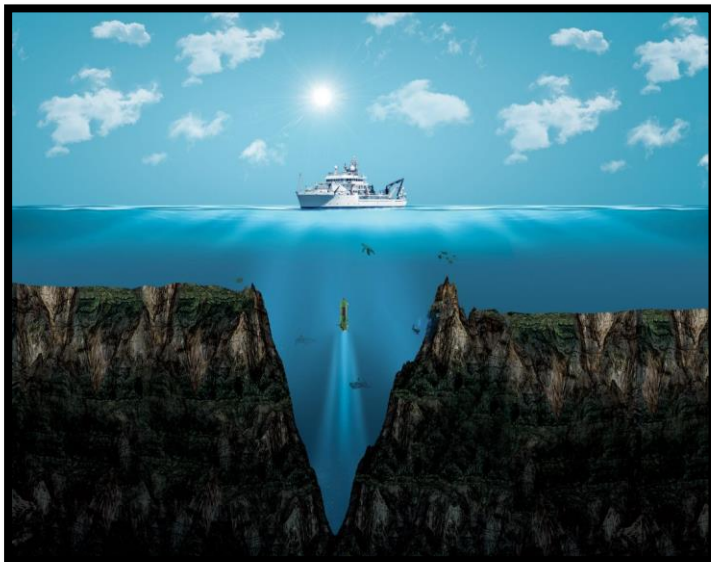




O OCEANO E A HUMANIDADE CONHECER E PRESERVAR



Iran Carlos Stalliviere Corrêa
CECO/PGGM/IGEO/UFRGS

(Imagem da capa: Por que ainda não conhecemos todo o oceano? Fonte: https://museuweg.net/blog/wp-content/uploads/2022/11/shutterstock_1853507206-min-1100x859.jpg)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEÂNICA

PROGRAMA DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA



(fonte: <https://ciclovivo.com.br/wp-content/uploads/2021/03/oceano-ciclovivo-1024x700.jpg>)

O OCEANO E A HUMANIDADE
CONHECER E PRESERVAR

Iran Carlos Stalliviere Corrêa

2024

Prof. Iran Carlos Stalliviere Corrêa
Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica
Departamento de Geodésia
Instituto de Geociências
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

C824o Corrêa, Iran Carlos Stalliviere
O oceano e a humanidade – conhecer e preservar. /
Iran Carlos Stalliviere Corrêa - Porto Alegre:
CECO/PGGM/IGEO/UFRGS, 2024.
[144 f.] il.

ISBN: 978-65-00-95823-2

1. Ecossistema. 2. Biodiversidade. 3. Preservação.
4. Justiça ambiental. 5. Bioinspiração. I. Título.

CDU 504

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS
Renata Cristina Grun

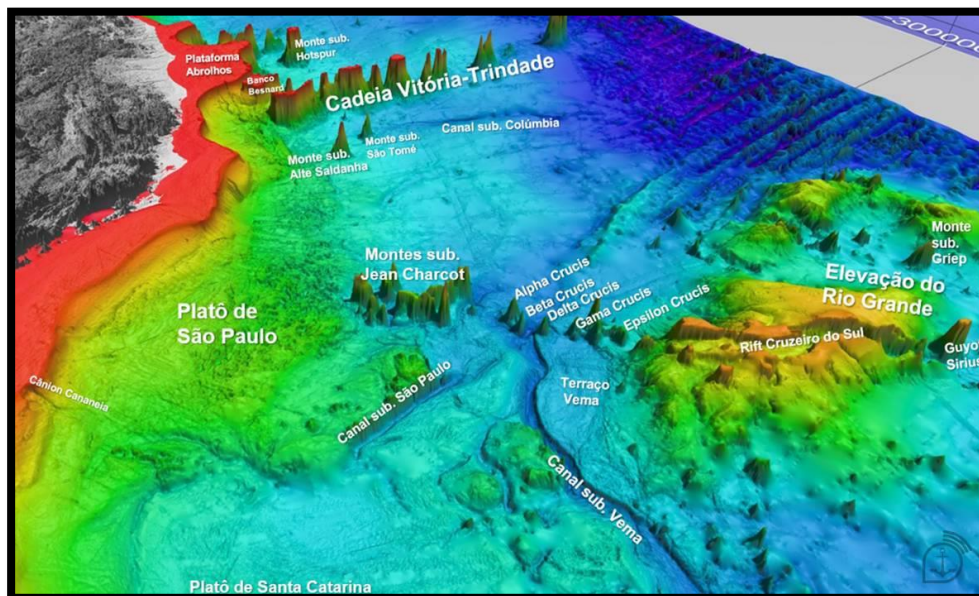
CRB 10/1113



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica

Programa de Geologia e Geofísica Marinha



(fonte: https://www.defesaemfoco.com.br/arquivos/2022/08/foto_nova_3.jpg)

O OCEANO E A HUMANIDADE
CONHECER E PRESERVAR

2024

Iran Carlos Stalliviere Corrêa



Reitor
Carlos André Bulhões Mendes

Vice-Reitora
Patrícia Helena Lucas Pranke

Diretor do Instituto de Geociências
Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Vice-Diretora do Instituto de Geociências
Tatiana Silva da Silva

Projeto Livro Didático

Projetado e elaborado pelo Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica

Diretora: María Alejandra Gomez Pivel
Vice-Diretora: Maria Luiza Correa da Camara Rosa

2024

**Segundo a lei nº 9610/98 e o Código Penal no Artigo 184, é vedada a reprodução, por qualquer meio, desta apostila didática, sendo somente permitida com autorização do professor-autor.
A cópia não autorizada é punível com sanções administrativas e penais.**

SUMÁRIO

Apresentação	10
I. O OCEANO, TESTEMUNHO DA MUDANÇA	13
1.1 Oceano na origem da vida	13
1.2 Diversidade de vida no oceano atualmente	14
1.3 Exploração de seres vivos no oceano	15
1.4 As principais características do oceano	15
1.5 Por que preservar o oceano?	16
1.6 Oceano e clima	16
II. CIRCULAÇÃO OCEÂNICA, REGULANDO O CLIMA	17
2.1 Equilíbrio térmico do oceano	17
2.2 Circulação oceânica de retorno	18
2.3 Circulação oceânica de giros	20
2.4 Variabilidade da circulação oceânica	21
2.5 Pontos de interrupção na circulação oceânica	23
2.6 Qual o futuro da circulação oceânica?	24
2.7 Bomba biológica de carbono no oceano	25
2.7.1 Funcionamento da bomba biológica de carbono	26
2.7.2 Eficiência da bomba biológica de carbono	28
2.7.3 Medição da bomba biológica de carbono	29
2.8 Sistema da corrente de Humboldt	30
2.8.1 Variabilidade	31
2.8.2 Produtividade	32
2.8.3 Operação geral	32
2.8.4 Especificidade do sistema atual de Humboldt	33
2.8.5 Arquivos do passado	33
III. OCEANO E CLIMA	34
3.1 Características gerais do oceano	34
3.2 Oceano e clima	35
3.2.1 Aumento do nível do mar	36
3.2.2 Ondas de calor marinhas	37
3.2.3 Inundações costeiras	38
3.3 Paisagem dinâmica do oceano aberto	39
3.3.1 Oceano aberto, um ambiente contrastante e dinâmico	40
3.3.2 Efeitos da cadeia alimentar	41
3.3.3 Considerações para a proteção do oceano	41
IV. UM OCEANO SOB PRESSÃO	42
4.1 Macropoluentes	42
4.2 Micropoluentes	43
4.3 Metais pesados	43
4.4 Ruídos	45

