial (Figura 31.5; Barbosa et al., 2000; Perrugorría, 2010). Esta transferência, ocorrida em 1541, foi motivada por um *tsunami*, que destruiu grande parte da vila de São Vicente, mais antigo município do Brasil, fundada em 1532, fazendo com o que o povoado de Enguaguaçu se tornasse uma vila mais movimentada, a vila do Porto de São Vicente, e posteriormente Vila do Porto de Santos (Barbosa et al., 2000).

A estruturação da então vila do primeiro porto de Santos (Figura 31.5) já ocorria antes do seu registro oficial em 1546, contando com as construções do Outeiro de Santa Catarina e da Santa Casa de Misericórdia de Todos os Santos, primeiro hospital do Brasil, em 1543 (Barbosa et al., 2000; Santos, 2020). A partir desse momento o porto de Santos passou a servir para diversos tipos de atividade, tais como embarque de açúcar, madeira e indígenas e negros escravizados, despertando o interesse de navegadores piratas de diversas nações, o que fez com que a Coroa Portuguesa iniciasse a construção de fortificações de defesa nos principais canais do estuário (1552 a 1584). Neste mesmo período o porto passava também a ser um ponto de partida das primeiras incursões de subida da Serra do Mar e de exploração do interior do país, as “bandeiras”, que fundaram a cidade de São Paulo em 1554, descobrindo ouro no Pico do Jaraguá (São Paulo, SP) e ferro no Morro de Araçoiaba (Araçoiaba da Serra, SP) (Barbosa et al., 2000).

Com o passar do tempo, o porto aumentou em importância estratégica, passando por uma diversificação nos seus produtos comercializados, mas se manteve um porto rudimentar, onde as cargas eram movimentadas por força animal e humana através de estradas precárias e embarcados/desembarcados com o uso de trapiches[5]. Tinha início a partir daí a sociedade santista, composta de escravos, que realizavam o trabalho pesado no porto, comerciantes e militares, em uma organização que possui muitas semelhanças socioeconômicas com a atual, mas com o foco nas atividades do porto, que gradualmente passou a atender a região, a grande São Paulo, e com o passar do tempo todo o interior do Sudeste e Centro-oeste do país (Barbosa et al., 2000; Scazufca, 2012).

[4]Área aprofundada artificialmente onde o navio é fixado temporariamente para as operações de carga e descarga, normalmente ao lado de cais ou de um terminal avançado do tipo ponte.

[5] Passarela de madeira, que liga a área seca da costa, normalmente uma praia, a uma embarcação. Apesar de ser uma estrutura fixa, é bastante frágil e não possui caráter permanente.

Do porto de trapiche ao porto do café: a cidade como centro mundial

Durante os séculos que se seguiram até o meio do século 19, poucas mudanças ocorreram no porto, sendo que sua lenta expansão acompanhou a da vila, mantendo-se este próximo à linha d´água no canal do estuário. O comércio que por ali circulava atendia apenas São Paulo, em grande parte devido ao desenvolvimento de outras cidades com portos, tais como Parati e Rio de Janeiro, e não era intenso o bastante para promover a expansão da vila nem sua população, estimada em pouco mais de 3 mil habitantes em 1790 (Barbosa et al., 2000). Ao fim do século 18, ocorreu o primeiro investimento associado ao porto, a construção de uma via de acesso calçada através da Serra do Mar, a Calçada do Lorena, permitindo um avanço no escoamento do açúcar produzido no interior, o que fez com que a vila começasse a ser mais movimentada, fato motivado pelo Decreto de Abertura dos Portos às Nações Amigas (1808), e que culminou com a elevação da vila à categoria de cidade, em 1839 (Barbosa et al., 2000).

Durante o século 19, com a Independência do Brasil (1822), a produção de café no interior próximo a Santos se expandiu, fazendo com que já em 1854 o porto fosse responsável pelo escoamento de 80% da produção nacional (Barbosa et al., 2000; Scazufca, 2012). O peso econômico desta produção fez com que o porto recebesse seu segundo investimento em infraestrutura, a ferrovia Santos-Jundiaí, que em 1867 passou a facilitar ainda mais o escoamento dos produtos vindos do interior (Barbosa et al., 2000; Scazufca, 2012). Embora a estrutura de acesso ao porto tivesse sido modernizada, as operações de carga e descarga permaneceram sobre trapiches até 1890, quando foi constituída, através de uma concorrência privada, a Companhia de Docas de Santos, que ficou responsável pela construção dos primeiros mil metros de cais e armazéns para estocagem (Barbosa et al., 2000).

O crescimento do porto e de suas atividades sufocou a cidade. A sociedade santista se expandiu, passando de 13 mil para 50 mil habitantes entre 1889 e 1899 (Barbosa et al., 2000), embora as condições ambientais da ilha estuarina não permitissem uma expansão da cidade, devido a áreas alagadas, sujeitas à variação das marés. O crescimento da população guardava relação com a expansão das atividades do porto, mas era muito mais estimulado pelos programas de imigração instituídos pelo final do governo do Império do Brasil e da Velha República, que, calcados em premissas eugenistas, trouxeram para a cidade pessoas de 15 países europeus diferentes, além de japoneses, perfazendo 42% da população no início do século 20 (Barbosa et al.; Brasil, 2018).

O crescimento populacional, somado às condições ambientais e à falta de saneamento, fez com que a cidade fosse acometida por uma série de epidemias, que começaram no meio do século 19 e se agravaram com o passar do tempo, fazendo com que em 1889 ocorressem surtos concomitantes de febre amarela, malária, peste bubônica, varíola e tuberculose, vitimando cerca de metade da população (Barbosa et al., 2000; Matos, 2004). Esta situação começou a mudar definitivamente no começo do século 20 com a implementação do plano de urbanismo da cidade, elaborado por Saturnino de Brito, que criou o sistema de esgoto, drenado para o mar em uma área distante da cidade, e o sistema de canais pluviais/de maré, que permitiram que a ocupação urbana se expandisse para além das proximidades do porto (Matos, 2004; Santos, 2020). A iniciativa de saneamento é a primeira retribuição que as atividades crescentes do porto permitiram à cidade de Santos, mas é importante lembrar que esta somente foi aceita pelo poder público porque a situação de saneamento era tão alarmante que o porto passou a ser conhecido como “Porto da Morte” e a ser preterido nas crescentes negociações do café (Neves, 2013).

Com a conclusão dos trabalhos de urbanismo e saneamento em 1907, e impulsionada pelos negócios do café, a cidade começou a se expandir em direção à costa marinha da ilha, que se torna uma expressão do sucesso financeiro dos “barões do café”, em virtude das suas grandes mansões nos estilos inglês e norte-americano (Matos, 2004). A cidade recebe, em 1917, a Bolsa Oficial do Café, centro mundial de cotação e negociação de café, indicando que a vida da cidade gira em torno de um produto, exportado pelo porto, gerador de enorme riqueza, mas que se mantém concentrada

nos “barões” (Barbosa et al., 2000), com grande parte da população da cidade, e do estado, às margens desta prosperidade. Apesar de ser um “centro do mundo”, a cidade de Santos começa a “perder” o porto, primeiro para o estado de São Paulo, depois para o país.

Do porto do café ao porto industrial: a cidade “perde” o porto para o país

Com o crescimento da cidade, em termos populacionais, regionais e econômicos, novas organizações começam a se estabelecer. A população santista, e dos demais municípios da região, começa a desenvolver outras atividades econômicas, principalmente devido ao capital intelectual e social que chega com os imigrantes europeus (Matos, 2004; Brasil, 2018). O comércio da cidade começa a se destacar no país, valendo-se do porto e das linhas de acesso, além da proximidade da região metropolitana de São Paulo, surgindo assim um estrato intermediário na sociedade, a classe média europeizada (Matos, 2004; Brasil, 2018). Os ex-escravos e seus descendentes continuam sem acesso ao desenvolvimento social alcançado pelos europeus e seus descendentes, constituindo uma grande classe social, relegada aos trabalhos pesados e aos pouco valorizados, tais como a estiva e os serviços domésticos (Matos, 2004; Brasil, 2018).

Representando a maioria dos trabalhadores do porto, os estivadores começaram a se organizar no final do século 19, uma vez que as condições de trabalho eram as piores possíveis, já que o trabalho de estiva se manteve como trabalho escravo até 1888 (Matos, 2004; Aguiar et al., 2006). Embora esse trabalho conte com um grande efetivo de ex-escravos e descendentes, muitos imigrantes europeus, especialmente espanhóis, também foram trabalhar como estivadores, participando da organização desta categoria, o que, após grandes greves e movimentos de reivindicações trabalhistas, culminou com a fundação do Sindicato dos Estivadores de Santos em 1930 (Aguiar et al., 2006). Este polo de organização civil influenciou a cidade em busca de condições sociais mais justas, fundindo-se às demandas dos operários do polo industrial de Cubatão, que começou a ser implantado na década de 50 do século passado (Aguiar et al., 2006; Scazufca, 2012).

O sucesso das atividades do porto, além das duas grandes guerras mundiais (1914-1918 e 1939-1945), relacionadas à exportação do café, faz com que a região passe a receber outros investimentos que expandem o porto e se utilizam deste. O polo industrial de Cubatão, ao fundo do estuário (Figura 31.5), surge com a implantação da Refinaria Presidente Bernardes e da Companhia Siderúrgica Paulista, durante a década de 1950, e as rodovias Caminho do Mar e Anchieta são inauguradas em 1920 e 1947, respectivamente (Scazufca, 2012), motivados pelas políticas de desenvolvimento da indústria de base, no final da Velha República e início da Nova República. A implantação das rodovias, aliada à já existente ferrovia, viabilizam o transporte dos produtos industrializados do polo industrial da Grande São Paulo e a exportação de grãos vindos do interior do país (Filardo et al., 2005), ampliando as atividades do porto para embarque mecânico de produtos a granel e para contêineres, e modificando seu entorno, com a expansão dos armazéns e áreas de estocagem de carga (Scazufca, 2012). O crescimento segue durante e após a fase do “Milagre Econômico Brasileiro” (1969-1973), com o porto sendo expandido para áreas ainda não ocupadas na ilha de São Vicente, em bairros adjacentes à estrutura original, que garantem a expansão do porto sempre próxima ao canal de navegação, ampliando-se a área de cais, e mesclando-se as estruturas portuárias diretas e de suporte com áreas residenciais, situação que se mantém até a atualidade no bairros do Saboó, Macuco e Alemoa (Scazufca, 2012). Do ponto de vista social, todo o processo de expansão do porto permanece alheio à melhoria das condições econômicas da população local, mantendo-se a concentração de renda em uma minoria de pessoas (Giannazi, 2013).

Para Ornelas (2008) e Scazufca (2012), a fase industrial do porto de Santos se transforma a partir da década de 1990, com a Lei de Modernização Portuária, que muda a gestão do trabalho no porto,

retirando o poder gestor que o sindicato tinha até então. Este fato, aliado ao crescimento das atividades comerciais internas à cidade, ao turismo e à crescente mecanização dos trabalhos portuários, começa a desvincular o porto da vida da população local, que já não se relaciona mais com o porto, o que constitui um reflexo da riqueza da cidade, ostentada pelos "barões" do café. O porto passa a ser nacional, viabilizando o desenvolvimento da indústria pesada do Sudeste e o escoamento da produção de grãos do Centro-Oeste do país (Ornelas, 2008), embora continue sendo parte vital da economia da cidade e da região.

Do porto industrial ao porto moderno: a cidade de costas para o porto

A continuidade dos investimentos na expansão e modernização do porto avançam desde a última década do século 20 até meados da segunda década do século 21, com a expansão dos terminais portuários, em especial os específicos para contêineres, o terminal turístico, a consolidação da Rodovia dos Imigrantes — a terceira via de acesso à Grande São Paulo, em formato de autopista exclusiva para veículos leves (Ornelas, 2008; Hilsdorf e Neto, 2016) —, e assim o porto começa atingir níveis de movimentação de carga nunca antes imaginados, chegando a 134 milhões de toneladas no ano de 2019 (Codesp, 2020). Porém, durante o século 21 fica evidente que o porto adquiriu uma capacidade de movimentação de cargas superior à capacidade das vias de acesso, ocasionando congestionamentos constantes nos três modais principais: rodovias, ferrovias e mar (Hilsdorf e Neto, 2016; Santos e Santos, 2012), uma vez que a movimentação de cargas disputa espaço com a de pessoas, com a última ocorrendo somente pelas rodovias.

Neste período mais recente, o distanciamento das atividades do porto do cotidiano da população santista aumenta, muito condicionado pela diminuição do número de trabalhadores, em função dos processos de mecanização e automação das atividades (Machado, 2012; Queiroz et al., 2012), embora as áreas de apoio, em especial de armazenagem de contêineres, tenham se expandido por outras cidade da região (Figura 31.6). Outro fato que comumente impacta a sociedade e a economia de uma cidade portuária é a presença de um terminal turístico, que em Santos foi implantado em 1999, e movimentou cerca de 650 mil passageiros na temporada 2018/2019, gerando grande fluxo de turistas e de prestadores de serviço (Codesp, 2019). O terminal turístico do porto permanece desintegrado das demais áreas de mesmo interesse na cidade, estando localizado em meio à área de armazéns e de operações pesadas do porto comercial, o que dificulta a integração dos turistas com a cidade, aos moldes do que acontece em outros portos.

Em virtude das grandes fases de expansão pelas quais o porto de Santos passou, as intervenções ambientais relacionadas a ele têm gerado impactos proporcionais à sua magnitude, embora a constituição do porto, em comparação com outros de mesma capacidade de movimentação, não tenha envolvido grandes aterros ou expropriações, e nem mesmo a construção de moles. As grandes questões ambientais relacionadas com o porto giram em torno dos processos de dragagem do canal de navegação e da contaminação dos sedimentos movimentados por este processo (Torres et al., 2009; Oliveira, 2017).

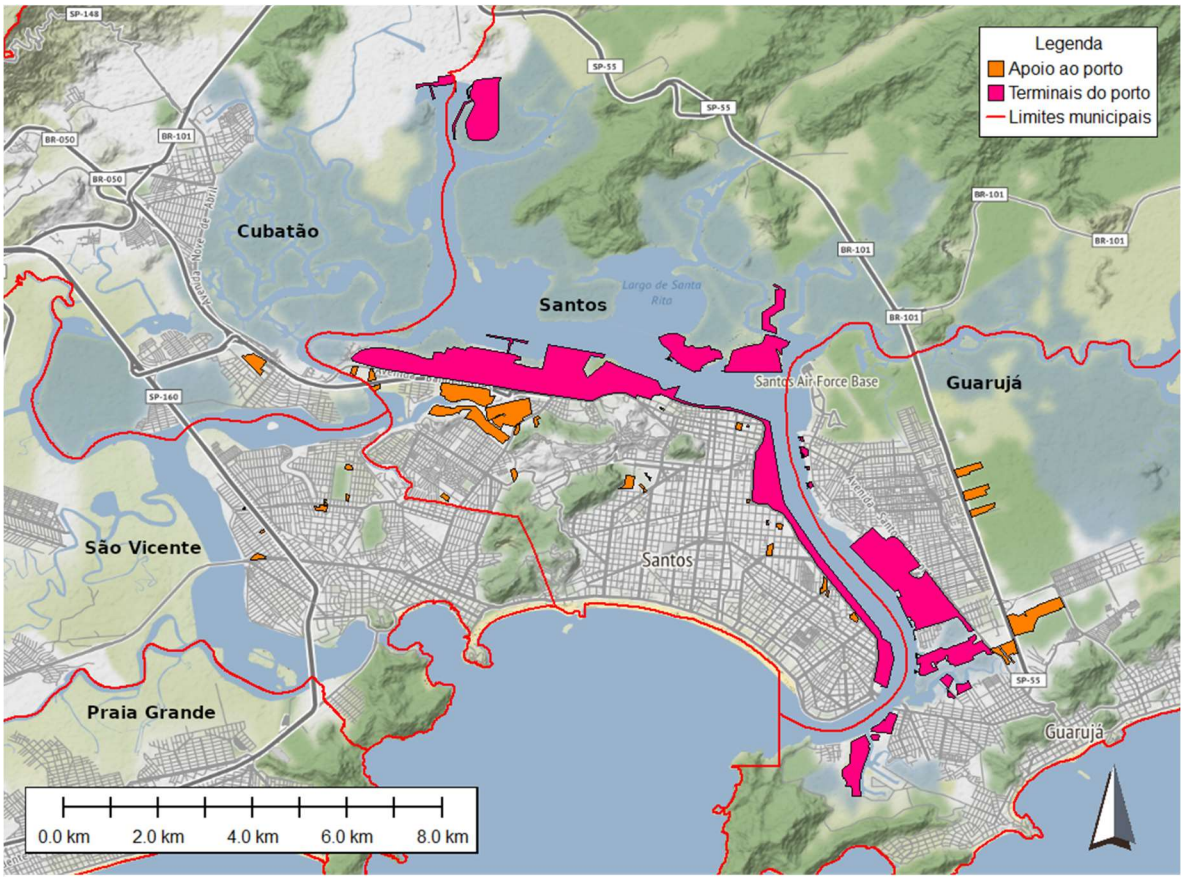


Figura 31.6. Áreas de atividades portuárias em Santos.
Fonte: OPENSTREETMAP©, 2020.

As atividades da cidade, atualmente, se tornaram muito independentes do porto. Embora este ainda seja o mais importante polo empregador da região e maior referência econômica, outras atividades, como as indústrias no polo de Cubatão, o polo econômico industrial da grande São Paulo (próximo da cidade) ou mesmo o setor de serviços da cidade acabam tendo maior abrangência e, consequentemente, se tornando referências para os cidadãos (Santos, 2020). Em virtude desta aparente autonomia em relação ao porto, pode-se dizer que a sociedade da região "dá as costas ao porto", uma vez que a desvinculação do trabalho no porto com a vida da cidade (porto nacional, altamente mecanizado), a concentração da renda gerada com as atividades portuárias em poucas pessoas (muitas de outras cidades e países), o trânsito gerado pelo fluxo de cargas e de pessoas nas rodovias (único modal disponível para grande circulação de pessoas), a poluição e demais impactos ambientais gerados pelo porto e a busca pelo turismo de praia se tornaram referências que desconectam as pessoas da cidade do porto nela localizado.

A interface histórica da relação do porto com a cidade em Fortaleza

Em 2020, Fortaleza é a maior metrópole do Nordeste Setentrional, com uma população estimada pelo IBGE (2019) de 2.669.342 pessoas. A cidade é o quinto maior receptor de turistas no país, com mais de 3,7 milhões de visitantes/ano, responsáveis por dinamizar toda uma cadeia direta e indireta de serviços e logística, por exemplo. A receita gerada pela atividade turística no Ceará representou um impacto de 12,6% no PIB estadual em 2019, sendo um dos destaques estratégicos da política de

crescimento econômico adotada pelo governo do estado do Ceará nas últimas décadas (SETUR-CE, 2019).

A cidade de Fortaleza completou, em 2020, 294 anos de sua fundação, ocorrida em 13 de abril de 1726. Porém, a história que envolve todo o processo de construção e transformação contemporânea desse espaço remonta ao período colonial brasileiro (1500-1807). Assim, os fatos importantes da estrutura administrativa do Ceará, com foco na cidade de Fortaleza, estão diacronicamente dissolutos. Portanto, uma das leituras interessantes de serem realizadas é a da interface porto-cidade, por meio do entendimento de como as economias portuárias e urbanas se conectaram e, ainda mais, como essa relação evoluiu ao longo do tempo e quais foram suas consequências e conflitos acarretados (econômicos, sociais, ambientais e culturais) à cidade.

De lugar de passagem à construção de portos fluviais (Porto-Vila)

Como já destacado por Paula (2012) e Paula et al. (2015), o Ceará do século 16 se resumia a um lugar de passagem entre os estados a Sul (Pernambuco) e a Norte (Maranhão), locais onde os recursos naturais (i.e. madeira e água), a princípio, eram mais vistosos aos olhos da coroa portuguesa. Além disso, outros territórios na porção Nordeste (i.e. Pernambuco) despertavam mais interesse por serem considerados economicamente mais rentáveis. Decerto, as terras do Ceará, ao longo do século 16, se mantiveram quase que intocadas pelos colonizadores. Muito disso deveu-se às suas condições de aridez, à falta de uma área natural, abrigada e de fácil proteção para instalação portuária e, não menos importante, à presença indígena, que aparentemente não era muito amigável.

O desinteresse da metrópole e dos estrangeiros (espanhóis e holandeses) nas terras cearenses está bem descrito por Roussin (1845) e por Girão (1984), quando apresentam o roteiro histórico da colonização. É importante destacar que, no final do século 15, Portugal e Espanha assinaram o Tratado de Tordesilhas, que foi a divisão das novas terras descobertas e a descobrir pelo mundo, incluindo na Ásia. Na verdade, o que estava em jogo era a expansão marítimo-comercial da Europa, sendo que, para isso, o Novo Continente deveria ser fonte de recursos naturais para a metrópole, algo que, aparentemente, os colonizadores julgavam não ser a principal potencialidade do Ceará.

Ao contrário do que ocorreu em Pernambuco, o donatário da Capitania Hereditária do Ceará ou Siará Grande —Antônio Cardoso de Barros —, doada por meio da Carta Régia de 1535 (L. 21 das doações e D. João III fl. 187 v.), nunca chegou a tomar posse (Studart, 1924). Os outros donatários (e.g. Luís Melo da Silva) também não empreenderam a colonização das terras hoje cearenses (Studart, 1892). De fato, apenas em 21 de janeiro de 1603, Pero Coelho de Souza é autorizado a realizar uma incursão saindo da Paraíba em direção ao Maranhão, passando pelo Ceará, tendo objetivos exploratórios e estratégicos no âmbito do domínio territorial português. Também como resultado da expedição, foi erguido o Forte de São Tiago e o Arraial de Nova Lusitânia na margem direita do rio Ceará (Girão, 1967). Esta é considerada a primeira forma oficial de ocupação portuguesa.

Em 1607, o Padre Luiz Figueira fez observações importantes para o futuro desenvolvimento econômico do Ceará, como o destaque estratégico feito ao rio Jaguaribe (em Aracati), realçando as boas condições de vento e o potencial para produzir sal. Ele também ressaltou a importância do rio Ceará como área estratégica, onde fundou a aldeia de São Lourenço, no mesmo local onde Pero Coelho tinha erguido o Forte de São Tiago (Figueira, 1608). Os resultados dessa expedição foram descritos pelo Padre Luiz Figueira na sua Relação do Maranhão e por Martim Soares Moreno na Relação do Ceará.

Ao longo do século 17, as terras do Ceará foram visitadas constantemente por holandeses e franceses, gerando uma instabilidade que não permitiu o desenvolvimento econômico do Ceará e de seus pequenos vilarejos. Os holandeses contribuíram para o desenvolvimento de uma incipiente indústria do sal. Faltava uma fixação militar, que só veio com a construção do forte Schoonenborch pelo Capitão Matias Beck (Beck, 1649). Antes da concretização da empresa do sal, os portugueses retomaram a capitania. Matias Beck entregou o forte Schoonenborch a Álvaro de Azevedo Barreto em 20 de maio 1654, que se estabeleceu no forte holandês, rebatizando-o de Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, considerado o marco histórico da fundação da cidade de Fortaleza. O porto de acesso ao território ficava no extremo oeste, no rio Ceará, a aproximadamente 8 km da fortificação.

O Ceará do século 17 permaneceu sem um forte vetor econômico para o seu desenvolvimento. O caminho para uma economia mais forte aparentemente passava pelos rios. Na primeira metade do século 18, segundo Jucá (1994), a pecuária surgiu como atividade complementar aos canaviais. De forma ainda rudimentar, foi surgindo e sendo fortalecida uma indústria baseada no gado, chamada de indústria pastoril (Lima e Batista, 2006). Logo essa atividade foi descentralizada para o semiárido do Ceará, em especial ao longo dos vales fluviais dos rios Jaguaribe (Aracati), Acaraú (Sobral) e Coreaú (Camocim), pontos essenciais de colonização devido aos solos férteis e à abundância de água doce (Girão, 1984). Assim, nas margens desses rios, os portos fluviais que antes davam vazão ao escoamento do sal, passaram a ser importantes entrepostos comerciais para comercialização da carne-seca e do couro do Ceará para Pernambuco e daí para Portugal. A essa altura tratava-se, essencialmente, de uma navegação de cabotagem.

O início do século 18 foi marcado pelo surgimento do "litoral pastoril" e teve por base o desenvolvimento da navegação de cabotagem (Braga, 1944). O autor relatou que:

> *"O litoral nordestino antes tristonho e amanhado, que se desata do Parnaíba ao Assu, criou alento com o escambo das carnes, regularizando-se a navegação, e ao invés de trocas esporádicas nasceram transações comerciais permanentes que se concentraram nas praças de Pernambuco, Ceará, Baía, Rio de Janeiro, Maranhão e Pará."* (Braga, 1944, p.150).

O movimento comercial aproximou o litoral do sertão, e os laços administrativos entre as duas regiões tornaram-se mais significativos. Nesse momento da história do Ceará, as vilas fluviais (i.e. Aracati, Acaraú, Sobral e Camocim) despontaram como centros econômicos e administrativos do Ceará. Deste modo, na Capitania do Ceará surgiu a primeira interface da relação porto-cidade, com o desenvolvimento incipiente e frágil de uma relação porto-vila, havendo predomínio da carne e do couro como produtos principais das negociações portuárias. Os reflexos territoriais dessa relação se restringiram às áreas diretamente produtoras e às áreas do entorno dos portos fluviais. Uma síntese da interface das relações porto-vila pode ser observada na Figura 31.7.

Essa fase do desenvolvimento da relação porto-cidade no Ceará, com base nos portos fluviais, foi interrompida quase que completamente durante as secas de 1777-1778 e a de 1790-1793 (Castro, 1974). O autor destaca que elas:

> *"(...) arruinaram a pecuária do Ceará (...) a indústria de carnes no Brasil emigra do Ceará e firma-se definitivamente, a partir de 1780, no Rio Grande do Sul."* (Castro (1974, p.135).

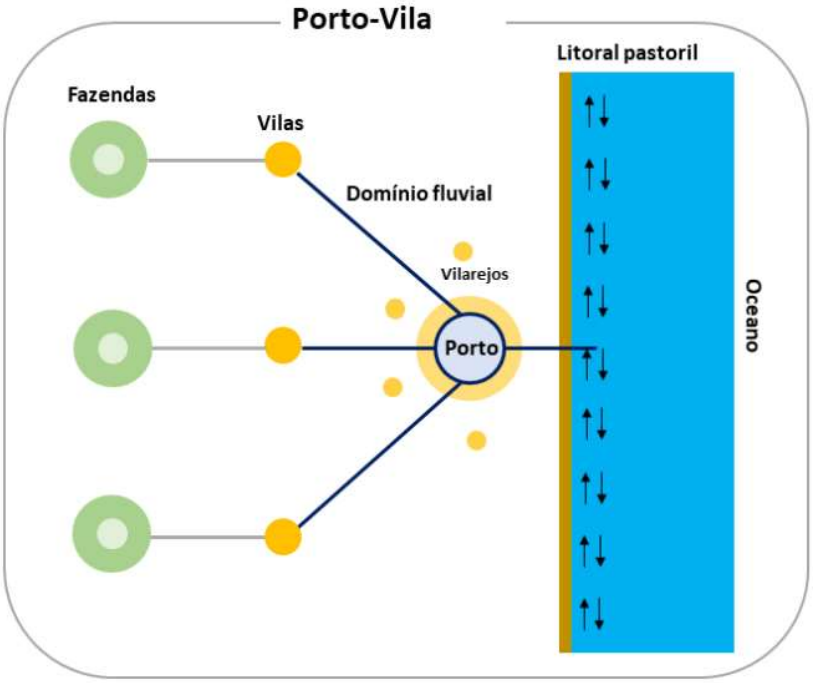


Figura 31.7. Interface porto-vila, com seus fluxos terrestres e marítimos ao longo do século XVIII no Ceará.
Fonte: os autores.

O Porto do Algodão: a oportunidade do comércio marítimo (Porto-Cidade)

A segunda metade do século 18 foi marcada, sobretudo, por profundas transformações sociais e econômicas oriundas da Revolução Industrial na Europa, em especial na Inglaterra. Essa situação afetou diretamente os negócios no Ceará, os quais, segundo Paula et al. (2015), estavam em declínio devido ao fim do ciclo econômico do gado. Nessa altura, começava a despontar o mercado do algodão no Brasil, em virtude da Guerra de Independência dos Estados Unidos (1775-1783), que fez colapsar o abastecimento de algodão à Inglaterra. A alternativa foi o algodão do Nordeste, incluindo o do Ceará. Apesar de não haver exportação direta (era preciso passar por Pernambuco e por Lisboa), o algodão brasileiro era visto como a solução para as fábricas inglesas. Pereira (2017) destacou que, em 1780, o mercado do algodão no Brasil estava em plena expansão, sendo responsável por 40% de todas as importações de algodão cru para a cidade de Liverpool na Inglaterra via Lisboa (Figura 31.8).



Figura 31.8. Indicação das áreas produtoras de algodão no Brasil no Século 19.
Fonte: Base de Luiz C. Barbosa (1989).

Na sequência da Guerra da Secessão dos Estados Unidos, o algodão do Ceará tornou-se uma das principais matérias-primas para os teares ingleses no final do século 18, mesmo período em que a Capitania do Ceará foi desmembrada da Capitania de Pernambuco (Souza Brazil, 1922). Contudo, o Porto de Fortaleza, tal como os outros portos cearenses, estava dedicado à cabotagem. O comércio do algodão foi responsável por uma nova ordem administrativa e econômica no Ceará: a vila de Fortaleza, detentora do único porto marítimo do Ceará, despontou como um importante entreposto comercial para exportação indireta para a Inglaterra (Brígido, 1910), enquanto os portos fluviais (Aracati e Camocim), por cabotagem, levavam o algodão do interior do Ceará para outras Capitanias, como Pernambuco e Maranhão, para de lá seguir para a Europa.

O comércio do algodão no Ceará, no século 19, ganhou fôlego em dois momentos importantes da história: em 1808, com o Decreto de Abertura dos Portos às Nações Amigas, e com a Guerra de Secessão (1861-1865). Com a guerra, o abastecimento de algodão norte-americano às fábricas inglesas foi interrompido, ficando o Nordeste brasileiro responsável por esse abastecimento, podendo haver exportações diretas. O algodão brasileiro pôde, nestas circunstâncias, sobressair no contexto internacional. Porém, as fábricas inglesas continuavam a contar também com outros fornecedores, entre os quais o Egito, onde os ingleses estavam a fazer grandes investimentos na produção desta matéria-prima. Foi esta possibilidade de exportação direta que permitiu a afirmação de Fortaleza como centro econômico e administrativo do Ceará. Segundo Hawkshaw (1875, p.183), Fortaleza possuía o "*principal porto da província possuindo bons armazéns e algumas prensas de enfardar algodão movidas a vapor, embora as condições portuárias fossem muito deficientes*". Conforme o mesmo autor, no entorno do porto surgiram diversas infraestruturas de auxílio às

atividades portuárias e, logo, os primeiros assentamentos humanos de trabalhadores portuários foram sendo construídos entre a Praia Formosa e a Praia de Iracema (Figura 31.9).

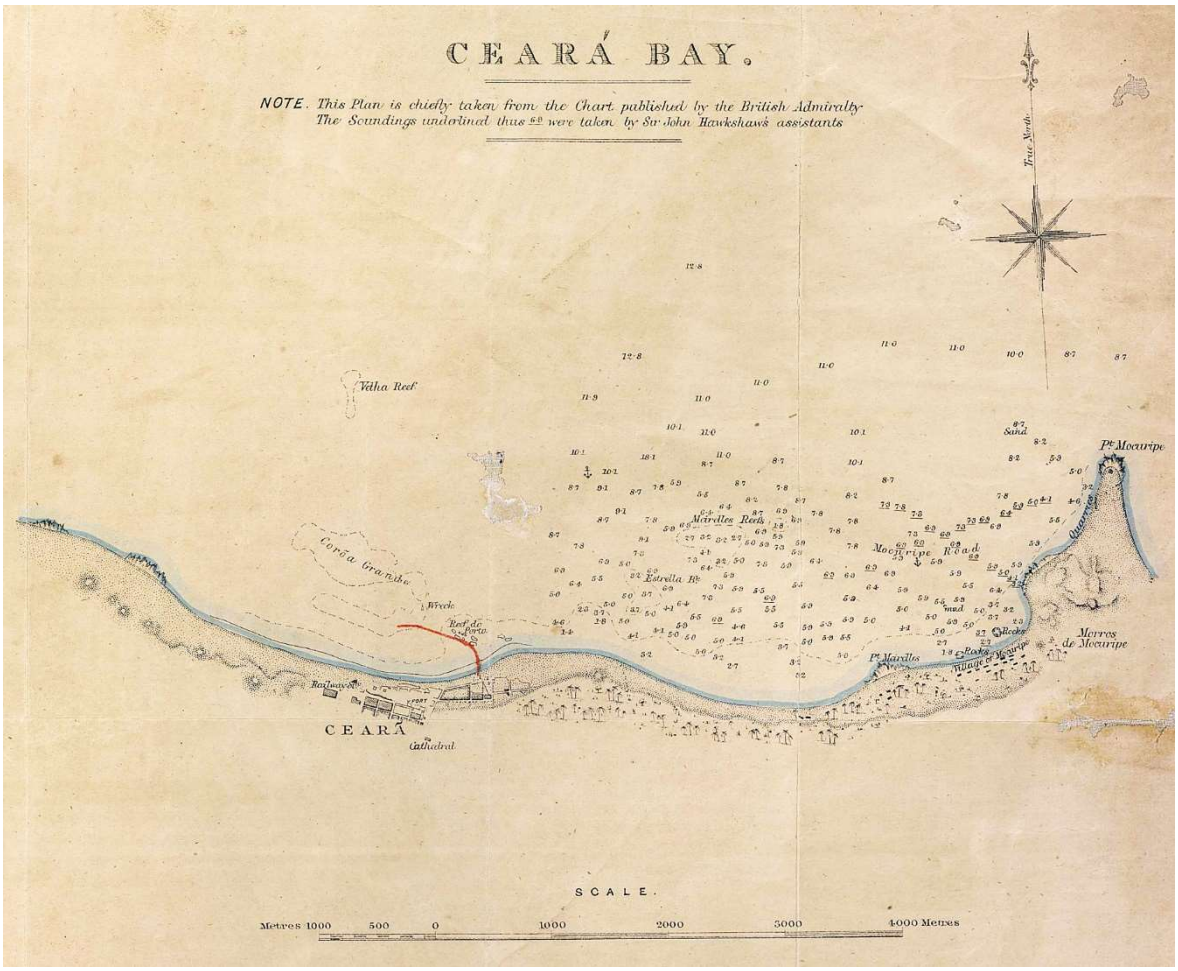


Figura 31.9. Fortaleza e sua área portuária, com o cais e os seus armazéns. Carta batimétrica do litoral de Fortaleza em 1875.