V. UM OCEANO DE PLÁSTICO: QUAIS OS IMPACTOS NOS SERES VIVOS?	46
5.1 Acúmulo de plástico no meio ambiente	46
5.2 Foco em microplástico	48
5.2.1. Impactos dos macroplásticos nos seres vivos	49
5.2.2. Impactos dos microplásticos nos seres vivos	50
5.2.3. Impactos ligados ao transporte de espécies através de detritos plásticos	51
VI. UM OCEANO DE RECURSOS	51
6.1 Conhecimentos do oceano nas suas camadas superficiais	51
6.2 Exploração do oceano nas suas camadas profundas	52
6.3 Mapeamento oceânico	54
6.4 Exploração das dorsais meso-oceânicas	55
6.5 Outros exemplos de expedições e descobertas científicas importantes	56
VII. RECURSOS MARINHOS: EXEMPLO DO PLÂNCTON	58
7.1 Plâncton: definição e papel	58
7.2 Benefícios deste recurso biológico	59
VIII. RECURSOS DA PESCA E DA AQUICULTURA: QUESTÕES ALIMENTARES	60
8.1 Evolução da pesca e da aquicultura	60
8.2 Pesca	62
8.3 Aquicultura	63
8.4 Perspectivas	64
IX. ABORDAGEM ECOSISTÊMICA DA PESCA: EXPLORAÇÃO E CONSERVAÇÃO	65
9.1. Conscientização sobre impulsos ecossistêmicos da pesca	65
9.2. Modelagem dos impactos ecossistêmicos da pesca	66
9.3 Natureza dos impactos da pesca nos ecossistemas	67
9.4 Redução dos impactos ecossistêmicos da pesca: o quadro geral	68
9.5 Alavancas para uma abordagem ecossistêmica das pescas	69
X. RECURSOS PESQUEIROS: GESTÃO E CONSERVAÇÃO	70
10.1 Modelos de avaliação de estoque	71
10.2 Causas da variabilidade nos modelos de estoque	73
10.3 Regulamentação do acesso aos recursos: o problema da “corrida ao peixe”	74
10.4 Funções da gestão da pesca	75
10.5 Exemplo de regulamentação: a pesca do linguado do Pacífico	76
XI. RECURSOS MINERAIS DO OCEANO	77
11.1 Recursos do domínio raso: areia e cascalho	77
11.2 Recursos do domínio profundo: nódulos e crostas	80
XII. INTRODUÇÃO À BIOINSPIRAÇÃO MARINHA	81
12.1 Principais categorias de bioinspiração	81
12.2 Funções da vida exploradas pela biomimética	83
XIII. BIOTECNOLOGIA MARINHA	84
13.1 Definição de biotecnologia	84

13.2 Interesses dos recursos marinhos para as biotecnologias	85
13.3 Surgimento das biotecnologias	86
13.4 Cadeia de valor ligada às biotecnologias marinhas	86
13.5 Exemplo das algas marinhas	87
XIV. ALGUNS EXEMPLOS DE BIOINSPIRAÇÃO MARINHA	88
14.1 Exemplo de conus	88
14.2 Exemplo de equinodermas	88
14.3 Exemplo de esponjas	90
14.4 Exemplo de poliquetas	91
14.5 Adesivos bioinspirados	92
XV. UMA VISÃO DAS CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS SOBRE QUESTÕES ATUAIS	93
15.1 Oceano e humanidade: compreender os usos, riscos e atores	93
15.2 Ciência Humana e Social (CHS) para melhor compreender a dinâmica do socioecossistema “oceano”	94
15.3 Exemplos de trabalhos de investigação	94
XVI. ABORDAGEM ECONÔMICA DAS QUESTÕES MARÍTIMAS	95
16.1 Serviços ecossistêmicos e forte sustentabilidade	96
16.2 Medição dos serviços ecossistêmicos	97
16.3 Valorização econômica dos serviços ecossistêmicos	99
XVII. ENFRENTANDO A POLUIÇÃO MARINHA	100
17.1 Por que as algas verdes são chamadas de poluição?	101
17.2 Diferentes contextos, diferentes qualificações	102
17.3 Qual é hoje a nossa opinião sobre a maré verde na Bretanha?	103
XVIII. UMA ANTROPOLOGIA DAS RELAÇÕES COM O MAR: IMAGINAÇÃO PLURAIS E EM MOVIMENTO	104
18.1 Multiplicidade de relações com o mar	104
18.2 Antropologia marítima: elementos metodológicos	104
18.3 Exemplo etnográfico 1: ilhas Madalena e Saint-Pierre-et-Miquelon	105
18.4 Exemplo etnográfico 2: o arquipélago de Mergui em Mianmar	107
18.5 Exemplo etnográfico 3: vila Sucuriju no Brasil	108
18.6 Exemplo etnográfico 4: Islândia	109
XIX. ESTUDAS AS PESCAS DO PASSADO PARA ESCLARECER AS PRÁTICAS DE PESCA SUSTENTÁVEIS CONTEMPORÂNEAS	111
19.1 História da pesca no Mediterrâneo	111
19.1.1 A pesca no Mediterrâneo hoje	112
19.1.2 Rumo a uma pesca sustentável no Mediterrâneo	112
19.2 A pesca no Brasil	113
19.2.1 A pesca no período colonial	113
19.2.2 A pesca no período imperial	114
19.2.3 A pesca no período republicano	115
19.2.4 A pesca no Brasil de hoje	115

XX. ENTRE RISCOS E COMODIDADES AS QUESTÕES DAS DESIGUALDADES E DA JUSTIÇA AMBIENTAL NAS ZONAS COSTEIRAS	116
20.1 Justiça ambiental	116
20.2 Litoral: um lugar de vida	117
20.3 Litoral: um espaço de trabalho	117
20.4 Litoral: um espaço recreativo	118
XXI. REPRESENTAÇÃO DE RISCOS PELAS POPULAÇÕES COSTEIRAS. UMA PERSPECTIVA PSICOSSOCIAL	119
21.1 Questões de riscos associadas às zonas costeiras	119
21.2 Objetivo da psicologia ambiental	120
21.3 Conceito de vulnerabilidade sistêmica	121
XXII. LEI DE POLUIÇÃO MARINHA E ORDENAMENTO DO ESPAÇO MARINHO	122
22.1 Definição e caracterização da poluição marinha	122
22.2 Poluição marinha e lei	122
22.3 Respostas jurídicas: tipologia da poluição	123
22.4 Camadas de instrumentos jurídicos ligados à poluição marinha	124
22.5 Áreas de desenvolvimento da resposta jurídica à poluição marinha	125
22.6 Ordenamento do espaço marinho	126
XXIII. COMO TORNAR ÀS ÁREAS MARINHAS PROTEGIDAS, ACEITÁVEIS E EFICAZES?	127
23.1 Definição e tipologia de áreas marinhas protegidas	128
23.2 Rumo cada vez maior as AMP? A contribuição das ciências humanas e Sociais	129
23.3 Questão da governança	129
23.4 Questão dos conflitos	130
23.5 Questão da aceitação	131
XXIV. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	132
XXV. LEITURAS RECOMENDADAS	136
XXV. ABREVIATURAS	136
XXVI. GLOSSÁRIO	137

APRESENTAÇÃO

Com a finalidade de contribuir para a **Área de Concentração em Geologia Marinha, do Programa de Pós-Graduação em Geociências**, do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), é que foi organizada esta coletânea de informações referentes a notas de aulas, de artigos científicos, de relatórios de Instituições, de palestras elaboradas durante quase cinquenta anos de magistério.

A elaboração deste trabalho não tem o intuito de compará-lo a um livro didático e científico e sim apenas um complemento para os alunos, no acompanhamento das aulas e, também, para futuras consultas, já que o conhecimento da relação que a humanidade tem com o Oceano é de fundamental importância para conhecê-lo e preservá-lo.