Fonte: Brazilian harbours. Ceará: Plan accompanying sir John Hawkshaw"s Report dated July 15th, 1875. ARC.003,08,018 - Cartografia. CDD: 912.8131.

O fluxo produtivo do algodão se tornou fundamental para a sobrevivência econômica da vila de Fortaleza, que passou a exercer sua influência administrativa no estado. Assim, vias de comunicação, como a estrada de ferro de Baturité, foram construídas para interligar e escoar toda a produção de algodão em direção ao porto de Fortaleza. A essa altura, os portos fluviais também passaram a encaminhar toda sua produção para Fortaleza. Essa cidade viu-se, então, no centro do poder executivo e financeiro do Ceará. Surgiram as primeiras intervenções humanas no litoral, ligadas à infraestrutura portuária.

Já os últimos 35 anos do final do século 19 foram difíceis. Com o fim da Guerra de Secessão, os Estados Unidos voltaram a fornecer algodão às fábricas inglesas. Além disso, o algodão egípcio, considerado de melhor qualidade, e alvo de investimentos britânicos, tinha notória preferência. Nestas condições, o algodão cearense foi sendo relegado internacionalmente a uma posição secundária. Ademais, a produção algodoeira do Ceará sofreu um grande baque com as secas, especialmente as de 1877-1879 (Paula, 2012).

Fortaleza reagiu à perda de competitividade internacional do seu algodão, aproveitando-o localmente através do processamento em fábricas têxteis. Assim, o algodão do Ceará passou a ser comercializado internamente, o que motivou o desenvolvimento de uma incipiente indústria artesanal no região centro-oeste de Fortaleza. Uma nova área urbana despontava na cidade com indústrias e operários. A primeira indústria têxtil do Ceará foi a Tomaz Pompeu Têxtil, que depois veio a se chamar Fábrica de Tecidos Progresso, inaugurada em 1882 (Silva, 2002). Paula et al. (2015) destacaram que esse período também foi marcado pela evolução das relações porto-cidade, em que o algodão e o desenvolvimento portuário elevaram Fortaleza ao nível de cidade-porto. Isso significa que, antes do algodão, a relação existente era de porto-cidade em Fortaleza, em que a cidade dependia do seu porto.

O Porto do Mucuripe e as novas relações com a cidade (Cidade-Porto)

Em 1880, devido aos problemas estruturais dos trapiches utilizados como estruturas portuárias na região do Poço da Draga, uma nova obra se iniciou: tratava-se de um cais de madeira com proteção de um quebra-mar, que foi projetado pelo inglês John Hawkshaw para diminuir o impacto das ondas nas embarcações, permitido o embarque e desembarque de pessoas e mercadorias com maior segurança (Meyell, 1930). A nova obra resultou num intenso assoreamento ao redor do cais acostável, impedindo que as embarcações acostassem, o que prejudicou todos os negócios portuários. Nesse momento, surgiram questionamentos sobre a eficiência do porto e o porquê de não se construir um novo porto em outra área. Mesmo em face de tal situação, o Governo brasileiro autorizou a retirada do antigo quebra-mar e a construção de uma ponte vazada para servir como cais portuário na região da Praia de Iracema (Espínola, 2007). A obra foi concluída em 26 de maio de 1906 e logo as atividades portuárias foram transferidas para essa região, que ficou conhecida como Ponte Metálica (Figura 31.10) ou Viaduto Moreira da Rocha (Meyll, 1930).

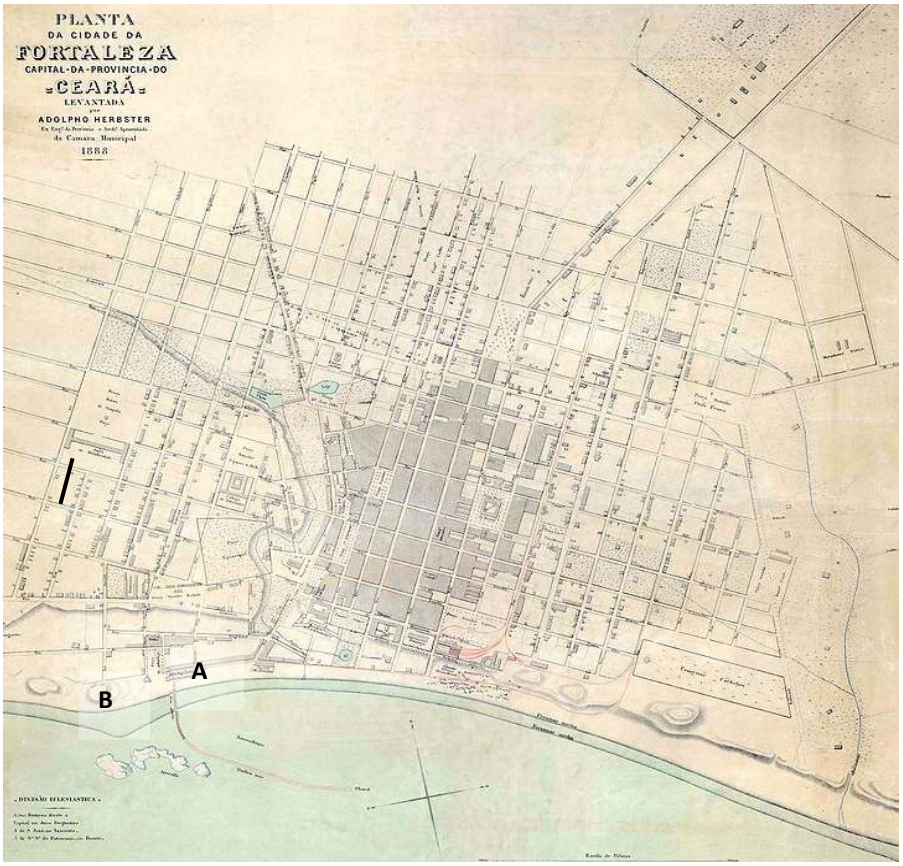




Figura 31.10. Planta da cidade de Fortaleza, província do Ceará, elaborada por Adolfo Herbster, de 1888. A) Representa as antigas áreas portuárias. A seta vermelha indica a área do porto no Século XIX, enquanto as setas amarelas indicam-nas no Século XX. B) Imagem da Ponte Metálica e das atividades portuárias nela desenvolvidas. Na planta foi indicado o lugar de construção da ponte.

Fonte: A e B são fotos disponibilizadas pelo projeto Fortaleza Antiga em sua rede social.

Os esforços em melhorar a logística e a segurança no porto da Praia de Iracema não surtiram o efeito esperado. Assim, em 1933, por meio do Decreto nº 23.606[6], foi concedida ao estado do Ceará autorização para realizar as obras e o aparelhamento do porto de Fortaleza naquele estado. A passagem da interface cidade-porto para cidade com porto foi marcada pela autorização para a construção do novo porto na Ponta do Mucuripe. Nessa interface histórica da cidade de Fortaleza, já era possível constatar o advento do turismo balnear e a presença das vivendas ou casarões construídos na orla de Iracema (Figura 31.11). Como era de se esperar, havia conflitos entre os veraneantes e as atividades portuárias, reforçando ainda mais a transferência das atividades para o novo porto que ainda estava em construção.



Figura 31.11. Banhistas e casarões na Praia de Iracema na década de 1930.
Fonte: Arquivo Nirez.

Essa transferência também marcou profundamente a cidade de Fortaleza, à medida que o porto e seu molhe (Titan) eram construídos. A antiga região portuária passou a vivenciar problemas de erosão costeira (Figura 31.12), que se agravaram com o seguimento das obras de construção do novo porto da cidade. Além disso, as dunas da região do Mucuripe e Serviluz foram degradadas e incorporadas paulatinamente à nova área portuária, impactando o frágil balanço sedimentar da região. Para piorar a situação, a cidade também crescia espacialmente em direção à nova área portuária, surgindo assim novos núcleos populacionais.

[6] https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23606-20-dezembro-1933-503504-publicacaooriginal-1-pe.html.

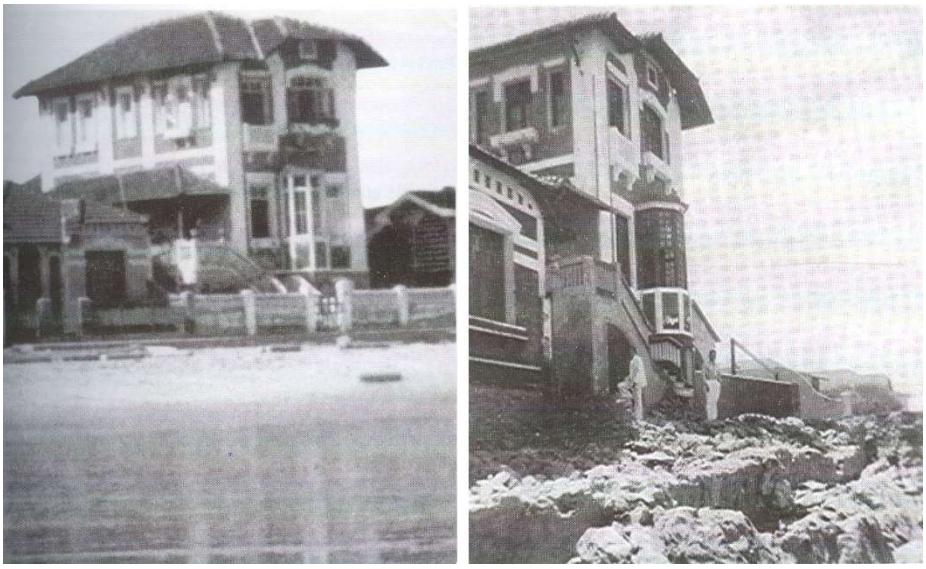


Figura 31.12. Erosão costeira na Praia de Iracema na década de 1940.
Fonte: Arquivo Nirez.

Em face de toda essa problemática ambiental decorrente da construção do novo porto e do seu molhe — que alterou significativamente o transporte sedimentar em deriva —, a região do antigo porto foi sendo convertida numa estância balnear, em que os hábitos marítimos contemporâneos passaram a coexistir conflituosamente com as atividades portuárias da Praia de Iracema (Paula, 2012). Esses hábitos foram reforçados durante a presença militar americana no período da Segunda Guerra Mundial (Dulles, 1967; Espínola, 2007), quando o Porto do Mucuripe ou de Fortaleza foi utilizado como área de recebimento de combustíveis a serem enviados para a base aérea de Parnamirim (RN) (Nobre e Azevedo, 1998). No entorno do futuro porto, os americanos construíram estruturas de tancagem para estocar o combustível, dando início à formação de um complexo industrial no Mucuripe.

Em 1947, o antigo porto, ainda em construção, já apresentava problemas de assoreamento, e a cidade de Fortaleza, como reflexo disso, se encontrava em estado de erosão. No intuito de minimizar esses problemas, foi solicitado, em 3 de março de 1952 (Diário Oficial da União – Pg. 33. Seção 1. P. 18.785-53), um estudo ao *Laboratoire Dauphinois d´Hydraulique Neyrpic* (Grenoble, França). O Decreto nº 57.103, de 19 de outubro de 1965, passou a exploração comercial do porto para a União, e ela ficou a cargo da Companhia Docas do Ceará (CDC). Esse pode ser considerado o marco da relação cidade-porto em Fortaleza (Paula et al., 2015).

Já com a administração da CDC e de posse do relatório técnico do *Neyrpic* — que indicava algumas possíveis soluções para o assoreamento do porto e a erosão costeira da cidade —, decidiu-se, em 1966, pela construção de um espigão a barlamar do porto (o espigão do Titanzinho), para impedir que o fluxo de areias vindo da Praia do Futuro atingisse a bacia portuária (Figura 31.13). Como resultado de tal medida, o assoreamento foi reduzido por um tempo; porém, em pouco menos de 10 anos, o espigão foi colmatado pelas areias, voltando a assorear o porto. Nesse meio-tempo, a erosão costeira foi agravada, atingindo todo o litoral entre a Praia de Iracema e a foz do rio Ceará, totalizando praticamente 10 km de linha de costa.

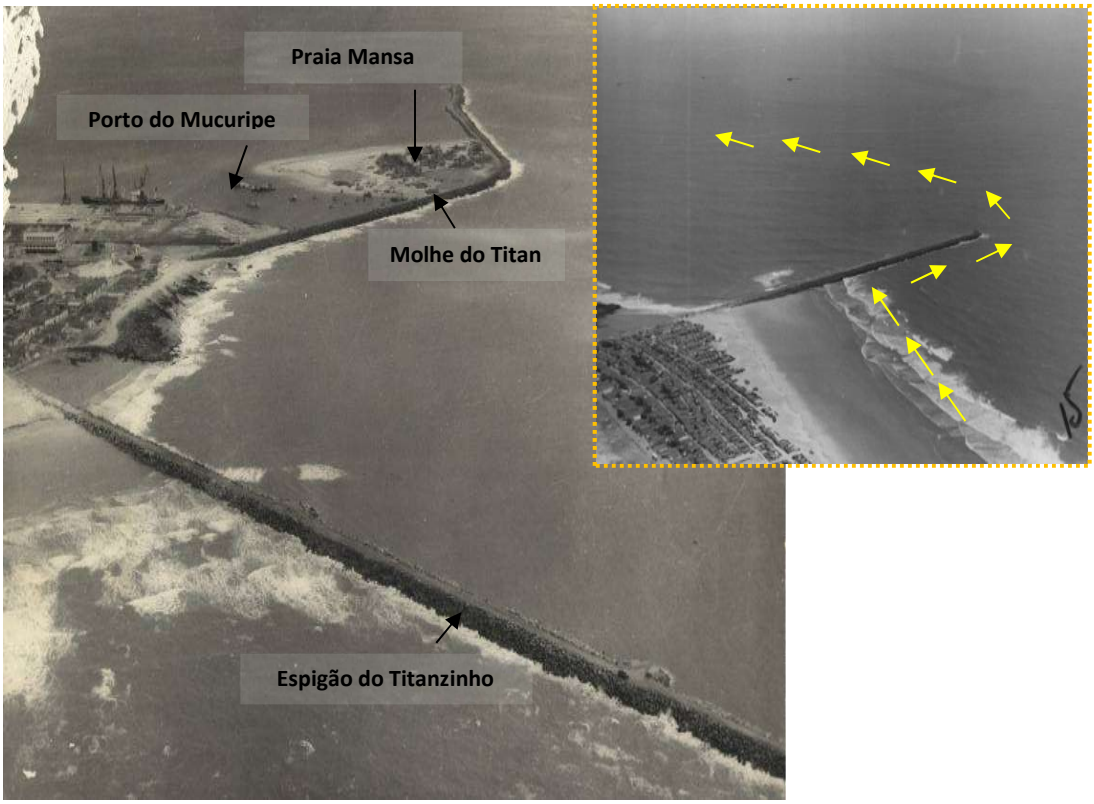


Figura 31.13. Imagem do Porto do Mucuripe e suas defensas em 1966. As setas amarelas indicam o percurso das areias vindas da Praia do Futuro em direção ao Porto do Mucuripe, contornando o espigão do Titanzinho.
Fonte: Acervo da CDC.

O novo marco da relação Porto-Cidade no Ceará e a nova interface do Porto de Fortaleza

Entre as décadas de 1950 e 2000, o Porto do Mucuripe foi o grande dinamizador da economia da cidade. No seu entorno, se instalou um importante polo trigueiro do país, com três moinhos: Moinho Fortaleza (1955), Grande Moinho Cearense (1959) e o Moinho Dias Branco (1992). Além disso, aproveitando a herança americana de tancagem, em 1951 se instalou a Nacional Gás e, em 1966, a Lubnor (Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste). O turismo também começava a se impor como uma atividade econômica que poderia ser importante para o desenvolvimento econômico da cidade de Fortaleza.

É preciso destacar a importância do chamado "Milagre Econômico Brasileiro" (1969-1973) para o desenvolvimento turístico de Fortaleza, para o qual contribuiu também muito o desenvolvimento do aeroporto, convertido mais tarde em internacional. Como era de se esperar, sem um planejamento adequado, o Porto do Mucuripe, no início da década de 1990, estava totalmente sitiado pela cidade, o que impedia sua expansão. Durante a primeira metade da década de 1990, a cidade de Fortaleza, progressivamente, foi adquirindo outras valências (a saber, o turismo), e foi se verificando uma dissociação espacial entre porto e cidade. Em março de 1995, por interesse do governo do estado do Ceará, foram iniciados os estudos para a construção de um novo porto fora da cidade, que comportasse todo o desenvolvimento econômico e industrial do estado. Fortaleza, que se tinha convertido num polo turístico doméstico, passou depois a estar integrada na rede turística internacional com a inauguração do Aeroporto Internacional Pinto Martins, em 1998. Com

o aproveitamento da vocação turística, Fortaleza passou à fase de “cidade com porto”. Mesmo que o porto desaparecesse, a cidade continuaria a subsistir.

Além disso, em março de 2002 ocorreu a inauguração oficial do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), atendendo, assim, a uma nova lógica de mercado. Fortaleza entrou, então, numa nova fase, a de “cidade com porto fora da cidade” e com aeroporto internacional. A essa altura a cidade vive sem ter necessidade do porto que lhe deu origem. O Terminal Portuário do Pecém, entre sua inauguração e o ano de 2020, passou por ampliações para acomodar e otimizar os negócios, como a exportação de frutas e a movimentação de carga geral.

Já o aeroporto internacional passou por melhorias estruturais, previstas pela Copa do Mundo de Futebol no Brasil, porém consolidadas apenas com a instalação de um *hub* aéreo na cidade de Fortaleza, que estão impactando diretamente a economia, especialmente no setor de serviços associados ao turismo. O Porto do Mucuripe continua com suas atividades, porém vem sendo convertido para acomodar atividades turísticas e secundárias, haja vista a inauguração, em 2014, do Terminal Marítimo de Passageiros (Figura 31.14). Inicialmente, ele seria destinado à utilização no turismo de navios transatlânticos, porém tem sido destinado para fins outros que não o planejado. Hoje as principais atividades portuárias estão sendo desenvolvidas fora da cidade, no CIPP. E no ensejo dessa história, Fortaleza é uma cidade com porto e aeroporto internacional com *hub*, enquanto o porto principal do estado fica na região metropolitana. Por fim, o porto fora da cidade exerce uma influência internacional, enquanto o porto da cidade continua limitado a exercer uma influência regional. Porém, se o porto citadino for convertido em um porto de cruzeiros, bem como adaptado para o turismo náutico (i.e. marinas), poderá adquirir importância internacional e dinamizar toda uma nova cadeia associada à prestação de serviços especializados, como a manutenção de embarcações.



Figura 31.14. Imagem do Terminal Marítimo de Passageiros e do Porto do Mucuripe em Fortaleza em 2019.
Fonte: Foto de Eduardo Lacerda Barros.

Referências bibliográficas

AFONSO, M.C. Arqueologia dos sambaquis no litoral de São Paulo: análise da distribuição dos sítios e cronologia. **Especiaria-Cadernos de Ciências Humanas**, v.17, n.30, p.203-227, 2017.

AGUIAR, M.P.F.; JUNQUEIRA, L.A.P.; FREDDO, A.C.M. O Sindicato dos Estivadores do Porto de Santos e o processo de modernização portuária. **Revista de Administração Pública**, v.40, n.6, p.997-1017, 2006.

ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v.28, n.2, p.135-150, 1998.

ALVES, F.N.; NEVES, H.A.P. **Náufragos e naufrágios no litoral do Rio Grande**. 1ª Ed. Rio Grande, Editora da FURG, 2001. 176p.

ALVES, F.N. **Porto e Barra do Rio Grande: história, memória e cultura portuária**. 1ª Ed. Porto Alegre, CORAG, 2008. 416p.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Resolução nº 1660, de 8 de abril de 2010. **Norma para outorga de autorização para a construção, a exploração e a ampliação de terminal portuário de uso privativo**. Disponível em: < http://web.antaq.gov.br/portalv3/pdfSistema/Publicacao/0000007284.pdf>. Acessado em: 08 mai. 2020.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Resolução nº 1695, de 10 de maio de 2010. **Norma para outorga de autorização para a construção, a exploração e a ampliação de terminal portuário de uso privativo**. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Portalv3/pdfSistema/Publicacao/0000008536.pdf>. Acessado em: 08 mai. 2020.

BARBOSA, M.V.; DIAS, N.S.; CERQUEIRA, R.M.M. **Santos na formação do Brasil: 500 anos de história**. Prefeitura Municipal de Santos. Santos. 2000. 60p.

BATISTA, F.G.; Lima, L.C. **Apropriação do espaço litorâneo pelo capital: do turismo ao complexo portuário**. In: CORIOLANO, L.N.M.T.; VASCONCELOS, F.P. (Ed.). O turismo e a relação sociedade-natureza: realidades, conflitos e resistências. Fortaleza: Ed UECE, 2007. p. 376-391.

BECK, M. Diário da minha viagem ao Siará empreendida ao serviço da Pátria e da Companhia das Índias Ocidentais. Publicado em tradução e com notas de Alfredo de Carvalho, com o título "Diário da Expedição de Mathias Beck ao Ceará em 1649", **Revista do Instituto do Ceará**, Fortaleza, CE, Brasil, ano XVII, 1903, 330-405, 1649.

BITTENCOURT, E. **Da rua do teatro: os prazeres de uma sociabilidade e cultura no Brasil Meridional**. 2ª Ed. Rio Grande, Editora da FURG, 2007. 368p.

BRAGA, R. Um capítulo esquecido da economia pastoril no Nordeste. **Revista do Instituto do Ceará,** 61, 149-162, 1944.

BRASIL, P.Z.S. Eugenia e nacionalismo brasileiro: a contextualização histórica das políticas migratórias antes e após o Estado Novo. **Revista Política Hoje**, v.27, p.195-213, 2018.

BRÍGIDO, J.S. A Capitania do Ceará. **Revista do Instituto do Ceará**, XXIV, p.172-185, 1910.

CASTRO, J.L. **A pecuária no Ceará**. Superintendência do Desenvolvimento do estado do Ceará, T. XXVI, p.132-142, 1974.

COMPANHIA DE DOCAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - CODESP. **O porto de Santos**. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/institucional/o-porto-de-santos>. Acesso em: 14 mai. 2020.

COPSTEIN, R. Evolução urbana de Rio Grande. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, Vol. 1, n. 122, p. 43-68, 1982.

COPSTEIN, R. O trabalho estrangeiro no município de Rio Grande**. Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, Vol. 4, n. 1, p. 1-45, 1975.

DIAS, M.O.L.S. **A Interiorização da metrópole e outros estudos**. 2. ed. São Paulo: Alameda Casa Editorial, 2005. 128p.

DOMINGUES, M. **Desenvolvimento e consolidação do polo naval e offshore de Rio Grande**. 1ª Ed. Rio Grande. Editora da FURG, 2009. 396 p.

DOMINGUES, M. **SuperPorto de Rio Grande: plano e realidade. Elementos para uma discussão**. 1995. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro, 1995.

DULLES, J.W.F. **Getúlio Vargas: biografia política**. Rio de Janeiro, Editora Renes, 1967, 250p.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S/A – EMPLASA. **Região Metropolitana da Baixada Santista**. Disponível em: <https://www.emplasa.sp.gov.br/RMBS>. Acesso em: 14 mai. 2020.

ESPINDOLA, I. **O Porto de Fortaleza**. Fortaleza-CE, 1978, 61p.

ESPÍNOLA, R. **Caravelas, jangadas e navios: uma história portuária**. Fortaleza, Omni, 2007, 256p.

FAÉ, R.; CAMARA, G.; ROSA, D. A reorganização do trabalho em Rio Grande-RS a partir da implementação da indústria naval. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, Vol. 24, n. 3, p. 102-129, Set/Dez, 2018.

FERREIRA, F.N; FREITAS, J.V. **O caso do barro na praia do Cassino: incidências e interpretações acerca dos depósitos lamíticos na zona costeira da cidade de Rio Grande**. In: ROQUE, Ana Cristina [et al.]. Saindo da zona de conforto: a interdisciplinaridade das zonas costeiras. Rio de Janeiro, FGEL-UERJ, 2019. p. 346-361.

FIGUEIRA, L. A Relação do Maranhão pelo jesuíta Padre Luiz Figueira enviada a Cláudio Aquaviva. 1608. **Revista do Instituto do Ceará**, Notas Thomas Pompeu Sobrinho, p.97-140, 1903.

FILARDO, M.L.R.; ILARIO, A.A.; SILVA, G.D.; CARVALHO, M.A. A logística da exportação de soja do estado de Mato Grosso para o Porto de Santos. **Revista de Economia Mackenzie**, v.3, n.3, 2005.

GIANNAZI, C. **A doutrina da segurança nacional e" milagre econômico"(1969/1973**). Cortez Editora. São Paulo. 2016. 216p.

GIRÃO, R. **Relação do Ceará**. **In: Girão, R. Três documentos do Ceará colonial**. (Notas de Girão, R.)", Coleção História e Cultura, Instituto do Ceará, Fortaleza: Departamento de Imprensa Oficial, 1967, p.159-201.

GIRÃO, V.C. As Oficinas ou Charqueadas no Ceará. **Revista do Instituto do Ceará**, p.71-92, 1984.

HAWKSHAW, J. **Melhoramentos dos portos do Brasil: relatório do Sir John Hawkshaw**. Rio de Janeiro, Typ. G. Leuzinger e filhos, 1875, 115p.

HILSDORF, W.C.; NETO, M.S.N. Porto de Santos: prospecção sobre as causas das dificuldades de acesso. **Gestão e Produção**, v.23, n.1, p.219-231, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **População estimada 2019**. Plataforma cidades (Brasil/Ceará/Fortaleza), 2019. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama

JUCÁ, G.N.M. **A guisa de introdução – o espaço nordestino: o papel da pecuária e do algodão**. In: "História do Ceará" (Sousa, S. Coordenadora.) Edição da Fundação Demócrito Rocha, Fortaleza, p.13-20. 1994.

LEI nº 12.815, de 5 de junho de 2013. **Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários (Lei dos Portos)**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm>. Acesso em: 06 mai. 2020.

LIMA, L.C.; BATISTA, F.G. **Novos arranjos como exigências da globalização**. In: LIMA, L.C. (Org.). Reestruturação socioespacial: do espaço banal ao espaço da racionalidade técnica. Annablume, 2006. p.121-162.

LOURENÇO, A.V. **Diretrizes para um plano de gestão ambiental portuário contextualizado nos estágios do ciclo do CGI. Estudo de caso do porto de Rio Grande**. 2012. 181f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Gerenciamento Costeiro) – Instituto de Oceanologia, FURG, Rio Grande, 2012.

MACHADO, I.S. O **Porto de Santos e a revolução dos contêineres**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012. 165p. Dissertação de mestrado, FFLCH, 2012.

MARTINELLI, M. estado de São Paulo: aspectos da natureza. Confins. **Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n.9, 2010.

MARTINS, S.F. A **produção do espaço em uma cidade portuária através dos períodos de industrialização: o caso de Rio Grande**. 2004. 245f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, UFSC, Florianópolis, 2004.

MATOS, M.I.S. Santos, o porto do café: cidade, cotidiano e trabalho. **Estudos Ibero-Americanos**, v.30, n.2, 2004.

MATTOS, R. Versões e interpretações: revisitando a historiografia sobre a abertura dos portos brasileiros (1808). **Revista de Historia Regional y Local**, v.9, n.17, p. 471-506, 2017.

MEYLL, A.H. **Porto de Fortaleza memória justificativa do ante-projeto de melhoramento de Porto na Enseada de Mucuripe**. Fortaleza, 1930, 88p.

MINFRA. Ministério da Infraestrutura. Sistema Portuário Nacional. **Banco de informações de transportes. Mapas e Bases dos Modos de Transporte**. Disponível em: < http://www.infraestrutura.gov.br/component/content/article/63-bit/5124-bitpublic.html#mapport>. Acesso em: 06 mai. 2020.

NEVES, P.D.M. Canais de Santos: um marco na engenharia sanitária. **Revista Uningá Review**, v.14, n.1, 2013.

NOBRE, G.S.; AZEVEDO, S. **O Ceará na II Grande Guerra**. Fortaleza, Editora ABC, 1998, 37p.

NUNES, L.H.; VICENTE, A.K.; CANDIDO, D.H. **Clima da região Sudeste do Brasil**. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; DIAS, M.A.F.S. (org.) Tempo e clima no Brasil. São Paulo, SP: Oficina de Textos. Capítulo 16, p. 243-258, 2009.

OLIVEIRA, E.C. **Erosão costeira na Ponta da Praia, Santos - SP, e as modificações antrópicas nos sistemas marinho e estuarino da região**. In: PEREIRA, S.D.; RODRIGUES, M.A.C.R.; BERGAMASCHI, S.; ARAÚJO, H.I.; FONSECA, L.C.; GARCIA, A.C.; ROQUE; A.C. (org.). O homem e o litoral: Transformações na paisagem ao longo do tempo – Tomo VI da Rede Braspor. Rio de Janeiro, RJ: Editora UERJ. Capítulo 13. 2017. Disponível em: <https://www.redebraspor.org/livros/2017/Braspor 2017 – Artigo 13.pdf. Acesso em: 14 mai. 2020.

OPENSTREETMAP. **Mapa de relevo**. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org>. Acesso em: 14 mai. 2020.

ORNELAS, R.S. **Relação porto/cidade: o caso de Santos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008. 141p. Dissertação de mestrado, FFLCH, 2008.

PAULA, D.P. **Análise dos riscos de erosão costeira no litoral de Fortaleza em função da vulnerabilidade aos processos geogênicos e antropogênicos**. 2012. 364f. Tese (doutorado em Ciências do mar), Universidade do Algarve, UALG, Portugal, 2012.

PAULA, D.P.; DIAS, J.M.A.; MORAIS, J.O.; FERREIRA, O. **Antropização da costa do Ceará, em especial da região de Fortaleza**. In: CORREIA, L.J.A.; OLIVEIRA, V.P.V.; MAIA, J.A. (Orgs.). Evolução das paisagens e ordenamento territorial de ambientes interioranos e litorâneos. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015. p.95-115.

PAULA, D.P.; MORAIS, J.O.; FERREIRA, O.; DIAS, J.M.A. **De um simples porto a uma cidade convertida para o turismo: artificialização do litoral de Fortaleza-CE, Brasil**. In: PEREIRA, S.D.; RODRIGUES, M.A.C.; BERGAMASCHI, S.; FREITAS, J.G. (Eds.). O homem e as zonas costeiras, Tomo IV da Rede Braspor, Rio de Janeiro: FAPERJ, 2015. p.201-214.

PEREIRA, T.A.Z. **Algodão e comércio internacional do Brasil durante a revolução Industrial**. 2017.197f. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Economia), USP, São Paulo, 2017.

PERRUGORRÍA, C.A.F. **São Vicente Primeiros Tempos. Prefeitura Municipal de São Vicente**. São Vicente, SP. 2010. 182p.

PIAZZA, W.F. **O brigadeiro José da Silva Paes: estruturador do Brasil Meridional**. 1ª. Florianópolis. Editora da UFSC, 1988. 172p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTOS - SANTOS. **Uma metrópole em crescimento com a simplicidade caiçara**. 2020. Disponível em: <https://www.santos.sp.gov.br/?q=hotsite/conheca-santos>. Acesso em: 14 mai. 2020.

QUEIROZ, M.; MOREIRA, M.; DALBELLO-ARAUJO, M. O processo de modernização portuária e a produção de subjetividade: o caso do porto de Santos. **Cadernos de Psicologia Social do Trabalho**, v.15, n.2, p.205-218, 2012.

ROUSSIN, B. **Le pilote du Brésil**. Paris: Imprimerie Royale. 1845, 269p.

SANTOS, J.A.; SANTOS, E.B.A. **As dificuldades logísticas de acesso e de movimentação de cargas do porto de santos**. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 9, 2012. Resende, RJ, Anais. Resende: 2012. p. 1-16.

SCAZUFCA, M. **A primazia do Porto de Santos no cenário portuário nacional no período contemporâneo**. Determinantes logísticos, territoriais e de gestão. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012. 378p. Tese de doutorado, FAU.

SETURCE – Secretaria do Turismo do estado do Ceará. **Indicadores Turísticos 2010-2019**. Fortaleza-CE, 2020. 22p.

SILVA FILHO, A.L.M. **Paisagens de consumo: Fortaleza no tempo da Segunda Guerra**. Coleção outras histórias, Museu do Ceará, Secretaria da Cultura e Desporto do Ceará, 2002, 173p.

SILVA, R. P. et al. **O impacto do Polo Naval no setor imobiliário da Cidade do Rio Grande/RS**. In: 6º encontro de economia gaúcha, 2012, Porto Alegre. 2012. p. 1-19.

SINGER, P. **Desenvolvimento Econômico e Evolução Urbana: Análise da evolução econômica de São Paulo, Blumenau, Porto Alegre, Belo Horizonte e Recife**. 2ª Ed. São Paulo, Editora Nacional, 1977. 378p.

SOUSA BRASIL, T.P. **Ceará no centenário da independência do Brasil**. Ceará-Fortaleza, Tipografia Minerva (11), Fortaleza, 1922, 26p.

STUDART, G. Antonio Cardoso de Barros. **Revista Trimestral do Instituto do Ceará**, p.294-299, 1919.

STUDART, G. **Notas para a história do Ceará: segunda metade do século XVIII**. Lisboa, Tipografia do Recreio, 1892, 517p.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.; DOMINGUEZ, J.M.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v.15(4), p.273-286, 1985.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, v.17, p.11-23, 2005.

THIESEN, B.V. Invisibilidade, memória e poder: a identidade imigrante e a construção da paisagem da cidade – Rio Grande (RS). **Métis: História e Cultura**, v.8, n. 16, p. 143-154, 2009.

TORRES, R. J.; ABESSA, D. M. S.; SANTOS, F. C.; MARANHO, L. A.; DAVANSO, M. B.; NASCIMENTO, M. R. L.; MOZETO, A. A. Effects of dredging operations on sediment quality: contaminant mobilization in dredged sediments from the Port of Santos, SP, Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, v.9, n.5, p.420-432, 2009.

TORRES, R.O. "... e a modernidade veio a bordo": Arqueologia histórica do espaço marítimo oitocentista na cidade de Rio Grande/RS. 2010. 110f. Dissertação de Mestrado (Dissertação em Memória Social e Patrimônio) – Instituto de Ciências Humanas. UFPel, Pelotas, 2010.

VASCONCELOS, P.P; SILVA, R.P. A importância do Mercosul na economia rio-grandina através da movimentação de cargas pelo porto do Rio Grande. **Sinergia**, Rio Grande, v.11, n. 1, p. 49-56, 2007.