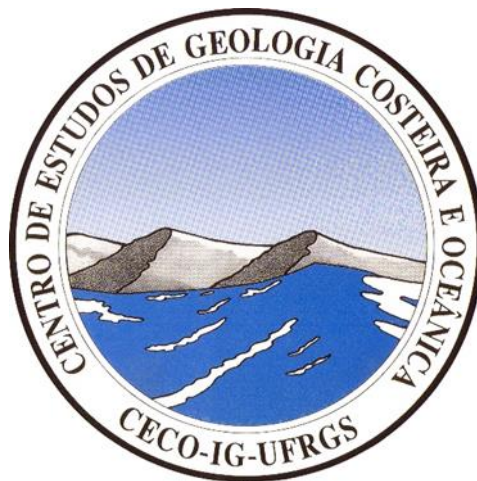
Este manuscrito pretende fornecer ideias básicas sobre a importância do oceano, seja para a vida na Terra, para o clima ou para a humanidade e o seu futuro. Preservar o oceano, evitando que ele se altere muito ou mesmo tombe, eis o grande desafio a enfrentar. Mas para se conseguir temos que o conhecer ainda mais do que o conhecemos hoje, e temos de pensar nesta preservação num quadro global de desenvolvimento sustentável, como o definido pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. .

Neste alfarrábio se pretende apresentar as causas e os impactos, ao meio ambiente oceânico, ocasionados pelas ações antrópicas e as mudanças climáticas, demonstrando a necessidade de proteção e preservação deste meio bem como alguns meios para alcançar este objetivo.

Quero deixar registrado os meus mais profundos agradecimentos ao **Prof. Dr. Luiz Roberto Silva Martins** (*in memoriam*), meu Mestre e Professor, o qual me ensinou a gostar das ciências do mar e aprender tudo sobre ela. Agradeço a ele também, pelas inúmeras oportunidades que me deu em participar de inúmeras Operações Oceanográficas, tanto no Brasil como fora dele, e o de coordenar algumas delas. Me incentivou e me apoiou quando recebi convite da Universidade de Concepción, no Chile, onde ministrei, durante 10 anos, a disciplina de Morfologia e Sedimentologia Marinha. Expresso, também, meus agradecimento ao **Prof. Dr. Clóvis Carlos Carraro** (*in memoriam*) que foi quem me apoiou, durante toda minha vida universitária, e me ensinou as trilhas da Topografia e da Morfologia.

Aos Profs. Martins e Carraro meu respeito e gratidão.

O Autor.





A poluição marinha por plásticos

(fonte: <https://pt-static.z-dn.net/files/d79/6bc70f6b8728590c6974945fb289cf06.jpeg>)

I. O OCEANO, TESTEMUNHO DA MUDANÇA

Você se lembra da primeira vez que viu o oceano? Talvez você se tenha perguntado: O que é o oceano? Pode-se dizer que o oceano é uma enorme massa de água salgada, que cobre a maior parte do nosso planeta Terra. Talvez você se lembre das primeiras fotos da Terra tiradas do espaço por William Anders, astronauta da Apollo 8, e que nos mostra a imagem do planeta azul (Fig.1), parecendo ser formado só de água.



Figura 1 – Imagem da Terra vista da Lua e fotografada pelo astronauta William Anders, tripulante da missão Apollo 8, no dia 24 de dezembro de 1968.
(foto: Nasa / Divulgação)

1.1. O oceano na origem da vida

É no oceano, na água líquida salgada, que a vida se desenvolveu durante milhões de anos, sendo essa a maior característica da Terra.

Há pouco menos de 4 bilhões de anos surgiram as primeiras células, que se assemelhavam às cianobactérias. Não se tem registro dos primeiros fósseis dessas células, entretanto nas rochas se observam vestígios de atividade biológica com carbono de origem orgânica. Essas cianobactérias se desenvolveram no oceano, primeiro sem sexualidade, e posteriormente, a cerca de um bilhão de anos, com sexualidade. É uma espécie que se reproduz através do sexo e é muito mais capaz de se adaptar a condições mutáveis do que outras espécies. Essas cianobactérias vão desenvolver a fotossíntese, que através da água líquida, capturam o CO₂, que atualmente nos envenena, e a luz solar

que é fundamental, em troca, produzem oxigênio e açúcares, possibilitando assim o início de todas as cadeias alimentares (Fig.2).

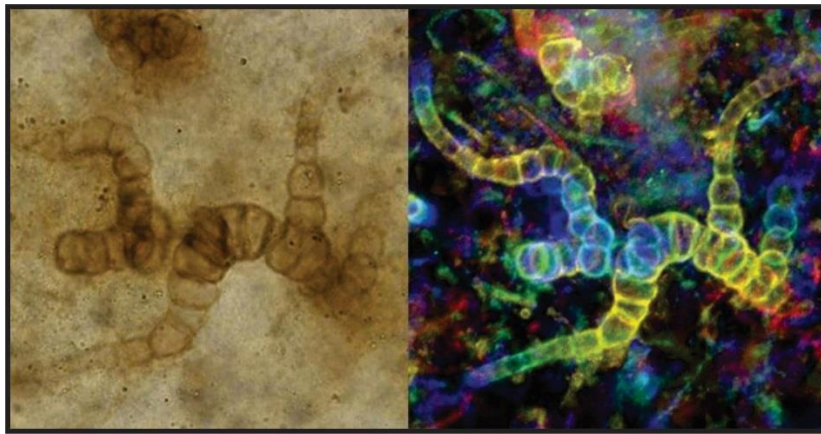


Figura 2 – Fóssil de cianobactérias *Langiella scourfieldii* uma das primeiras bactérias que colonizou a Terra.

(fonte: https://img.europapress.es/fotoweb/fotonoticia_20230911174626_640.jpg)

1.2. Diversidade de vida no oceano atualmente

Observe uma gota de água do mar... O que podemos ver nela? O que sabemos sobre a imensidão do oceano? Talvez se utilizarmos um microscópio poderemos ver uma infinidade de micro-organismos. Para as espécies já descritas, ou seja, fotografadas, desenhadas, catalogadas e sequenciadas, temos atualmente pouco menos de 300 mil espécies, entretanto se sabe que há muitas outras ainda a serem descobertas. Alguns cientistas acreditam que há mais de um milhão de espécies no oceano, mas a atividade humana vem levando algumas à extinção, antes mesmo de termos a chance de conhecê-las e estudá-las.

O reino Protista é um dos reinos dos seres vivos mais importantes no oceano, caracterizado por organismos eucariontes, autótrofos ou heterótrofos e unicelulares ou pluricelulares. Os protistas compreendem os protozoários e as algas, mas existem ainda os mixomicetos, organismos semelhantes aos fungos, mas classificados como protistas. Os protistas, como as microalgas fitoplanctônicas, são responsáveis pela produção de mais da metade do oxigênio da Terra. Não são apenas as florestas tropicais que produzem oxigênio para o planeta. Os protistas como os do fermento, por exemplo, sem o qual não há queijo, nem pão, nem vinho, nem cerveja, representam, portanto, organismos extremamente importantes. Estes protistas representam 98% da biomassa do oceano (Fig.3), enquanto peixes e baleias representam apenas 2%.