VICENTE, A.P. Política exterior de D. João VI no Brasil. **Estudos Avançados**, v.7, n.19, p. 193-214, 1993.

YOUNG, A. F.; SANTOS, A P. R. **Desigualdade social, dinâmica populacional e meio ambiente: uma abordagem sobre o processo de urbanização da Região Metropolitana da Baixada Santista**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 16, 2016. Caxambu, MG. Anais. Caxambu: 2016. p.1-19.

Davis Pereira de Paula é geógrafo, Doutor em Ciências do Mar pela Universidade do Algarve (Portugal) e Professor Adjunto da Universidade Estadual do Ceará e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGEO). Desde de 2000 é pesquisador associado ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO). É membro da REDE BRASPOR de estudos costeiros, envolvendo pesquisadores brasileiros e portugueses. É Bolsista de Produtividade em Pesquisa 2 do CNPq. E-mail davis.paula@uece.br. CV: http://lattes.cnpq.br/9236155068481691

João M. Alveirinho Dias é geólogo, Doutor em Geologia / Geodinâmica Externa pela Universidade de Lisboa (Portugal) e Professor associado ao Centro de Investigação Marinha e Ambiental (CIMA). É membro da REDE BRASPOR de estudos costeiros, envolvendo pesquisadores brasileiros e portugueses. E-mail: jdias@ualg.pt. CV: http://lattes.cnpq.br/5559788377714497

Miguel da Guia Albuquerque é geógrafo, Doutor em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Desde 2010 é coordenador do Laboratório de Geotecnologias e Meio Ambiente (GEOMA) É membro da REDE BRASPOR de estudos costeiros, envolvendo pesquisadores brasileiros e portugueses. E-mail: migueldaguia@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/8060060047535482

Emiliano Castro de Oliveira é geólogo, Doutor em Geoquímica e Geotectônica pela Universidade de São Paulo e Professor da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP. É membro da REDE BRASPOR de estudos costeiros, envolvendo pesquisadores brasileiros e portugueses. E-mail: emiliano.oliveira@unifesp.br. CV: http://lattes.cnpq.br/2433172806859859

Carlos de Araújo Farrapeira Neto é geógrafo, Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Ceará e Professor do Centro Universitário Pitágoras em Fortaleza. É membro da REDE BRASPOR de estudos costeiros, envolvendo pesquisadores brasileiros e portugueses. E-mail carlosfarrapeira@yahoo.com.br. CV: http://lattes.cnpq.br/4238415411945496

Felipe Nobrega Ferreira é historiador, Mestre em História pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e doutorando do Programa de Pós-Graduação de Educação Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande. É membro da REDE BRASPOR de estudos costeiros, envolvendo pesquisadores brasileiros e portugueses. E-mail: ffnobregaea@gmail.com. CV: http://lattes.cnpq.br/6744281843415520

Capítulo 32

Fisiografia do litoral brasileiro e sua influência sobre as atividades de pesca de pequena escala

Danielle Sequeira Garcez

Configurações do litoral brasileiro e contextualização da pesca de pequena escala

A configuração de um litoral é o resultado de longa interação entre processos tectônicos, geomorfológicos, climáticos e oceanográficos. A energia das ondas, a intensidade e recorrência de tempestades conduzem a dinâmica dos processos de erosão e acumulação na interface entre continente, oceano e fundo marinho. O tipo e a disponibilidade de sedimentos, a geologia, a variação do nível do mar, a amplitude de marés, modificações geoidais e a abrangência espacial de climas de ondas, condicionam a morfologia (Muehe, 1998). No litoral brasileiro, os processos atuantes sobre a costa promovem compartimentações diferenciadas. Inclusive, a largura da plataforma continental interna ao longo e ao largo de cada estado ou região brasileira, apresenta extensões variadas, a depender do aporte sedimentar terrígena e do transporte litorâneo (Muehe, 1998). Desta forma, configura-se vasta diversidade fisiográfica, incluindo manguezais, lagoas costeiras, cordões litorâneos, restingas, praias, estuários, enseadas, lajes, coroas, costões rochosos, dunas, falésias, ilhas e recifes (Prates et al., 2012).

Os compartimentos geográficos, por sua vez, devido às suas particularidades, são determinantes para a ocorrência e diversidade da fauna aquática. Quando esta fauna aquática é retirada para fins de consumo humano, configura-se em recursos pesqueiros, os quais são explorados de formas específicas. De fato, há relação na forma pela qual pescadores artesanais exploram os ambientes de acordo às suas dimensões espaciais, e conforme a organização social na qual estão inseridos.

▪ COMO CITAR:
GARCEZ, D. S. Fisiografia do litoral brasileiro e sua influência sobre as atividades de pesca de pequena escala. *In:* MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha:** oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 746-763. ISBN 978-65-992571-0-0

Pela Lei Nº 11.959, de 29 de junho de 2009, a última a dispor sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca no Brasil, as pescarias artesanais são descritas como comercialmente orientadas, e praticadas por pescadores profissionais de forma autônoma ou em regime de economia familiar, com meios de produção próprios ou por contratos de parceria, desempenhadas de forma desembarcada ou com embarcações de pequeno porte. São atuantes em toda a costa brasileira, sua produção é normalmente comercializada por intermediários, sendo pescarias fundamentais para o fornecimento de proteína animal, particularmente para as populações de baixa renda (FAO, 2005; Batista et al., 2014).

Para o Estado brasileiro, números de pescadores atuantes e estimativas de produção não são precisos nem atuais. O último Boletim do Registro Geral da Atividade Pesqueira, de 2012, registrou a existência de pouco mais de 1 milhão de pescadores profissionais artesanais. Os dados de monitoramento pesqueiro estão atualmente defasados, sendo a última estimativa, do ano de 2011 (Brasil, 2012), a qual apontou para o período, um montante da ordem de 550 mil de toneladas provenientes das pescarias extrativistas marinhas, artesanal e industrial. Destaca-se, no entanto, que pescarias artesanais ou de pequena escala, seguem sendo responsáveis por pelo menos, 50% da produção nacional de pescados de origem marinha-estuarina.

A diversa geografia costeira das regiões brasileiras, e os diferentes históricos de ocupação e culturas, resultam em uma grande variedade de práticas pesqueiras, estratégias e recursos explorados. As características físicas são determinantes para as condições de desembarque (propiciando abrigos naturais ou condições para atracadouros), e as formas de organização social das comunidades em terra, motivam as relações produtivas e os processos de comercialização.

No entanto, a ocupação desordenada das zonas costeiras gera problemas ambientais e sociais, afetando os ecossistemas aquáticos, com implicações diretas sobre os recursos pesqueiros. Podem inclusive, promover redução no tamanho dos indivíduos capturados, nas quantidades obtidas por evento de pesca e/ou na qualidade do produto pesqueiro final. Assim, este fato pode colocar em risco a produtividade pesqueira e, consequentemente, as comunidades que tradicionalmente dependem da pesca artesanal.

Além disso, há de se ressaltar os múltiplos interesses em relação às formas de uso nas zonas costeiras. A sobreposição de atividades e usuários gera conflitos da pesca de pequena escala com outras atividades. Estas, competem em áreas, com: atividades turísticas, mergulhos e esportes náuticos; trânsito de embarcações de diferentes portes e com distintos objetivos; empreendimentos portuários; eólicas offshore; com sobreposição de áreas exploradas pela pesca industrial ou semi-industrial; com empreendimentos de aquicultura (com forte inserção da carcinicultura na região Nordeste do Brasil); com habitat de tartarugas, aves ou de mamíferos marinhos; e com a ocupação antrópica, muitas vezes irregular. E as alterações dos espaços tradicionalmente ocupados por comunidades que têm na pesca sua principal fonte de manutenção cultural e de obtenção de renda promovem, pelas novas ofertas de trabalho e atuações, transformações sociais, levando a perdas das identidades locais.

Determinar como as configurações geográficas influenciam nos resultados das pescarias e, consequentemente, na qualidade de vida dos pescadores e suas famílias, torna-se fundamental para programas que envolvam uma gestão eficiente das atividades de pesca artesanal, de pequena escala, no litoral brasileiro.

Geografia Marinha, recursos e a pesca

Geograficamente, a plataforma continental brasileira estende-se por aproximadamente 8.000 km, recebendo diferentes aportes de cargas sólida e líquida do sistema hidrográfico. Tal diferenciação de aporte em uma plataforma caracterizada em geral por baixa produtividade, condiciona a disponibilidade e concentração de nutrientes, e define o tipo de cobertura sedimentar, com consequências sobre a largura e profundidade da margem continental. Caracterizações detalhadas da plataforma continental e dos macrocompartimentos da zona costeira brasileira estão descritas em Muehe (1998, 2018) e Ministério do Meio Ambiente (2008).

Pescarias de pequena escala são normalmente influenciadas por condicionantes ambientais característicos de cada região, os quais são determinantes na ocorrência de espécies e nas formas de captura (Muehe e Garcez, 2005; Haimovici, 2011; Dias-Neto e Dias, 2015). Considerando a morfologia de fundo marinho e o aparelho de pesca empregado, é possível uma divisão da plataforma continental brasileira em duas grandes regiões; ao norte do cabo Frio (estado do Rio de Janeiro), com predomínio de sedimentos de maior granulometria, e ao sul do cabo Frio, com predomínio de lamas e areias finas. Ao norte do cabo Frio as águas são quentes, o fundo irregular e carbonático (algas calcáreas, do tipo rodolitos), favorecendo pescarias com espinhéis e armadilhas de fundo. A sudoeste do cabo Frio, as águas frias, o fundo liso e o domínio de concheiros, favorecem pescarias com redes.

Diversos ecossistemas costeiro-marinhos (lagoas costeiras, baías, estuários, manguezais, praias, costões rochosos, recifes, ilhas, extensões da plataforma e talude continental, além de parcéis em alto mar), têm seus recursos explorados pela pesca de pequena escala. E a ampla variedade de tipos de fundo (lama, areia, cascalho, calcáreo ou rochas, com presença de parcéis ou lajes e canyons submarinos) e suas profundidades, condicionam a ocorrência de espécies. Por sua vez, estes fatores definem padrões de exploração, determinando os aparelhos de pesca que serão empregados e as formas de captura dos recursos, sejam estes crustáceos, moluscos ou peixes. Assim, a pesca é desenvolvida por comunidades litorâneas com finalidades de consumo familiar e/ou comercialmente orientadas, para abastecimento, normalmente, de mercados locais ou regionais. São voltadas aos recursos disponíveis, cujas abundâncias sofrem flutuações dependentes de fatores naturais, intrínsecos à biologia da espécie, ou de acordo às pressões de pesca, muitas vezes influenciadas por demandas específicas de mercado.

De fato, caracteristicamente por macrorregião, diversos autores descrevem a associação entre os principais recursos pesqueiros e a plataforma brasileira (Matsuura, 1995; Paiva, 1997; Muehe e Garcez, 2005; Fonteles-Filho, 2011; Vasconcellos et al., 2011; Dias-Neto e Dias, 2015). Na plataforma da região Norte, a produção biológica é alta como resultado do volume e carga sedimentar do rio Amazonas; fundos inconsolidados (lama ou areia), a larga plataforma e a alta riqueza da comunidade bentônica favorecem arrastos para captura de camarões e a presença de grandes bagres, pescados ao longo de toda a calha da bacia amazônica, com maior concentração do esforço pesqueiro nas regiões estuarinas. A piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) segue sendo um recurso explotado nos deltas, de grande importância especialmente para a pesca industrial. Porém, a cabeça dos indivíduos é um importante insumo para pescarias artesanais; transportadas congeladas até a região Nordeste, são utilizadas como isca dentro de armadilhas de fundo (“covos, manzuás") para atrair lagostas e peixes demersais.

A plataforma da região Nordeste apresenta águas oligotróficas, quentes e oxigenadas, influenciadas pela Corrente do Brasil. Fundos com formações coralíneas ou de algas calcáreas são favoráveis à ocorrência de lagostas — recurso de alto valor de mercado, de grande importância social localmente, e que gera uma série de conflitos entre comunidades por sua captura, realizada com emprego de redes, armadilhas e/ou mergulho. Especificamente nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, nesta modalidade de pesca a topografia do fundo é alterada: atratores artificiais (estruturas de origens diversas) definem territórios de pesca defendidos por determinados grupos

de pescadores, para exploração. As armadilhas são revisadas periodicamente, por mergulho autônomo ou com uso de compressores, e por não selecionarem tamanhos de captura, relacionam-se a um tipo de pesca ilegal, não declarada e não regulamentada ("Pesca INN") (Chaves da Silva, 2018; Barbosa-Filho et al., 2020). Particularmente para o Ceará, a intitulada "guerra da lagosta" remonta desde a década de 1980, com caminhos e consequências que se despontam ainda como grandes desafios à gestão.

Ainda na região Nordeste, os fundos rochosos e a estreita plataforma propiciam a construção de currais de pesca, o uso de linha e anzol, ou de espinhéis, para captura de peixes associados a recifes. Em embarcações de pequeno porte, como botes, canoas ou jangadas, à vela ou propulsão com pequenos motores, capturam ao largo da plataforma, elasmobrânquios e pelágicos formadores de cardumes, como atuns (*Thunnus* spp.) e afins. Quanto a estes últimos, faz-se notar o surgimento na última década (2010-2020), de uma pesca de pequena escala direcionada, nos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará. Frotas locais buscaram adaptar embarcações lagosteiras como alternativa ao declínio de produção, fazendo surgir uma nova modalidade de captura, de cardumes associados, por meio de sistema de rodízio das embarcações (Silva et al., 2019), e que vem merecendo atenção de investimentos (Soares, 2019).

A pesca artesanal de camarões na região Nordeste ocorre por meio de arrastos realizados, principalmente, na foz de rios. No entanto, por ser uma região regida pelo clima semiárido, os rios apresentam características de intermitência, com volume reduzido, sujeitos à altas taxas de evaporação, alta ou hipersalinidade em algumas épocas do ano, o que limita a produção destes recursos. Os ambientes estuarinos, no entanto, sustentam diversas comunidades localizadas em seu entorno, que capturam tainhas (*Mugil* spp.) e robalos (*Centropomus* spp.), principalmente para consumo familiar e local (Basílio e Garcez, 2014; Sousa et al., 2020 *no prelo*). Em baías, lagoas costeiras e manguezais, também ocorre a captura de mariscos (Mourão et al., 2020; Pinto et al., 2020 *no prelo*), e a pesca de peixes ornamentais e invertebrados para fins de aquariofilia, relevantes para as economias locais (Gurjão e Lotufo, 2018; Loiola et al., 2020 *no prelo*). As reduzidas profundidades, baixa turbidez, altas transparência e temperatura da água na plataforma da região Nordeste, propiciam ainda, que comunidades costeiras possam ter como fontes complementares à renda, a extração e/ou o cultivo de algas (particularmente algas vermelhas), para fins alimentícios e preparação de cosméticos.

Há de se destacar nesta região, a grande variedade de sistemas de produção pesqueiros, os quais envolvem combinações entre embarcações, aparelhos e formas de captura dos recursos. Em apenas uma sequência de quatro comunidades contínuas no litoral leste do estado do Ceará, Chaves da Silva (2018) identificou 10 sistemas pesqueiros, voltados à pesca de moluscos (mariscos e polvos), crustáceos (principalmente lagostas) e peixes (com fins alimentícios e ornamentais), em barcos de distintos portes, a vela e a motor, e cujas capturas ocorrem em diferentes batimetrias. Esta diversidade produtiva reflete a complexidade em se gerir a atividade pesqueira na região.

Vale ainda ser ressaltada na região Nordeste, a resistência e resiliência da prática da pesca artesanal no Arquipélago de Fernando de Noronha (estado de Pernambuco). A comunidade local encontrou meios adaptativos frente às zonas de exclusão instauradas pela criação de duas zona econômica exclusiva na década de 1980 (Martins e Garcez, 2020 *no prelo*), e formas de aderir à novas oportunidades e tecnologias impostas pelo crescente turismo (Dominguez et al., 2016; Lopes et al., 2017), mantendo no entanto, suas práticas tradicionais (Martins e Garcez, 2020 *no prelo*).

Na plataforma continental, em bancos oceânicos e em fundos arenosos e rochosos das regiões Norte e Nordeste, também são capturados pargos e demais espécies da família Lutjanidae. Ainda, em estuários e manguezais de ambas as regiões, são colocadas redes de emalhe, construídos currais de pesca e coletados, de forma manual, mariscos e caranguejos, sustentando localmente a economia, e mantendo a segurança alimentar de diversas comunidades costeiras.

Na região Sudeste, de forma geral, os recursos pesqueiros da zona litorânea são normalmente explorados por embarcações motorizadas com redes de espera e pequenas redes de arrasto que visam, principalmente, capturas de camarão, enquanto em baías, lagoas costeiras, foz de rios e estuários são empregados diversos aparelhos fixos (cercos e/ou covos) e móveis (redes de emalhar, tarrafas, linhas e espinhéis) (Figueiredo e Tessler, 2004; Oliveira, 2005; Muehe e Garcez, 2005). Particularmente no estado do Espírito Santo, são praticadas pescarias *offshore* em barcos de pequeno e médio portes, com uso de linhas com anzóis e espinhéis, para captura de peixes pelágicos, incluindo atuns e afins. Diferentemente do modelo de desenvolvimento da pesca industrial oceânica para captura destes recursos com uso de espinhel (*long-line*), é no Espírito Santo que surge primeiramente uma frota de pequena escala (embarcações menores que 24 metros ou que utilizam apetrechos de pesca não industrial, como anzol e linha de mão) operante em águas oceânicas. Atualmente, esta modalidade de pesca se distribui do Pará ao Rio Grande do Sul (Soares, 2019). Ainda no Espírito Santo, barcos de menor porte são utilizados em pescarias costeiras, empregando redes de emalhar e linha e anzol, para captura de pescadas (Scianidae), e com redes de arrastos para captura de camarões. Também ocorre expressiva captura de lagostas, empregando redes e a prática de mergulho. Os manguezais são importantes ecossistemas para a coleta de moluscos e crustáceos. Para o município de Piúma, em particular, Basílio et al. (2016a) descreveram 13 sistemas de pesca, ocorrentes nas diferentes unidades geoambientais identificadas (Basílio et al., 2016b).

No estado do Rio de Janeiro as pescarias artesanais também se apresentam de forma variada a depender do ecossistema de captura. Em águas costeiras, diversifica-se no emprego de linha e anzol, tarrafas, redes de emalhe, arrastos de praia, currais de pesca nos estuários e lagoas costeiras, redes de cerco para sardinha e de arrastos para camarão — especialmente na Baía de Guanabara —, coleta manual de moluscos (bivalves) e crustáceos (caranguejos e siris). A pesca de linha ocorre em fundos rochosos e em proximidades das plataformas de petróleo na Bacia de Campos; barcos linheiros operam na plataforma continental e no talude, na captura de peixes pelágicos. Práticas pesqueiras e recursos capturados por macrocompartimento geográfico do estado do Rio de Janeiro foram descritos por Garcez (2007); a avaliação da sustentabilidade da pesca artesanal por Monteiro-Neto et al. (2011); e aspectos da cadeia produtiva da pesca marítima por Vianna (2009).

O litoral do estado de São Paulo também apresenta grande diversidade de sistemas pesqueiros, com destaque para as pescarias tradicionais em canoas caiçaras e nos cercos de engraulídeos. Descrição de áreas de pesca, das relações das populações humanas com ecossistemas e recursos, históricos e cultura, potenciais de exploração e sustentabilidade das pescarias, podem ser obtidos na ampla bibliografia produzida pelo Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas em Áreas Úmidas Brasileiras (NUPAUB), da Universidade de São Paulo (USP), nas bases e grupos de pesquisa do Instituto Oceanográfico da USP e do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, da Universidade de Campinas.

Em toda a Região Sudeste são praticadas pescarias de pequena escala no talude continental empregando linhas de fundo para capturas de serranídeos e lutjanideos, e especificamente, batata (*Lopholatilus vilarii*), namorado (*Pseudopercis numida*) e cherne (*Ephinephelus niveatus*) em profundidades de até 650 m (Paiva e Andrade-Tubino, 1998; Paiva e Garcez, 1998).

Para a região Sul do Brasil, no estado do Paraná predominam pescarias de pequena escala com arrastos camaroneiros em estuários, onde também há importante pesca de tainhas com redes de emalhe e, ao largo de toda a costa, pesca de peixes demersais, incluindo elasmobrânquios (Chaves e Bouchereau, 2006). Em Santa Catarina também são realizados arrastos de praia para captura de peixes costeiros, camarões em estuários com uso de redes fixas, e redes de emalhe para corvinas e linguados. Outra modalidade de destaque da pesca artesanal é a captura de lulas em águas costeiras, com uso de iscas artificiais (Vasconcellos et al., 2011).

Por fim, no estado do Rio Grande do Sul as pescarias artesanais ocorrem predominantemente ao largo de águas rasas de toda a costa, em estuários e nas lagoas costeiras, para capturas de corvinas (*Micropogonias furnieri*), tainhas e linguados (*Paralichthys* spp.). A laguna dos Patos é local de uma expressiva pesca de camarões com uso de redes fixas, que sustenta comunidades de pescadores nos diversos municípios que abrange (Garcez e Sánchez-Botero, 2005), e com experiências exitosas de gestão compartilhada (Kalikoski et al., 2009; Seixas e Kalikoski, 2009).

Para as regiões Nordeste, Sudeste e Sul brasileiras, a ampla variedade de recursos disponíveis, suas formas de captura e potenciais de exploração, estão descritos na Série de Documentos produzidos pelo Programa REVIZEE ("Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva"; Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – Marinha do Brasil). (https://www.marinha.mil.br/secirm/revizee#documentos).

As áreas específicas de pesca, exploradas frequentemente pelos pescadores e cuja manutenção ocorre devido à repetição de vezes em que as capturas se apresentarem satisfatórias, são definidas como pesqueiros. Os pescadores chegam a estes pesqueiros por meio do conhecimento empírico adquirido e acumulado. E suas capacidades de interpretação dos aspectos oceanográficos, da tipologia de fundo e de características bioecológicas dos recursos-alvo de suas pescarias, irão se refletir no sucesso das capturas (Garcez e Sánchez-Botero, 2020 *no prelo*).

A prioridade de exploração de um pesqueiro, normalmente, segue regras informais de acordos entre os pescadores, e que costumam ser respeitadas pelos usuários de uma mesma localidade. Seguem critérios variados, incluindo a idade ou a posição social ocupada pelo indivíduo dentro de seu grupo. Quando estes acordos são desrespeitados, conflitos são gerados. Os pesqueiros passam assim, a configurar "territórios", definidos como espaços ocupados no ambiente marinho, e sobre os quais grupos de pescadores garantem direitos de acesso, uso e controle dos recursos ao longo do tempo (Cordell, 1982; Diegues, 1983, 2004; Maldonado, 1994, 2000; Castro, 2000; Garcez, 2007; Begossi et al., 2013). São mecanismos desenvolvidos como formas de apropriação, e marcam a ação espaço-temporal pela qual pescadores respondem à dinâmica ambiental e o meio pelo qual administram os recursos pesqueiros disponíveis (Allut, 2000), localmente ou regionalmente.

É também importante notar que a exploração dos recursos se estende em continuidades marinhas além dos limites geográficos ocupados pelas comunidades pesqueiras no litoral. E apesar de haver certa tendência à utilização de territórios em mar dentro dos limites correspondentes ao compartimento em terra, pode haver mobilidade do pescador entre diferentes ambientes disponíveis, nas proximidades de sua localidade ou distantes a esta, e por vezes, mesmo sobreposição de áreas entre compartimentos. Ou seja, havendo a possibilidade de deslocamento, a qual depende, entre outros fatores, do tipo de embarcação, do poder de compra de combustível, do aparelho de pesca adequado e à expectativa de captura de determinado recurso pesqueiro, os pescadores podem deslocar-se a longas distâncias, a partir de seus pontos de origem na linha de costa (observações pessoais a partir de estudos no litoral brasileiro). De fato, Garcez (2007) identificou que no Rio de Janeiro, os pescadores artesanais autônomos especificamente da região norte do estado, deslocavam-se até 92 km (cerca de 50 milhas náuticas) a partir de seus pontos de origem na costa, em extensões da plataforma continental interna e externa, e mesmo talude continental, alcançando profundidades de até 480 m para a realização das capturas em proximidades de plataformas de petróleo da Bacia de Campos. Apesar do distanciamento e dos perigos intrínsecos envolvidos em tal trajetória realizada em embarcações de pequeno e médio portes (de 6 a 15 m de comprimento), os pescadores buscam nestes ambientes aumentar a probabilidade de captura de indivíduos pertencentes a espécies com alto valor de mercado (Garcez, 2007). Utilizam principalmente espinhéis de fundo, método de pesca seletivo, adequado para fundos irregulares nos quais populações se apresentem distribuídas de forma dispersa ou em baixa densidade, mas propiciando captura de indivíduos de alta qualidade (Haimovici et al., 2004; Martins et al., 2005). Assim, os registros demonstram que pescadores artesanais do estado Rio de Janeiro

não mais estão condicionados unicamente às características fisiográficas costeiras, restritos aos ecossistemas costeiros, dependentes de correntes marinhas, baixas profundidades ou proximidade do litoral. A expectativa de maior produtividade impulsiona a competição em espaços marinhos ocupados pela indústria petrolífera.

Desta forma, há de ressaltar que a Geografia Marinha pode ter sua paisagem modificada por indução antrópica. Plataformas de petróleo são exemplos de moldagem destas paisagens em alto mar, exercendo modificação de hábitos, características e padrões da pesca artesanal. As plataformas promovem alterações nas condições oceanográficas sobre suas áreas de influência, e os resíduos despejados diretamente em águas abertas propiciam enriquecimento nutricional local, das águas superficiais. Assim, são criadas áreas de atração para algumas espécies de peixes, pois atuam como ambientes de refúgio e/ou alimentação. Porém, Snodgrass et al. (2020) pontuam que estas estruturas são obstáculos a peixes migradores oceânicos como atuns, e poluem as águas marinhas com derrames acidentais de petróleo, merecendo atenção nos processos de gestão.

Portanto, é a capacidade exploratória do pescador que define a rentabilidade econômica da pescaria e, consequentemente, a receita proveniente da atividade. A captura em biomassa obtida em determinado pesqueiro pode ser baixa, porém, se o número de eventos diários se repetir em maior quantidade durante o mês, pode gerar maior rentabilidade do que em eventos nos quais as capturas são volumosas, mas em menor frequência. Para a renda obtida com a produção do pescado também devem ser considerados os custos da viagem e as percentagens das partes envolvidas. Pescarias em localidades mais longínquas e profundas, com captura de indivíduos cujas espécies obtém maior valor comercial por quilo, não são necessariamente, garantia de maiores lucros. Para o estado do Rio de Janeiro especificamente, Garcez (2007) identificou que outros fatores também contribuem para a diferenciação da renda, que não somente os geográficos: sazonalidade na ocorrência de espécies e preços distintos por quilo do tipo de pescado; biomassa total comercializada; oscilações de preços ao longo do ano de acordo às demandas de mercado; tamanho da cadeia de comercialização até o consumidor. De forma geral, quanto maior a proximidade da relação de venda ao consumidor final, melhor será o preço obtido pelo pescador.

Esta é inclusive, uma tendência que poderá ser incorporada à realidade das comunidades pesqueiras artesanais no período pós-pandemia mundial de COVID-19 (declarada pela Organização Mundial da Saúde em 2020). Isto, haja vista que, pelas restrições de circulação impostas e a necessidade de novas políticas em relação aos procedimentos de armazenagem e consumo (White et al., 2020), como uma alternativa à aquisição de frutos do mar, consumidores passaram a procurar diretamente os pescadores, em suas comunidades. Assim, há de se acompanhar a possibilidade de novos arranjos produtivos da pesca artesanal, reestruturando as escalas espaciais das capturas e suas composições (em função da variedade de recursos demandados). Podem ser oportunizadas novas relações sociais e econômicas — inclusive nas formas de beneficiamento do pescado —, para a distribuição dos produtos provenientes das pescarias artesanais, de pequena escala.

Ameaças à pesca de pequena escala

Um evento de larga extensão que seguirá afetando as populações marinhas e, consequentemente, o *status* de diversas pescarias no mundo e a segurança alimentar de comunidades costeiras, é o aquecimento global (Bell et al., 2016; Phillips e Pérez-Ramírez, 2018). Potenciais efeitos a partir do aquecimento dos oceanos relacionam-se ao aumento do nível do mar e suas consequências sobre as perdas de territórios costeiros; às mudanças nos padrões de circulação oceânica, na estratificação de massas d´água, e em processos de acidificação e/ou declínio nos níveis de oxigenação; com consequências diretas sobre as populações marinhas (Gasalla et al., 2018). Estes impactos, somados a ações antropogênicas, como a degradação de habitat, a poluição, a

introdução de espécies e a sobreexplotação dos bens da natureza, colocam em risco o equilíbrio dos ecossistemas marinhos e dos recursos disponíveis (Brander et al., 2018).

Um outro problema que tem afetado várias regiões do mundo, com consequências diversas sobre a fauna, é o microplástico disperso nos oceanos. Ainda não há registros em como este tipo de poluente pode afetar diretamente a produção pesqueira, mas sim em como interfere na qualidade do pescado. Estudos do conteúdo estomacal em indivíduos de peixes comerciais das famílias Ariidae, Gerreidae, Haemulidae, Sciaenidae, Centropomidae indicaram que pelo menos 50% das presas ingeridas apresentavam microplástico de origens diversas, indicando a probabilidade de transferência deste detrito na teia trófica (Possatto et al., 2011; Lima et al., 2020). Outras espécies piscívoras, também alvos da pesca de pequena escala no litoral brasileiro, apresentaram altas taxas de ingestão de microplástico: dourado (*Coryphaena hippurus*) (Menezes et al., 2019), tubarão de bico fino (*Rhizoprionodon lalandii*) e a cavala (*Scomberomorus cavalla*) (Miranda e Carvalho-Souza, 2016). Isto reforça o amplo potencial de transferência na teia alimentar, com possíveis efeitos negativos para a saúde dos consumidores.

Ainda, há de se considerar o problema crescente da contribuição de contaminantes orgânicos e inorgânicos, de uso doméstico e empregados em lavouras (domissanitários, pesticidas e fertilizantes), que chegam aos ecossistemas aquáticos (Gama et al., 2013; Duaví et al., 2015; Gama et al., 2017). Isso compromete a estabilidade dos ecossistemas e a estrutura fauna aquática, especialmente em estuários (Day Jr. et al., 2013), levantando alertas sobre a qualidade e a segurança alimentar ao consumidor (Santana et al., 2020).

Ainda, entre agosto e dezembro de 2019, um derramamento de petróleo atingiu 3.500 km da costa brasileira (cerca de 70% de extensão), com fortes efeitos particularmente, sobre o litoral da região Nordeste. Os danos causados a comunidades costeiras foram inúmeros, impactando negativamente a pesca e os pescadores, cujo tempo de resiliência é ainda indefinido. Foram estimadas perdas da ordem de 60% na comercialização de peixes pelágicos e demersais, e da ordem de 80 a 100% na venda de crustáceos e moluscos, inclusive com diversos recursos tendo sua comercialização proibida (Araújo et al., 2020). Os derrames afetaram, além das praias, diversos ecossistemas importantes para a ictiofauna e para a pesca, como estuários, manguezais e recifes de corais; Soares et al. (2020) estimaram em 159.000 pescadores afetados na região Nordeste, e Magris e Giarrizzo (2020) estimaram que 870 mil pessoas, cujas economias dependem da pesca e do turismo, foram afetadas diretamente pelos derrames.

Vale ressaltar que os efeitos dos impactos mencionados demonstram que resíduos produzidos em uma determinada localidade podem resultar em problemas reais em outros locais distantes geograficamente. Isto, haja vista a mobilidade dos recursos pesqueiros, e a susceptibilidade de poluentes de origens diversas, ao transporte, cujo comportamento dependerá de seus volumes, concentrações, solubilidades, densidades, e em como são influenciados e/ou afetados pelas correntes marinhas e demais condicionantes ambientais.

A alteração dos ambientes, além da degradação da paisagem, dos efeitos sobre os ecossistemas e seus componentes biológicos, provoca transformações sociais. Fazem surgir novos estilos de vida e valores culturais, os quais passam a coexistir e competir com os hábitos das comunidades tradicionais. Alternativas de trabalho são oferecidas à medida em que a economia urbana vai sendo inserida, gerando sobreposição de áreas de uso, com consequências na organização e na qualidade de vida das comunidades pesqueiras (Diegues e Nogara, 1999; Garcez e Sánchez-Botero, 2005; Begossi *et al*., 2014; Prestrelo e Vianna, 2016; Lopes et al., 2017; Garcez e Sánchez-Botero, 2020 *no prelo*). E como a ocupação do espaço por populações humanas resulta de uma combinação de variáveis (físicas, biológicas, socioeconômicas e culturais), atuantes em escala e tempo diversos, cada comunidade possuirá particularidades de acordo com sua história e formação social. A capacidade de responder ou se adaptar às mudanças impostas dependerá da organização prévia de cada comunidade, influenciando suas resiliências socioculturais e ecológicas (Begossi, 1993,

1998; Berkes e Folke, 1998; Berkes et al., 2003; Berkes e Turner, 2006; Haimovici, 2011; Folke, 2016; Meireles et al., 2020).

Para o Nordeste brasileiro, especificamente para os estados do Maranhão, Ceará e Pernambuco, Garcez e Sánchez-Botero (2020 *no prelo*), relatam diversas experiências de comunidades costeiras cuja economia está baseada na pesca de pequena escala. São apresentadas as formas de exploração e manejo comunitário dos recursos de uso comum, sugerindo que o êxito da gestão reside justamente, em se considerar os saberes locais, compreender as formas de resistência e resiliência frente às transformações ambientais e sociais, incorporando abordagens ecossistêmicas da pesca.

Por isso, a gestão dos recursos pesqueiros explorados nos ambientes estuarinos e marinhos, para manutenção e continuidade de suas sustentabilidades, deve ocorrer de forma integrada e participativa no ambiente terrestre, mobilizando os diversos atores sociais (*stakeholders*) envolvidos na atividade.

Lacunas do conhecimento das pescarias estuarina e marinha no Brasil: o quanto é preciso avançar?