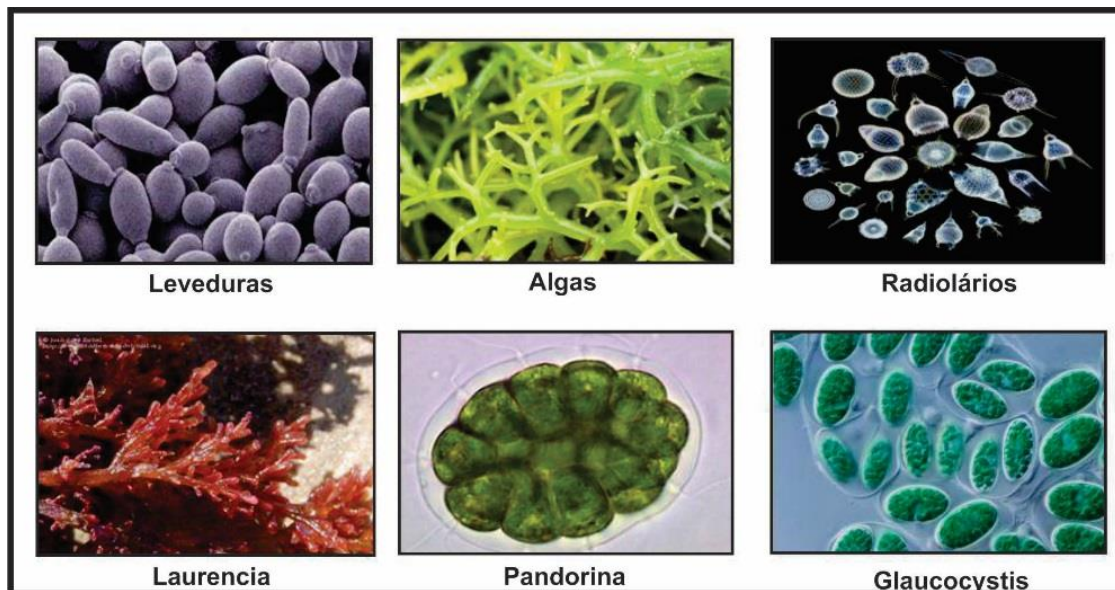


Figura 3 – Exemplos de organismos pertencentes ao Reino Protista.
(modificado: <https://es-static.z-dn.net/files/dba/9b0b318ccd411a85d99aa214d74314d2.jpg>)

1.3. Exploração de seres vivos no oceano

A exploração de seres vivos no oceano é de fundamental importância para a vida humana. Esse processo de exploração vem evoluindo, como todos os sistemas que temos, há algum tempo. O ser humano explora isso através da pesca, a uma taxa de 85 milhões de toneladas por ano, não tendo mudado durante os últimos 30 anos, apesar dos meios, cada vez mais poderosos, de detectar espécies vivas no oceano e depois capturá-las. Esses são também explorados através da aquicultura, que representa hoje cerca de 100 milhões de toneladas por ano, mais do que a pesca convencional. Realmente já nos encontramos adaptados a essas questões de cultivo em água, seja ela doce, salobra ou salgada.

1.4. As principais características do oceano

O oceano apresenta três características essenciais: a primeira está relacionada a sua conectividade; existe apenas um oceano. Quando se coleta água do mar a uma profundidade de 500 m, essa é igual em todos os lugares. Quando se efetua pesquisa oceanográfica no ambiente marinho, não se observa barreiras ou linhas pontilhadas no mapa ou mesmo no ambiente marinho, delimitando o oceano. A segunda característica é a sua salinidade, herdada do fato dos sais se terem dissolvido no oceano no início de sua formação, há pouco menos de 4 bilhões de anos. Por último temos a sua estabilidade ocasionada pelo fato da massa oceânica ser muito grande.

O oceano é, portanto, muito mais estável do que o ambiente terrestre, como um lago, um rio e, mais ainda, a atmosfera. Portanto, estas características devem ser absolutamente levadas em consideração quando se quer trabalhar no oceano.

1.5. Por que preservar o oceano?

A biodiversidade do oceano não é a mesma que a do continente. Observando-se os animais, por exemplo, no oceano tem 12 grupos de animais, 12 filos principais que nunca saíram do oceano e que não se encontram nos continentes. Tem-se ainda grupos que estão adaptados em todos os lugares, como os artrópodes que são os insetos em terra e os crustáceos no oceano, e também os moluscos, que se deram bem como os gastrópodes, tanto no oceano como em terra. Esta é a biodiversidade do oceano e o homem hoje vive disso através da pesca e da aquicultura, mas também pelos modelos que representa para a investigação. Uma dúzia de Prêmios Nobel foram ganhos graças a modelos marinhos aparentemente desinteressantes: as estrelas-do-mar, por exemplo, ou a transmissão de impulsos nervosos do axônio nervoso da lula, que é mil vezes maior em seção, do que um nervo humano. Poder-se-ia falar sobre isso por muito tempo e dizer que é tudo isso o que faz o estudo do oceano importante.

1.6. Oceano e clima

O oceano é o principal regulador do clima. Imagine a reunião da COP28, realizada em Dubai, sem falar do oceano. Não seria possível. Entretanto, para a maioria das pessoas, o oceano é apenas aquela massa de água que nos refresca quando estamos na praia. Esta é a nossa consideração atual do oceano. Estamos a contaminá-lo, a destruir a região costeira, a espalhar lixo por todo o lado, a ocasionar a presença de muitas espécies invasoras, e com tudo isso que estamos ocasionando, o clima está sendo afetado. Nunca devemos esquecer de uma coisa: se o oceano é capaz de regular o clima, as alterações climáticas também podem afetá-lo, mas também se deve levar em consideração que os organismos vivos que desaparecem, em troca, afetam o clima.

Hoje a única solução é aprender a conhecer o oceano, a amá-lo, a protegê-lo, e a mantê-lo conosco. Assim o futuro da humanidade estará sob uma luz muito mais agradável do que podemos imaginar hoje.

II. CIRCULAÇÃO OCEÂNICA, REGULANDO O CLIMA

2.1. Equilíbrio térmico do oceano

Segundo essa ótica, é interessante observar o equilíbrio térmico do oceano, o qual recebe sua energia do Sol. No topo da atmosfera, essa energia não é distribuída uniformemente, devido a que se recebe mais energia no equador e menos energia nos polos. Então a atmosfera, por sua vez, modifica a distribuição dessa energia com processos termodinâmicos e radiativos que lhe são específicas, e na base da atmosfera, o oceano acaba recebendo energia que não é distribuída uniformemente.

Ocorre então um processo de compensação, que é o transporte longitudinal de calor pelo oceano, das regiões com excedente em calor para as regiões com déficit de calor. Este transporte ocorre ao mesmo tempo que o transporte por meio atmosférico, sendo menor que o transporte longitudinal da atmosfera, mas, de certa forma, contribui de forma eficaz, principalmente no seu máximo, que é em torno dos 15° de latitude (Fig.4).