Não é possível avançar em políticas efetivas de gestão pesqueira sem que, primeiramente, sejam conhecidos os dados de produção. Desde o Programa REVIZEE, ocorrido entre os anos 1994 a 2004, não foi mais realizado um amplo levantamento no país sobre a temática. O Programa gerou uma série de documentos técnicos-científicos como subsídio ao ordenamento do setor pesqueiro, inventariando recursos vivos, descrevendo suas áreas de ocorrência, estimando biomassas e os potenciais de capturas sustentáveis. E desde 2011, não se tem mais o Sistema de Geração de Dados Estatísticos da Pesca – ESTATPESCA (Aragão, 2008), um Programa de monitoramento sistemático do desembarque pesqueiro no litoral, implementado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Para o Brasil, há anos são alertadas as lacunas que impedem o avanço nas ciências pesqueiras (Marrul Filho, 2003; Castello, 2007; Dias Neto, 2010; Cembra, 2012). A escassez ou ausência de registros atualizados de embarcações e do total de pescadores atuantes, por localidades e artes de pesca; a ausência de rede informativa sobre dados da pesca e pescadores compilados por região; a descontinuidade de monitoramento dos desembarques, os quais costumam ser de múltiplas espécies e ocorrentes de forma difusa no litoral; a insuficiente ou ineficiente fiscalização na aplicação da legislação pesqueira; problemas decorrentes da pesca fantasma pela não regulamentação de estratégias que evitem ou minimizem os resíduos dos aparelhos de captura abandonados no mar; os descartes de fauna acompanhante; as inexistentes ou ineficientes estruturas para desembarque; a precariedade das condições sanitárias durante a captura do pescado, sua conservação e armazenamento; a não agregação de valor pelo baixo beneficiamento dos produtos e não capacitação dos pescadores nas diversas fases; o baixo conhecimento e/ou a descontinuidade em estudos de biologia e dinâmica populacional das espécies explotadas; a ausência de uma abordagem ecossistêmica para o manejo das pescarias e a não inclusão de participação comunitária nas tomadas de decisão; são alguns dos problemas enfrentados.

Problemas estes, que já poderiam ter sido sanados por meio de políticas adequadas. Haja vista a importância do setor pesqueiro para o desenvolvimento social e econômico do país, e em função de também existirem condutas já delineadas para gerenciamento de recursos e para a prática da atividade pesqueira de pequena escala. O ano de 2020 marca os 25 anos do Código de Conduta para uma Pesca Responsável (CCPR), da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), um instrumento voluntário e internacional, cujo objetivo é estabelecer princípios e padrões aplicados à conservação, à gestão e ao desenvolvimento de todos os tipos de pescarias.

Mais especificamente, também foi construído coletivamente o documento "Diretrizes Voluntárias para Garantir a Pesca de Pequena Escala Sustentável no Contexto da Segurança Alimentar e da Erradicação da Pobreza" (FAO, 2017), porém ainda restrito em sua aplicação.

Para a eficiente gestão da pesca e dos recursos pesqueiros são necessárias abordagens inclusivas, incentivando cada vez mais a ciência cidadã. Um caminho está em promover que pescadores sejam protagonistas na coleta de dados de suas produções, responsáveis pelo registro de informações fundamentais aos processos de gestão pesqueira. Assim, poderão gerir de forma comunitária, participativa e sustentável, a exploração dos recursos ocorrentes sobre seus domínios.

Por isso, Abordagens Ecossistêmicas da Pesca (AEP) e da Gestão Pesqueira (AEGP) desempenham papel fundamental (FAO, 2013). A AEP tem por objetivo o uso sustentável dos ecossistemas, sem que o foco seja direcionado unicamente à espécies-alvo. Busca manter a integridade e complexidade das relações tróficas, em um equilíbrio dinâmico no ambiente, cujas consequências positivas irão se refletir na produtividade pesqueira. Quando envolve a gestão pesqueira, aborda os níveis ambiental, social e econômico, prevendo a cooperação entre todos os atores sociais envolvidos na atividade, direta e indiretamente, trabalhando de forma cooperativa em prol da sustentabilidade.

Assim, a Abordagem Ecossistêmica Aplicada à Gestão Pesqueira é uma forma prática de implementar o desenvolvimento sustentável, maximizando os benefícios para um sistema pesqueiro. Isto pois, os princípios envolvem que as pescarias sejam geridas de modo a exercer o mínimo impacto sobre os ecossistemas; as relações ecológicas entre espécies sejam preservadas; as medidas de gestão sejam coordenadas e compatíveis ao longo de toda a cadeia produtiva; que se exerça o princípio da precaução no processo de tomadas de decisão, considerando o desconhecimento da complexidade de funcionalidades dos ecossistemas e de suas externalidades; e que o sistema de governança assegure o bem estar e equidade dos envolvidos e do ecossistema (FAO, 2013).

De fato, dentro dos "17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)", promovidos pelas Nações Unidas desde 2015, o 14º Objetivo trata sobre "Vida na água", voltado para a "Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável". Preconiza, entre diversos itens:

> "*Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes; Até 2020, gerir de forma sustentável e proteger os ecossistemas marinhos e costeiros para evitar impactos adversos significativos, inclusive por meio do reforço da sua capacidade de resiliência, e tomar medidas para a sua restauração, a fim de assegurar oceanos saudáveis e produtivos; Até 2020, efetivamente regular a coleta, e acabar com a sobrepesca, ilegal, não reportada e não regulamentada e as práticas de pesca destrutivas, e implementar planos de gestão com base científica, para restaurar populações de peixes no menor tempo possível, pelo menos a níveis que possam produzir rendimento máximo sustentável, como determinado por suas características biológicas; Até 2030, aumentar os benefícios econômicos para os pequenos Estados insulares em desenvolvimento e os países menos desenvolvidos, a partir do uso sustentável dos recursos marinhos, inclusive por meio de uma gestão sustentável da pesca, aquicultura e turismo; Proporcionar o acesso dos pescadores artesanais de pequena escala aos recursos marinhos e mercados*".(ODS 14 – ONU, 2015).

Perspectivas para a gestão da pesca de pequena escala

Os sistemas de produção pesqueira são o resultado de uma combinação entre características ambientais e sociais. Incluem tipos de recursos e ambientes que são explorados, a frota empregada, as práticas ou artes de pescas usadas nas capturas, as relações de trabalho e estas com o mercado, bem como características da organização social e da renda obtida por meio da atividade. Além disto, a produção pesqueira está sujeita a condicionantes ambientais — relacionados aos aspectos geográficos da região, variações sazonais, condições climáticas, flutuações naturais das populações explotadas —, e socioeconômicos — relacionados à competição por espaço e uso dos recursos junto a demais setores produtivos, às oscilações nos padrões de consumo, e às resoluções de políticas públicas, quando existentes.

Desta forma, para que seja possível avaliar a produtividade pesqueira entre comunidades com base nas características fisiográficas das regiões costeiro-litorâneas, é preciso primeiramente que sejam identificados os fatores que determinam a distribuição espacial das áreas de prática das pescarias, e em como os recursos capturados influenciam na renda. Os resultados alcançados por estudos que considerem estas questões tornam-se importantes ferramentas para gerenciar programas que contemplem o bem-estar humano, minimizando conflitos pela sobreposição de formas de uso em áreas comuns, por visar um melhor aproveitamento do espaço e de seus recursos. Ou seja, devem incluir uma abordagem ecossistêmica das pescarias, com base nas características geográficas regionais. As medidas devem considerar as particularidades e os problemas enfrentados em cada localidade, inclusive para que sejam encaminhadas com validação dos participantes, cujo envolvimento deve ser ativo em todas as etapas do processo de gestão (Caddy e Cochrane, 2001; Kalikoski e Satterfield, 2004; Kalikoski et al., 2006, 2009; Pomeroy e Rivera-Guieb, 2006). Devem ainda ser considerados os saberes locais e as desigualdades de poder dentro das comunidades, com seus diferentes ordenamentos sociais.

Uma possível tendência em futuro próximo é a de promover a diversificação das paisagens marinhas, por meio de planos de restauração de bosques animais, gerando uma sinergia entre os ecossistemas (Rossi et al., 2017). Compostos principalmente por organismos filtradores, promoveriam complexidade estrutural ao fundo marinho, modificando as paisagens subaquáticas e permitindo um sinergismo para a produção ecossistêmica (Rossi et al*.,* 2019). Diversos habitat seriam disponibilizados moldando a geografia marinha localmente, otimizando a tridimensionalidade por congregar ainda, nestes espaços, atividades de maricultura e mergulho. Estudos são necessários, no entanto, para demonstrar se os novos fluxos energéticos poderão ofertar resultados positivos para incremento das pescarias artesanais, sustentando práticas manejadas localmente.

Por fim, medidas que visem o bem estar das populações humanas localizadas em zonas costeiras, em especial as de pescadores, devem contemplar seus históricos de ocupação e as transformações socais às quais estejam sujeitas. Devem ser consideradas as perdas que as comunidades vêm sofrendo em suas áreas ocupadas, seus saberes e cultura, pela transição de atividades e consequências do desenvolvimento econômico. De qualquer forma, independente das medidas adotadas, estudos que ampliem o conhecimento dos serviços ecossistêmicos promovidos por ambientes costeiros, podem ser auxiliares aos processos de entendimento das pescarias, seu alcance social e importância para a segurança alimentar. Podem auxiliar em processos inclusivos, promovendo a ciência cidadã, e a participação local no manejo dos recursos.

Relacionar as pescarias artesanais, de pequena escala, à geografia marinha torna-se ainda mais importante quando estamos próximos a iniciar a “Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável” (2021 a 2030) declarada pelas Nações Unidas (ONU). Assim, a conservação dos oceanos e a gestão integrada da zona costeira como itens da pauta ambiental tornam-se ainda mais valorizadas, haja vista a importância de toda a biodiversidade costeira e marinha como fonte de recursos para grande parcela da humanidade.

Agradecimentos

Expresso agradecimentos ao Professor Vandick da Silva Batista, da Universidade Federal de Alagoas, pelas valiosas considerações; ao especialista em Ciências Pesqueiras, Dr. José Augusto Negreiros Aragão, pelos relevantes apontamentos; e ao Professor Jorge Iván Sánchez Botero, da Universidade Federal do Ceará, pelas preciosas sugestões e revisão crítica do texto. Especialmente, agradeço ao Professor Dieter Muehe, pelo convite para compor esta obra, e pelos valiosos ensinamentos e contribuição ao longo de minha vida profissional.

Referências bibliográficas

ALLUT, A. G. O conhecimento dos especialistas e seu papel no desenho de novas políticas pesqueiras. *In*: Diegues, A. C. (Org.). **Etnoconservação: novos rumos para a conservação da natureza.** Editora Hucitec. Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas Brasileiras (NUPAUB) / USP, São Paulo. 290p. p. 101-123. 2000.

ARAGÃO, J. A. N. Sistema de geração de dados estatísticos da pesca – **ESTATPESCA**. Partes I e II. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). 2008.

ARAÚJO, B.; RAMALHO, C. W. N.; de MELO, P. W. Artisanal fishers, consumers and the environment: immediate consequences of the oil spill in Pernambuco, Northeast Brazil. Cad. **Saúde Pública**, 36(1): e00230319. 2020.

BARBOSA-FILHO, M. L. V.; de SOUZA, G. B. G.; de FARIA LOPES, S.; HAUSER-DAVIS, R. A.; SICILIANO, S.; da SILVA MOURÃO, J. Artisanal fisher knowledge and attitudes concerning compressor fishing in a north-eastern brazilian marine protected area. **Human Ecology**, v. 1, p. 1-10. 2020.

BASÍLIO, T. H.; BARROSO, J. C.; GOMES, M. P.; GARCEZ, D. S. A pesca artesanal em Piúma/ES. *In*: Basílio, T. H. (Org.). **Unidades ambientais e a pesca artesanal em Piúma, Espírito Santo, Brasil.** 1a ed. São Paulo: Lura Editorial, p. 61-96. 144p. 2016a.

BASÍLIO, T. H.; BODART, C. N.; GARCEZ, D. S.; VICENTE DA SILVA, E. Unidades ambientais relacionadas às atividades pesqueiras. *In*: Basílio, T. H. (Org.). **Unidades ambientais e a pesca artesanal em Piúma, Espírito Santo, Brasil.** 1a ed. São Paulo: Lura Editorial, p. 37-60. 144p. 2016b.

BASÍLIO, T. H.; GARCEZ, D. S. A pesca artesanal no estuário do rio Curu, Ceará – Brasil: saber local e implicações para o manejo. **Actapesca**, 2(1): 42-58. 2014.

BATISTA, V. S.; FABRÉ, N. N.; MALHADO, A. C. M.; LADLE, R. J. Tropical Artisanal Coastal Fisheries: Challenges and Future Directions. **Reviews in Fisheries Science e Aquaculture**, v. 22, p. 1-15. 2014.

BEGOSSI, A. Ecologia humana: um enfoque das relações homem-ambiente. **Interciencia**, 18(3): 121-132. 1993.

BEGOSSI, A. Property rights for fisheries at different scales: applications for conservation in Brazil. **Fisheries Research**, 34: 269-278. 1998.

BEGOSSI, A.; CAMARGO, E.; CARPI Jr., S. **Os mapas da pesca artesanal – pesqueiros e pescadores na costa do Brasil**. São Carlos: RiMa Editora, Fapesp. 166p. 2013.

BEGOSSI, A.; SALIVONCHYK, S. V.; SILVANO, R. A. M. A segurança alimentar de comunidades pesqueiras do Sudeste do Brasil: dimensões complementares e um exemplo com o robalo. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 404-416. 2014.

BELL, J. D.; CHEUNG, W.; DE SILVA, S.; GASALLA, M. A.; FRUSHER, S.; HOBDAY, A.; LAM, V.; LEHODEY, P.; PECL, G.; SAMOILYS, M.; SENINA, I. Impacts and effects of ocean warming on the contribution of fisheries and aquaculture to food security. *In*: Laffoley, D.; Baxter, J.M. (Orgs.). **Explaining ocean warming: causes, scale, effects and consequences.** 1ed. Gland: IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, v. 1, p. 409-435. 2016.

BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. Introduction. *In*: Berkes, F.; Colding, J.; Folke, C. (Orgs.). **Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change**. Cambridge University Press, p. 1-20. 2003.

BERKES, F.; FOLKE, C. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. *In*: Berkes, F. e Folk, C. (Eds.). **Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience**. p. 1-25. 1998.

BERKES, F.; TURNER, N. J. Knowledge, learning and the evolution of conservation practice for social-ecological system resilience. Nova York: **Human Ecology**, v. 34, n. 4, p. 479-494. 2006.

BRANDER, K.; COCHRANE, K.; BARANGE, M.; SOTO, D. Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture. *In*: Phillips, B. e Pérez-Ramirez, M. (Orgs.). **Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture - A Global Analysis**. 1ed. Hoboken: Wiley-Blackwell (John Wiley and Sons Ltda), v. I, p. 45-62. 2018.

BRASIL. **Boletim do Registro Geral da Atividade Pesqueira**. Ministério da Pesca e Aquicultura. Brasília. 50p. 2012.

CADDY, J. F.; COCHRANE, K. L. A review of fisheries management past and present and some future perspectives for the third millennium. **Ocean e Coastal Management**, 44: 653-682. 2001.

CASTELLO, J. P. Gestão Sustentável dos recursos pesqueiros, isto é realmente possível? **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 2: 47-52. 2007.

CASTRO, E. Território, biodiversidade e saberes de populações tradicionais. *In*: Diegues, A. C. (Org.). **Etnoconservação: novos rumos para a conservação da natureza**. Editora Hucitec. Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas Brasileiras (NUPAUB) / USP, São Paulo. p. 165-182. 290p. 2000.

CEMBRA - Centro de Excelência para o Mar Brasileiro. **O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do País**. Cembra, coord. Luiz Philippe da Costa Fernandes, prep. Lucimar Luciano de Oliveira. 2. ed., rev. e ampl. Niterói, RJ: BHMN. 540p. 2012.

CHAVES DA SILVA, T. **Adaptações na atividade pesqueira de comunidades (Icapuí, Ceará): indícios de resiliência?** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais. Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, Universidade Federal do Ceará. 78p. 2018.

CHAVES, P. T.; BOUCHEREAU, J. L. **Síntese de estudos sobre a pesca artesanal no litoral sul do Paraná e norte de Santa Catarina, com 16 recomendações para a gestão de pesca na região**. Curitiba. 48p. 2006.

CORDELL, J. **Locally managed sea territories in brazilian coastal fishing**. FAO, Roma. 1982.

DAY Jr., J. W.; CRUMP, B. C.; KEMP, M.; YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. (Eds.). **Estuarine ecology**. 2nd. Edition. John Wiley e Sons, Inc., Publication. 554p. 2013.

DIAS NETO, J. **Gestão do uso dos recursos marinhos no Brasil**. 2ª ed. Brasília, IBAMA, 2010.

DIAS-NETO, J.; DIAS, J. de F. O. **O uso da biodiversidade aquática no Brasil: uma avaliação com foco na pesca**. Brasília: IBAMA. 288p. 2015.

DIEGUES, A. C. **A pesca construindo sociedades: leituras em antropologia marítima e pesqueira**. Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas Brasileiras (NUPAUB) / USP, São Paulo. 315p. 2004.

DIEGUES, A. C. **Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar**. São Paulo. Editora Ática, Ensaios: 94. 287 p. 1983.

DIEGUES, A. C.; NOGARA, P. J. **O nosso lugar virou parque: estudo sócio-ambiental do Saco do Mamanguá, Parati, Rio de Janeiro**. Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas Brasileiras (NUPAUB) / USP, São Paulo. 165p. 1999.

DOMINGUEZ, P. S; ZEINEDDINE, G. C; ROTUNDO, M. M.; BARRELA, W.; RAMIRES, M. A pesca artesanal no Arquipélago de Fernando de Noronha. **Boletim do Instituto de Pesca**, 42(1):241-251. 2016.