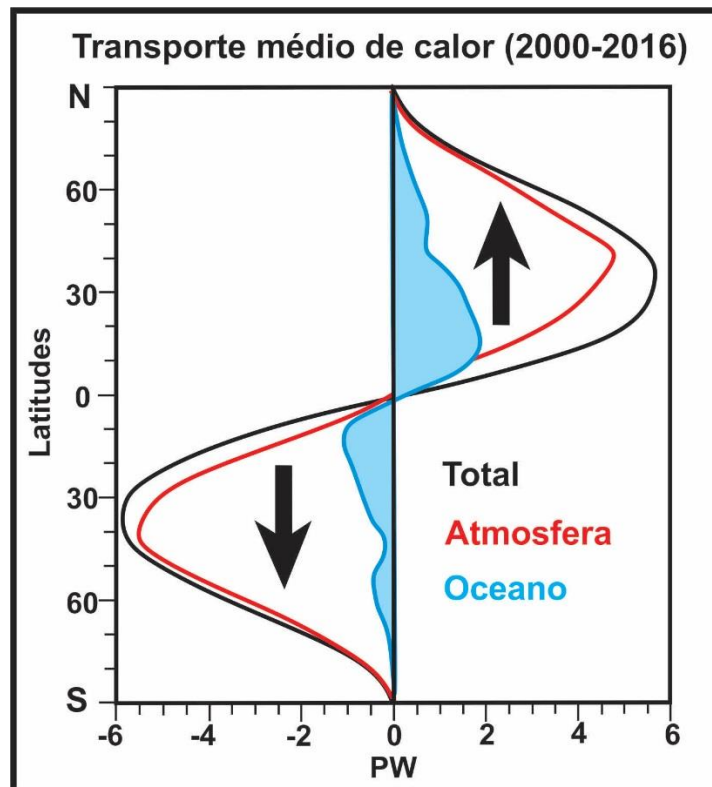


Figura 4 – Transporte longitudinal médio de calor no oceano, para o período 2000-2016.
(modificado: Trenberth et al, 2019)

Se olharmos, por outro lado, para a distribuição do fluxo de calor na superfície do oceano, vamos ver que esta distribuição não é estritamente zonal e se observa, em

particular, contrastes entre as bordas ocidentais do oceano e o resto das bacias, com fortes perdas de calor na borda ocidental do oceano (Fig.5). Essas grandes estruturas são encontradas na circulação oceânica e podem ser reproduzidas usando-se altimetria de satélite. Pode-se ver muito claramente que o oceano atua como um regulador das propriedades da superfície, onde essa circulação oceânica intervirá nas trocas de calor atmosfera-oceano.

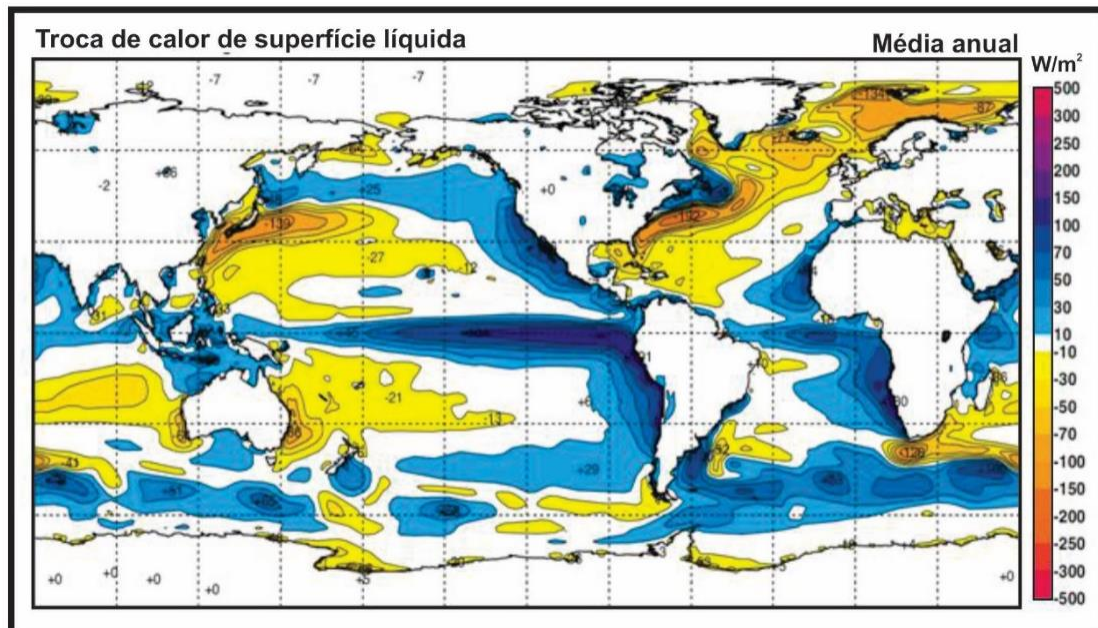


Figura 5 – Fluxo de calor na superfície do oceano.

(modificado: <https://slideplayer.com.br/slide/48036/1/images/33/Fluxo+de+calor+Fluxo+de+calor+latente+Fluxo+de+calor+Sens%C3%ADvel.jpg>)

2.2. Circulação oceânica de retorno

A circulação oceânica poderia, à primeira vista, ser esquematizada por uma noção relativamente simples de correia transportadora.

Esta correia transportadora faz circular a água entre as bacias oceânicas, transportando energia de sul para norte, no oceano Atlântico. Mais importante ainda, transforma as águas superficiais do oceano, relativamente quentes, em águas relativamente frias e mais densas. Isto é o que pode ser visto na figura 6, onde a linha vermelha representa a corrente de águas quentes e a linha azul, a corrente de águas mais frias. Esta transformação ocorre em regiões localizadas em altas latitudes do oceano. Ocorre por meio de um processo denominado convecção oceânica, que após o resfriamento da água, em contato com a atmosfera, transporta essa água e faz com que mergulhe em direção às profundezas do oceano, devido a sua maior densidade obtida a

partir da evaporação. A partir desta mecânica, se pode deduzir que o processo de convecção no oceano é um dos impulsionadores da circulação oceânica. A circulação de mergulho é a circulação que comunica as águas superficiais com as águas de fundo.

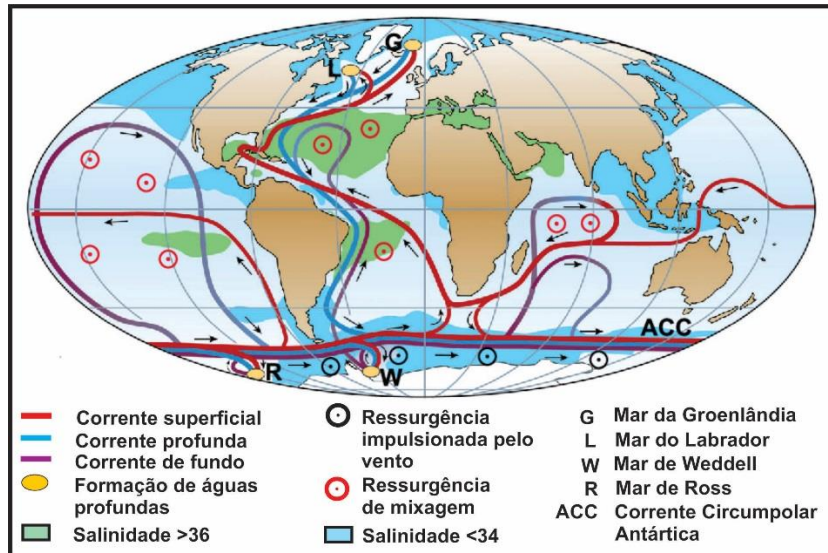


Figura 6 – Representação esquemática da circulação termohalina global. (modificado: Rahmstorf, 2006)

Ao se observar mais de perto, a partir de uma secção longitudinal de sul para norte no oceano Atlântico (Fig.7), observa-se de fato um empilhamento de massas de água que apresentam uma densidade crescente da superfície para o fundo.

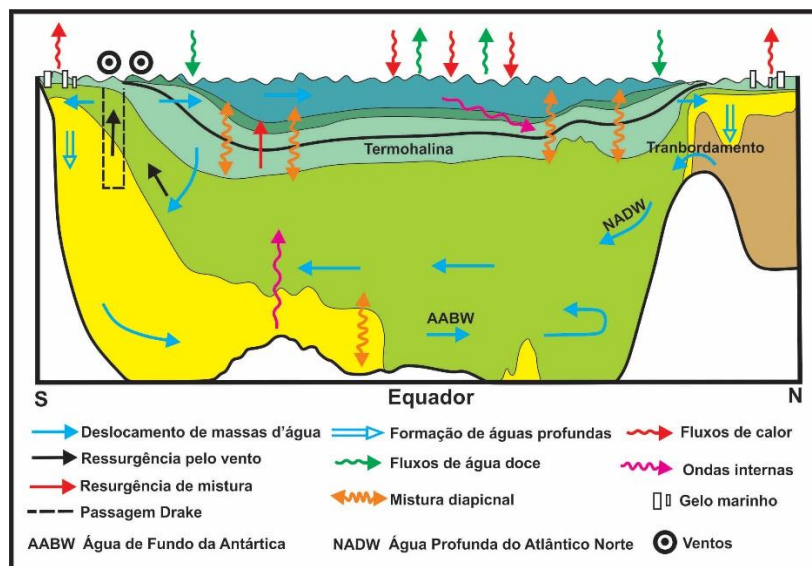


Figura 7 - Vista lateral da circulação no oceano Atlântico, mostrando vários componentes e mecanismos de fluxo. As variações de cores mostram a estratificação de densidade, com águas menos densa em superfície e mais densa em tons de verde claro e amarelo em profundidade. (modificado: Rahmstorf, 2006)

Entretanto este empilhamento, que garante a estratificação do oceano, desaparece nas regiões de altas latitudes, onde se observa a presença de águas densas que são produto da convecção oceânica (Fig.7). É este afloramento que permitirá ventilar as águas do fundo do oceano e também preservar sinais que são recuperados à superfície, pelas interações com a atmosfera, numa circulação profunda e lenta e que constitui, de certa forma, a memória do oceano.

2.3. Circulação oceânica de giros

A visão de uma circulação oceânica, que seria oriunda de uma circulação invertida, é demasiado simplista, especialmente se olharmos para a força do vento no oceano, a qual é uma força mecânica e que quando se tem uma sucessão de ventos alísios, os ventos de oeste ajudam a colocar o oceano em movimento, na forma de grandes circulações. Esses são os grandes movimentos de circulação que circundam as bacias no plano horizontal e que são geralmente fechados a oeste do oceano, por correntes de borda muito poderosas.

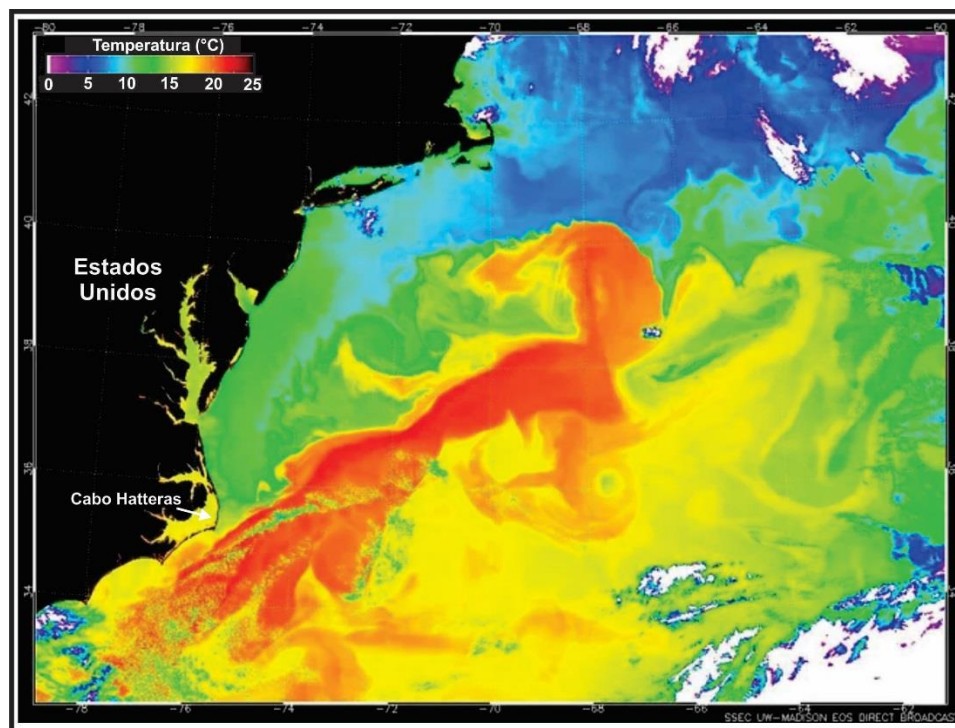


Figura 8 – Imagem de satélite da corrente do Golfo com suas águas quentes (tons vermelho e amarelo), encontrando as águas mais frias (tons de azul e verde) do Atlântico Norte.

(Fonte: <https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/dERDSP8asXB8p8nmWn28EE-1200-80.jpg>. Observatório Terrestre da NASA)

Um exemplo destas poderosas correntes marginais é a da corrente do Golfo (Fig.8). Essa circulação, em forma de giros, é importante devido que as mesmas

transportam grandes quantidades de água. A corrente do Golfo transporta mais de 60 milhões de metros cúbicos de água por segundo, na região do Cabo Hatteras, onde se separa da costa, enquanto a circulação de retorno, não transporta mais de 17 milhões de metros cúbicos por segundo. Observa-se, portanto, a importância dessas correntes, as quais, além disso, mantêm contrastes Leste-Oeste muito acentuados.

A figura 8 ilustra a coexistência de águas frias e águas quentes da corrente do Golfo. Esta coabitação induz frentes que podem ser relativamente instáveis e essa instabilidade é importante devido que a mesma pode gerar vórtices. Os redemoinhos oceânicos são estruturas muito bem identificadas pelas suas propriedades físicas, temperatura, salinidade e velocidade vertical, que fazem com que as camadas se comuniquem entre si, podendo servir de enquadramento para o desenvolvimento específicos de ecossistemas e da biologia.

2.4. Variabilidade da circulação oceânica

Esta circulação giratória é importante devido que a mesma faz parte do estudo da variabilidade oceânica. O oceano não é apenas um ambiente complexo e tridimensional, mas também um ambiente muito variável, com variabilidade que pode se estender por todas as escalas de tempo, desde a escala subdiária até às escalas interanual, decenal e depois centenária.

A circulação giratória contribui para essa variabilidade. Em particular, se consegue, a partir de observações realizadas a 26° de latitude Norte no Atlântico Norte, mostrar que o transporte de volume desta circulação de giro, numa escala interanual, controla fortemente a variabilidade da circulação no oceano Atlântico. Por outro lado, se olharmos para o transporte de calor, associado à circulação meridional do oceano Atlântico, se vê que ele é dominado, não pela circulação giratória, mas pela circulação invertida, uma vez que esta última controla um diferencial de calor entre as águas superficiais e as águas de fundo, o que permite muito transporte longitudinal significativo de calor.

O oceano possui uma variabilidade intrínseca, que também retroalimenta a troca de gases dissolvidos com a atmosfera. Na figura 9, se tem o mapa da captura antrópica de carbono, para o período 1994-2007, pelo oceano a uma profundidade de 1.000 m.

Este é o efeito da bomba física de carbono, o qual corresponde ao processo natural através do qual o dióxido de carbono atmosférico é transportado para o oceano profundo

como resultado da subsidência de massas d'água, principalmente em regiões de altas latitudes.

A transferência de dióxido de carbono atmosférico para o oceano ocorre através da interface oceano-atmosfera, a partir do processo de difusão, como proposto pela Lei de Henry, onde a pressão parcial do dióxido de carbono na água do mar tende a se equilibrar com a pressão parcial desse mesmo gás na atmosfera, logo acima da superfície da água. Sendo assim, quanto maior for a quantidade de dióxido de carbono presente na atmosfera, maior será a concentração desse gás na superfície do oceano. Além disso, a solubilidade do dióxido de carbono na água aumenta conforme a temperatura é reduzida, de forma que em regiões polares, a solubilidade do dióxido de carbono na água do mar pode ser até duas vezes maior do que na região equatorial e nos trópicos, onde a temperatura da água é mais elevada.