DUAVÍ, W. C.; GAMA, A. F.; OLIVEIRA, A. H. B. ; NASCIMENTO, R. F. ; CAVALCANTE, R. M. Contamination of aquatic environments by “urban pesticides”: the case of Cocó and Ceará rivers, Fortaleza - Ceará, Brazil. **Química Nova**, 38(5): 622-630. 2015.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Aplicação prática da abordagem ecossistêmica às pescas**. Rome. 83p. 2013.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Diretrizes Voluntárias para Garantir a Pesca de Pequena Escala Sustentável**. Roma, 20p. 2017

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Technical Guidelines for Responsible Fisheries. Increasing the contribution of small-scale fisheries to poverty alleviation and food secutiry**. Rome, 80p. 2005.

FIGUEIREDO Jr., A. G.; TESSLER, M. G. **Topografia e composição do substrato marinho da região Sudeste-Sul do Brasil**. Instituto Oceanográfico, USP, São Paulo. Série Documentos Revizee: Score Sul – Responsável: Rossi-Wongtschowski, C. L. Del B. 64p. 2004.

FOLKE, C. **Resilience**. Republished. Nova Escócia: Ecology and Society, v. 21, n. 4. 2016.

FONTELES-FILHO, A. A. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Expressão Gráfica e Editora. 464p. 2011.

GAMA, A. F.; CAVALCANTE, R. M.; DUAVÍ, W. C.; SILVA, V. P. A.; NASCIMENTO, R. F. Occurrence, distribution, and fate of pesticides in an intensive farming region in the Brazilian semi-arid tropics (Jaguaribe River, Ceará). Journal of Soils and Sediments, 17: 1160-1169. 2017.

GAMA, A. F.; OLIVEIRA, A. H. B.; CAVALCANTE, R, M. Inventário de agrotóxicos e risco de contaminação química dos recursos hídricos no semiárido cearense. **Química Nova**, 36: 462-467. 2013.

GARCEZ, D. S. **Caracterização da pesca artesanal autônoma em distintos compartimentos fisiográficos e suas áreas de influência, no estado do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 125p. 2007.

GARCEZ, D. S.; SÁNCHEZ-BOTERO, J. I. (Orgs.). **Conhecimento local e o manejo de recursos pesqueiros de uso comum: experiências nos litorais do Maranhão, Ceará e Pernambuco**. Fortaleza: UFC / LABOMAR. 2020, no prelo.

GARCEZ, D. S.; SÁNCHEZ-BOTERO, J. I. Comunidades de pescadores artesanais no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Atlântica**, 27(1): 17-29. 2005

GASALLA, M. A.; ABDALLAH, P. R.; LEMOS, D. E. L. Potential Impacts of Climate Change in Brazilian Fisheries. *In*: Phillips, B. e Pérez-Ramirez, M. (Orgs.). **Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture - A Global Analysis**. 1ed. Hoboken: Wiley-Blackwell (John Wiley and Sons Ltda), v. I, p. 455-477. 2018.

GURJÃO, L. M.; LOTUFO, T. M. C. Native species exploited by marine aquarium trade in Brazil. **Biota Neotropica**, 18: e20170387. 2018.

HAIMOVICI, M. (Org.) **Sistemas Pesqueiros Marinhos e Estuarinos do Brasil: caracterização e análise da sustentabilidade**. Rio Grande: FURG. 104p. 2011.

HAIMOVICI, M.; ÁVILA-DA-SILVA, A. O.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. Del B. **Prospecção pesqueira de espécies demersais com espinhel-de-fundo na Zona Econômica Exclusiva da região sudeste-sul do Brasil**. Instituto Oceanográfico, USP, São Paulo. Série Documentos Revizee: Score Sul – Responsável: Rossi-Wongtschowski, C. L. Del B. 112p. 2004.

KALIKOSKI, D. C.; ROCHA, R. D.; VASCONCELLOS, M. C. Importância do conhecimento ecológico tradicional na gestão da pesca artesanal no estuário da Lagoa dos Patos, extremo sul do Brasil. Rio Grande: **Ambiente e Educação**, v. 11, p. 87-118. 2006.

KALIKOSKI, D. C.; SATTERFIELD, T. On crafting a fisheries co-management arrangement in the estuary of Patos Lagoon (Brazil): opportunities and challenges faced through implementation. **Marine Policy**, 28: 503-522. 2004.

KALIKOSKI, D.; DIAS NETO, J.; THÉ, A. P. G.; RUFFINO, M. L.; MARRUL FILHO, S. (Orgs.). **Gestão compartilhada do uso sustentável de recursos pesqueiros: refletir para agir**. Brasília: IBAMA, 184p. 2009.

KALISKOSKI, D. C. (Org.). **Gestão de pesca de pequena escala: diretrizes e métodos alternativos**. Rio Grande: Editora FURG. 359p. 2006.

LIMA, A. R. A.; SILVA, M. D.; POSSATTO, F. E.; FERREIRA, G. V. B.; KRELLING, A. P. Plastic Contamination in Brazilian Freshwater and Coastal Environments: A Source-to-Sea Transboundary Approach. *In*: Stock, F.; Reifferscheid, G.; Brennholt, N.; Kostianaia, E. (Eds.). **Plastics in the Aquatic Environment - Part I: Current Status and Challenges**. DOI 10.1007/698_2020_514. 2020.

LOIOLA, S. C.; PINTO, L. M.; KOBAYASHI, R. K.; SÁNCHEZ-BOTERO, J. I.; GARCEZ, D. S. Conhecimento empírico de pescadores artesanais como base para a conservação do cavalo-marinho Hippocampus reidi (Teleostei: Syngnathidae) no estuário do rio Pacoti (estado do Ceará). *In*: Garcez, D. S. e Sánchez-Botero, J. I. (Orgs.). **Conhecimento local e o manejo de recursos pesqueiros de uso comum: experiências nos litorais do Maranhão, Ceará e Pernambuco**. Fortaleza: UFC / LABOMAR. 2020 no prelo.

LOPES, P. F. M.; MENDES, L.; FONSECA, V.; VILLASANTE, S. Tourism as a driver of conflicts and changes in fisheries value chain in Marine Protected Areas. **Journal of Environmental Management**, 200(15): 123-134. 2017.

MAGRIS, R. A.; GIARRIZZO, T. Mysterious oil spill in the Atlantic Ocean threatens marine biodiversity and local people in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 153: 110961. 2020.

MALDONADO, S. C. **Mestres e mares: espaço e indivisão na pesca marítima**. São Paulo, Annablume (Selo Universidade; 7). 2ª edição. 194p. 1994.

MALDONADO, S. C. O caminho das pedras: percepção e utilização do espaço na pesca simples. *In*: Diegues, A. C. (Org.). **A imagem das águas**. Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas Brasileiras (NUPAUB) / USP, São Paulo. 207p. p. 59-68. 2000.

MARRUL FILHO, S. **Crise e sustentabilidade no uso dos recursos pesqueiros**. Brasil: IBAMA. 148p. 2003.

MARTINS, A. S.; OLAVO, G.; COSTA, P. A. S. Recursos demersais capturados com espinhel de fundo no talude superior da região entre Salvador (BA) e Cabo de São Tomé (RJ). *In*: Costa, P. A. S.; Martins, A. S. e Olavo, G. (Eds.). **Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Rio de Janeiro, Museu Nacional. Série Livros nº 13. p. 109-128. 2005.

MARTINS, M. F.; GARCEZ, D. S. Resistência e resiliência dos pescadores do Arquipélago de Fernando de Noronha (estado de Pernambuco) frente às modificações jurídicas, socioambientais e econômicas. *In*: Garcez, D. S. e Sánchez-Botero, J. I. (Orgs.). **Conhecimento local e o manejo de recursos pesqueiros de uso comum: experiências nos litorais do Maranhão, Ceará e Pernambuco**. Fortaleza: UFC / LABOMAR. 2020 no prelo.

MATSUURA, Y. **Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento. Subsídio ao Planejamento da Gestão Ambiental**. Projeto Cenários para o Planejamento da Gestão Ambiental (MMA/PNMA), Brasília, DF, p. 39-104. 1995.

MEIRELES, A. J. A.; MERCADER, A. T.; SERRA-POMPEI, C.; PIFARRÉ, D. V.; DOMÍNGUEZ, J. C.; MONRABÀ, J. A.; CAROL, J. M.; QUEIROZ, L. S.; MARTÍNEZ, M. B.; ROSSI, S. The social and economic framework of artisanal fishing in the State of Ceará, Brazil. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 11, p. 180-198. 2020.

MENEZES, R.; da Cunha-Neto, M. A.; de Mesquita, G. C.; Silva, G. B. Ingestion of macroplastic debris by the common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Western Equatorial Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, 141: 161-163. 2019.

MIRANDA, D. A.; de CARVALHO-SOUZA, G. F. Are we eating plastic-ingesting fish? **Marine Pollution Bulletin**, 103: 109–114. 2016.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil – Brasília. 242p. 2008.

MONTEIRO NETO, C.; TUBINO, R. A.; CARDOSO, A. M.; WANDERLEY, A. V.; PAPOULA, N. R. P. R.; BORGES, N. J.; PALMEIRA, L. P.; SILVA, P. J. A.; ANDRADE-TUBINO, M. F.; HAIMOVICI, M. Avaliação de sustentabilidade dos sistemas de pesca artesanal em cinco localidades do estado do Rio de Janeiro. *In*: Manuel Haimovici (Org.). **Sistemas pesqueiros marinhos e estuarinos do Brasil: caracterização e análise da sustentabilidade**. Rio Grande: Ed. da FURG, v. 1, p. 65-77. 2011.

MOURÃO, J. S.; BARACHO, R. L.; MARTEL, G.; BARBOZA, R. R. D.; LOPES, S. F. Local ecological knowledge of shellfish collectors in an extractivist reserve, Northeast Brazil: implications for co-management. **Hydrobiologia**, 3: 2-25. 2020.

MUEHE, D. A geomorfologia costeira e seu desdobramento para a geografia costeira e marinha. **Revista Brasileira de Geografia**, 63: 29-59. 2018.

MUEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentação. *In*: Cunha, S. B. e Guerra, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Editora Bertrand Brasil S.A. Rio de Janeiro. p. 273-349. 388p. 1998.

MUEHE, D.; GARCEZ, D. S. A plataforma continental brasileira e sua relação com a zona costeira e a pesca. **Revista Mercator**, ano 4, nº 8, p. 69-88. 2005.

OLIVEIRA, G. M. **Pesca e aquicultura no Brasil, 1991-2000: produção e balança comercial**. Brasília: IBAMA, 260p. 2005.

PAIVA, M. P. **Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil**. Fortaleza: EUFC, 278p. 1997.

PAIVA, M. P.; ANDRADE-TUBINO, M. F. Produção, esforço e produtividade da pesca de linheiros ao largo da costa sudeste do Brasil (1979 - 1995). **Bol. Rec. Pesq.**, UFRJ, Rio de Janeiro, (1): 1-21. 1998.

PAIVA, M. P.; GARCEZ, D. S. Distribuição batimétrica de recursos pesqueiros no talude continental do sudeste do Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, vol. 31 (1-2): 107-110. 1998.

PHILLIPS, B.; PÉREZ-RAMIREZ, M. (Orgs.). **Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture - A Global Analysis**. 1ed. Hoboken: Wiley-Blackwell (John Wiley and Sons Ltda). 2018.

PINTO, L. M.; LOIOLA, S. C.; KOBAYASHI, R. K.; SÁNCHEZ-BOTERO, J. I.; GARCEZ, D. S. Coletores de moluscos da comunidade da Mangabeira (Eusébio, Ceará): caracterização e conhecimento local associado. *In*: Garcez, D. S. e Sánchez-Botero, J. I. (Orgs.). **Conhecimento local e o manejo de recursos pesqueiros de uso comum: experiências nos litorais do Maranhão, Ceará e Pernambuco**. Fortaleza: UFC / LABOMAR. 2020 no prelo.

POMEROY, R. S.; RIVERA-GUIEB, R. **Fishery co-management: a practical handbook**. International Development Research Centre. British Library, London. 264p. 2006.

POSSATTO, F. E.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F.; IVAR DO SUL, J.; DANTAS, D. V. Plastic debris ingestion by marine catfish: an unexpected fisheries impact. **Marine Pollution Bulletin**, 62(5): 1098-1102. 2011.

PRATES, A. P. L.; GONÇALVES, M. A.; ROSA, M. R. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. 2ª Ed. Brasília, 152p. 2012.

PRESTRELO, L.; VIANNA, M. Identifying multiple-use conflicts prior to marine spatial planning: A case study of A multi-legislative estuary in Brazil. **Marine Policy**, 67: 83-93. 2016.

ROSSI, S.; BRAMANTI, L.; GORI, A.; OREJAS, C. (Eds.). **Marine Animal Forests. The Ecology of Benthic Biodiversity Hotspots**. 1. ed. Springer International Publishing, v. 1. 1366p. 2017.

ROSSI, S.; ISLA, E; BOSCH-BELMAR, M.; GALLI, G.; GORI, A.; GRISTINA, M.; INGROSSO, G.; MILISENDA, G.; PIRAINO, S.; RIZZO, L.; SCHUBERT, N.; SOARES, M. O.; SOLIDORO, C.; THURSTAN, R. H.; VILADRICH, N.; WILLIS, T. J.; ZIVERI, P. Changes of energy fluxes in marine animal forests of the Anthropocene: factors shaping the future seascape. **Ices Journal of Marine Science**, 76: 2008-2019. 2019.

SANTANA, L. M. B. M.; GAMA, A. F., do NASCIMENTO, R. F.; CAVALCANTE, R. M. Simultaneous determination of multi-class pesticide metabolites in fish (Siluriformes: Ariidae): protocol developed for human dietary risk in Ceará coast, Brazil. **Accred Qual Assur,** 25: 185-199. https://doi.org/10.1007/s00769-020-01431-x. 2020.

SEIXAS, C. S.; KALIKOSKI, D. C. Gestão participativa da pesca no Brasil: levantamento das iniciativas e documentação dos processos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, (20): 119-139. 2009.

SILVA, G. B.; HAZIN, H. G.; HAZIN, F. H. V.; TRAVASSOS, P. Tuna fisheries on “associated school” in Brazil: description and trends. **Collective Volume of Scientific Papers - International Commission For The Conservation Of Atlantic Tunas**, v. 75, p. 1924-1934. 2019.

SNODGRASS, D. J. G.; ORBESEN, E. S.; WALTER III, J. F.; HOOLIHAN, J. P.; BROWN, C. A. Potential impacts of oil production platforms and theirfunction as fish aggregating devices on the biology of highlymigratory fish species. **Rev Fish Biol Fisheries**. Doi.org/10.1007/s11160-020-09605-z. 2020.

SOARES, G. S. S. **A pesca de atuns no Brasil: política de arrendamento de embarcações estrangeiras, balança comercial, frotas e arranjos produtivos locais**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, Universidade Federal do Ceará. 96p. 2019.

SOARES, M. O.; TEIXEIRA, C. E. P.; BEZERRA, L. E. A.; PAIVA, S. V.; TAVARES, T. C. L.; GARCIA, T. M.; DE ARAÚJO, J. T.; CAMPOS, C. C.; FERREIRA, S. M. C.; MATTHEWS-CASCON, H.; FROTA, A.; MONT"ALVERNE, T. C. F.; SILVA, S. T.; RABELO, E. F.; BARROSO, C. X.; PEREIRA DE FREITAS, J. E.; MELO JÚNIOR, M.; CAMPELO, R. P. S.; SANTANA, C. S.; CARNEIRO, P. B. M.; MEIRELLES, A. J.; SANTOS, B. A.; OLIVEIRA, A. H. B.; HORTA, P.; CAVALCANTE, R. M. Oil spill in South Atlantic (Brazil): environmental and governmental disaster. **Marine Policy**, 115:103879. 2020.

SOUSA, W. A.; GURGEL LOURENÇO, R. C.; SÁNCHEZ-BOTERO, J. I.; GARCEZ, D. S. Condicionantes ambientais e sua relação com a pesca artesanal nos Estuários dos Rios Choró e Curu, estado do Ceará. *In*: Garcez, D. S. e Sánchez-Botero, J. I. (Orgs.). **Conhecimento local e o manejo de recursos pesqueiros de uso comum: experiências nos litorais do Maranhão, Ceará e Pernambuco**. Fortaleza: UFC / LABOMAR. 2020 no prelo.

VASCONCELLOS, M., DIEGUES, A. C.; KALIKOSKI, D. C. Coastal fisheries of Brazil. *In*: Salas, S. R.; Chuenpagdee, A. C.; Seijo, J.C. (Eds.). **Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Nº. 544. Rome. p. 73-116. 2011.

VIANNA, M. **Diagnóstico da cadeia produtiva da pesca marítima no estado do Rio de Janeiro**. 1. ed. Rio de Janeiro: Populis, v. 1. 200p. 2009.

WHITE, E. R.; FROEHLICH, H. E.; GEPHARTE, J. A.; COTTRELL, R. S.; BRANCH, T. A.; BAUM. J. K. Early effects of COVID-19 interventions on US fisheries and seafood. **Fisheries, aquaculture and COVID-19: Issues and policy responses**. 7p. 2020.

Danielle Sequeira Garcez é Bióloga Marinha pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Mestre em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Doutora em Geografia pela UFRJ. Professora Associada do Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, da Universidade Federal do Ceará (UFC). Coordena o Laboratório de Ecologia Pesqueira, desenvolvendo pesquisas em ecologia de peixes, etnoecologia e pesca artesanal, incluindo diagnósticos participativos em comunidades tradicionais, e ações de educação ambiental e de divulgação científica. Atual Tutora do Programa de Educação Tutorial, PET Oceanografia, e orientadora permanente no Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, ambos no LABOMAR / UFC. E-mail: daniellegarcez@ufc.br. CV: http://lattes.cnpq.br/3694258975631437