Uma vez presente na água do mar, o dióxido de carbono pode ser assimilado por organismos fotossintetizantes, sendo assim convertido para a forma de carbono orgânico ou permanecer dissolvido na coluna de água. O dióxido de carbono (CO_2) dissolvido reage com a água formando ácido carbônico (H_2CO_3), íon bicarbonato (HCO_3^-) e íon carbonato (CO_3^{2-}), assumindo a forma de carbono inorgânico dissolvido (CID).

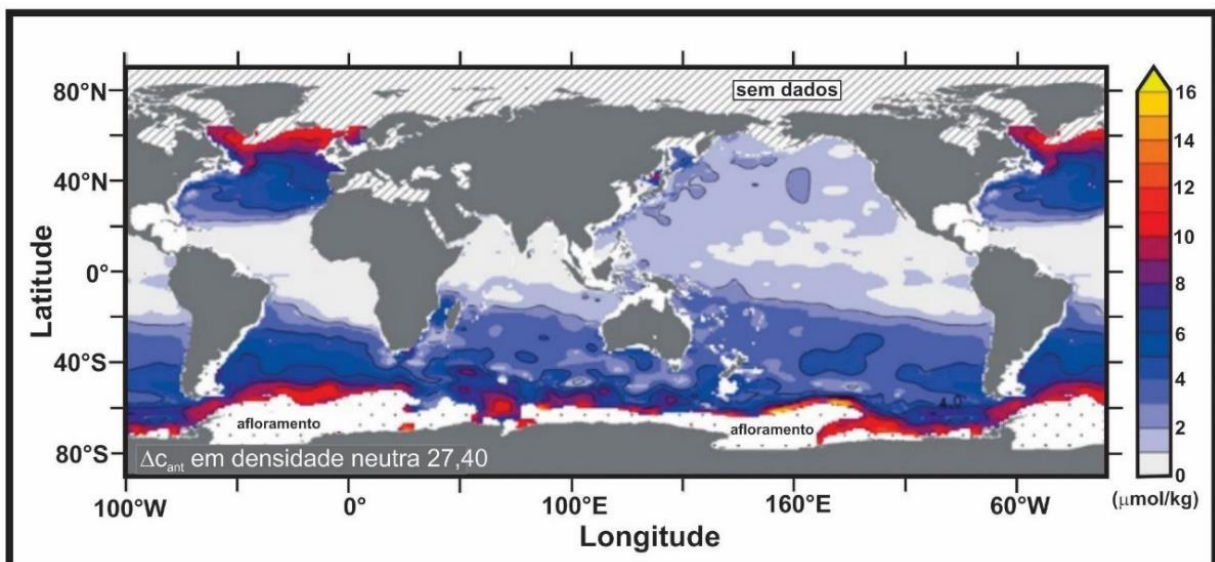


Figura 9 - Distribuição da mudança no CO_2 antropogênico (ΔC_{ant}), entre 1994 e 2007 em uma superfície neutra a 1.000 m de profundidade. No Hemisfério Sul e nos oceanos Índico e Pacífico, esta superfície neutra representa a Água Intermediária Antártica, enquanto no oceano Atlântico Norte representa a Água Intermediária formada no Norte. As áreas pontilhadas em direção ao polo sul, área de maior concentração de ΔC_{ant} , indicam as áreas de afloramento dessas superfícies neutras. As áreas hachuradas indicam regiões onde nenhuma estimativa de ΔC_{ant} , foi possível devido a limitações de dados.

(modificado: Gruber et al, 2019)

Observa-se no mapa da figura 9, que essa captura é tanto melhor quanto mais próximos estivermos das zonas de mistura vertical e circulação do oceano profundo, na borda das zonas convectivas de altas latitudes.

Além da sua variabilidade intrínseca, o oceano também desenvolve variabilidade através de *feedbacks* na atmosfera. Estes *feedbacks* oceano-atmosfera podem, possivelmente, levar a fenômenos de acoplamento, cujo melhor exemplo é o do *El Niño* – Oscilação Sul (ENSO), que tem como manifestação oceânica o conhecido fenômeno *El Niño*. (Fig.10).

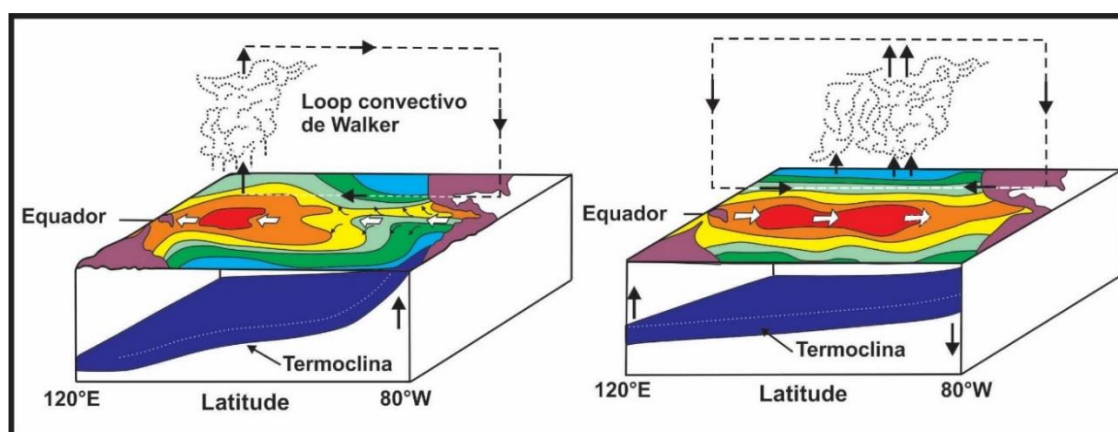


Figura 10 – Retroação oceano-atmosfera – ENSO – *El Niño*.
(modificado: <https://www.pmel.noaa.gov>)

Este é um fenômeno ligado à subida das águas frias na costa do Peru, o qual é um fenômeno de acoplamento intrínseco entre um ciclo convectivo atmosférico e os ventos alísios que estão na origem da ressurgência de águas frias na costa do Peru.

El Niño é um fenômeno pseudoperiódico que ocorre a cada 2 a 7 anos. Na verdade, funciona como um oscilador atrasado, ou seja, um oscilador no qual ocorre um ciclo de *feedback* positivo da temperatura da superfície do oceano, sobre os ventos alísios. O impacto do *El Niño* é bem conhecido, pois envolve o controle do desenvolvimento da biomassa e dos recursos pesqueiros na costa do Peru, os quais estão ligados a esta ressurgência de água fria, e ocasionam impactos, em grande escala, no clima de todo o planeta.

2.5. Pontos de interrupção na circulação oceânica

Além da variabilidade em si, pode-se também mencionar que o oceano tem a capacidade de trazer à tona pontos de ruptura, ou o que chamamos de “pontos de

inflexão”, os quais são rupturas brutais na evolução do sistema. Um bom exemplo destes pontos de ruptura é dado, em particular, pelo exame de informações do passado geológico, que mostram que provavelmente se teve, durante os períodos glaciais, interrupções na circulação longitudinal de retorno ou deslocamentos dos centros convectivos, e isto em ligação com fluxos maciços de água doce para o oceano, ligados em particular a grandes rupturas de icebergs. Sabe-se que existe uma propensão desta circulação de retorno, de se tornar instável e parar de circular.

Dima & Lohmann (2010) encontraram um enfraquecimento da Circulação Meridional do Atlântico (AMOC), desde o final da década de 1930. Rahmstorf *et al.* (2015), sugeriram que o padrão de frio observado durante anos de registros de temperatura, é um sinal de que a AMOC, pode estar enfraquecendo, mostrando uma desaceleração excepcional no século passado, e que o derretimento da Groenlândia é um possível contribuinte para a desaceleração da AMOC desde a década de 1970, sem precedentes no último milênio.

O aquecimento global pode, através do desligamento da circulação termohalina, desencadear o resfriamento no Atlântico Norte, Europa e América do Norte. Isso afetaria particularmente áreas como as ilhas Britânicas, França e os países nórdicos, que são aquecidos pela deriva do Atlântico Norte. As principais consequências, além do resfriamento regional, também podem incluir um aumento de grandes inundações e tempestades, colapso dos estoques de plâncton, mudanças de aquecimento ou chuva em regiões tropicais, Alasca e a Antártica, eventos mais frequentes e intensos do El Niño devido a paralisações das correntes Kuroshio, Leeuwin e da Austrália Oriental que estão conectadas à mesma circulação termohalina que a corrente do Golfo, ou a um evento anóxico oceânico - oxigênio (O₂) abaixo dos níveis da superfície dos oceanos estagnados, ficando completamente esgotado - uma causa provável de eventos de extinção em massa anteriores.

2.6. Qual o futuro da circulação oceânica?

Se olharmos para o futuro, sabemos que o atual aquecimento atmosférico, aliado ao fato das calotas polares estarem a derreter, em particular a aceleração da fusão da calota polar que está em curso na Groenlândia, tem uma tendência a tornar as águas superficiais do oceano mais leve. A água doce e a água quente são mais leves ou de menor densidade, então isso provavelmente se oporá à convecção das massas de água nas altas latitudes. Pode-se, portanto, esperar que haja uma desaceleração da circulação

de retorno nas próximas décadas. Isto é o que nos mostram os cenários do modelo climático (Fig.11).

Com efeito, se olharmos para a evolução desta circulação termohalina em função do aquecimento atmosférico e do degelo da Groenlândia, numa escala progressiva, vemos uma diminuição da intensidade da circulação e uma reversão, à medida que o aquecimento aumenta. Vemos também que esta redução é tanto mais brutal quanto maior o aquecimento, e o derretimento do gelo da Groenlândia, também é maior.

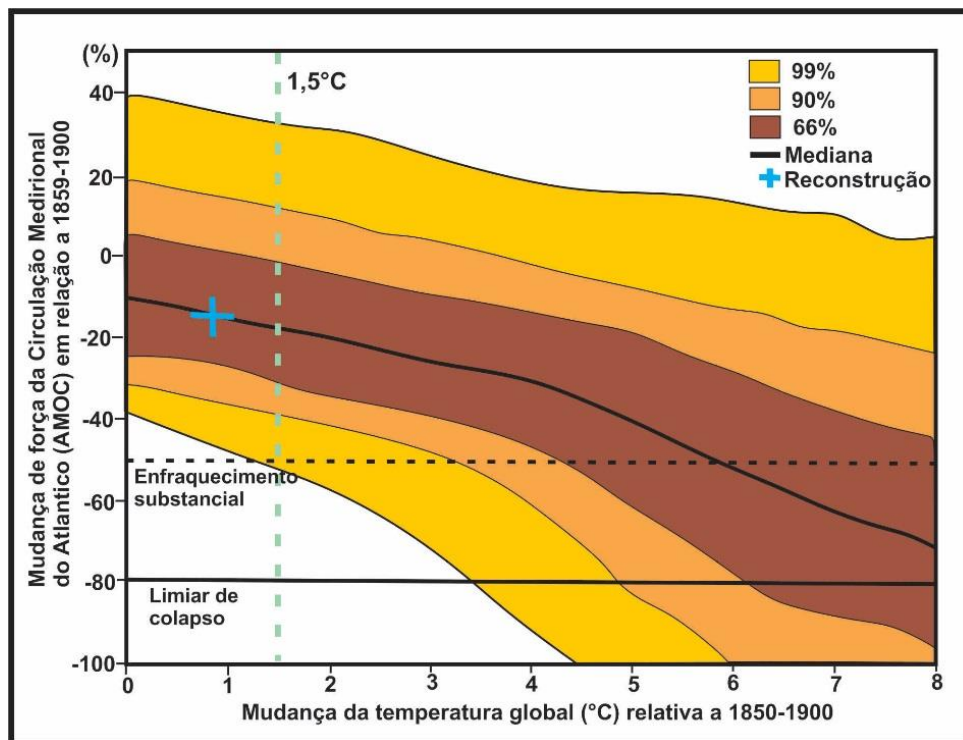


Figura 11 – Ponto de ruptura e desaceleração da Circulação Meridional do Atlântico (AMOC).
(modificado: Brown et al. 2001)

2.7. Bomba biológica de carbono no oceano

A bomba biológica de carbono no oceano, se refere ao processo através do qual o carbono liberado, por atividades naturais e antropogênicas, na atmosfera terrestre, é incorporado e armazenado no oceano profundo, por meio de processos biológicos como a fotossíntese, respiração, alimentação, decomposição e precipitação biogênica de carbonatos.

O oceano global armazena aproximadamente 50 vezes mais carbono que a atmosfera. A produção biológica marinha possui um papel muito importante no sequestro de carbono atmosférico, o que por sua vez é um importante mecanismo regulador do clima no planeta.

A bomba biológica de carbono cria um fluxo de matéria orgânica desde a superfície até o interior do oceano, que reduz a pressão parcial de dióxido de carbono na superfície e, conseqüentemente, a quantidade desse gás na atmosfera, permitindo que o mesmo seja absorvido e armazenado nas bacias oceânicas do planeta. É um mecanismo biológico que leva ao armazenamento de carbono no oceano. Denomina-se de bomba biológica porque ajuda a explicar cerca de 90% do gradiente vertical de CO₂ no oceano, ou seja, o fato de haver mais CO₂ presente no fundo do oceano do que perto de sua superfície. Os outros 10% deste gradiente são explicados por outro mecanismo que se baseia em processos físico-químicos, denominado bomba de solubilidade e que se baseia na maior capacidade da água fria em conter CO₂.

2.7.1 Funcionamento da bomba biológica de carbono

O funcionamento desta bomba de carbono se baseia em três etapas: O motor essencial da bomba é a fotossíntese. A fotossíntese necessita de luz, e é devido a isso que essa ocorre na camada superficial iluminada do oceano, chamada camada eufótica, que corresponde, normalmente, aos primeiros 150 m do oceano. Nestes primeiros 150 m, serão as microalgas e o fitoplâncton que farão a fotossíntese. Através deste processo de fotossíntese, haverá uma conversão de carbono, CO₂ e outros nutrientes, como nitrogênio, fósforo e ferro, em matéria orgânica. Este é o primeiro passo e é realmente o motor da bomba.

O segundo passo é que todo esse material, originado no primeiro passo, saia da camada eufótica. Tradicionalmente, a visão que temos desse fluxo que sai da camada eufótica é através da gravitação, da formação de agregados que desse caminho orgânico vai fluir. Mas recentemente, foram destacados outros mecanismos de injeção que estão ilustrados na figura 12. Vejamos dois desses mecanismos: o primeiro é um mecanismo físico baseado no transporte, através de fortes correntes oceânicas verticais descendentes, que estão ligadas à chamada turbulência oceânica de submesoescala. Portanto, essas fortes correntes verticais levarão matéria orgânica da superfície para o fundo oceânico. Estas possuem escalas espaciais da ordem de 10 km. O segundo mecanismo, que é um mecanismo biológico, se baseia na migração vertical de organismos denominados pastadores, que se refugiarão, durante o dia, em locais profundos onde não haja luz, para escaparem de seus predadores.

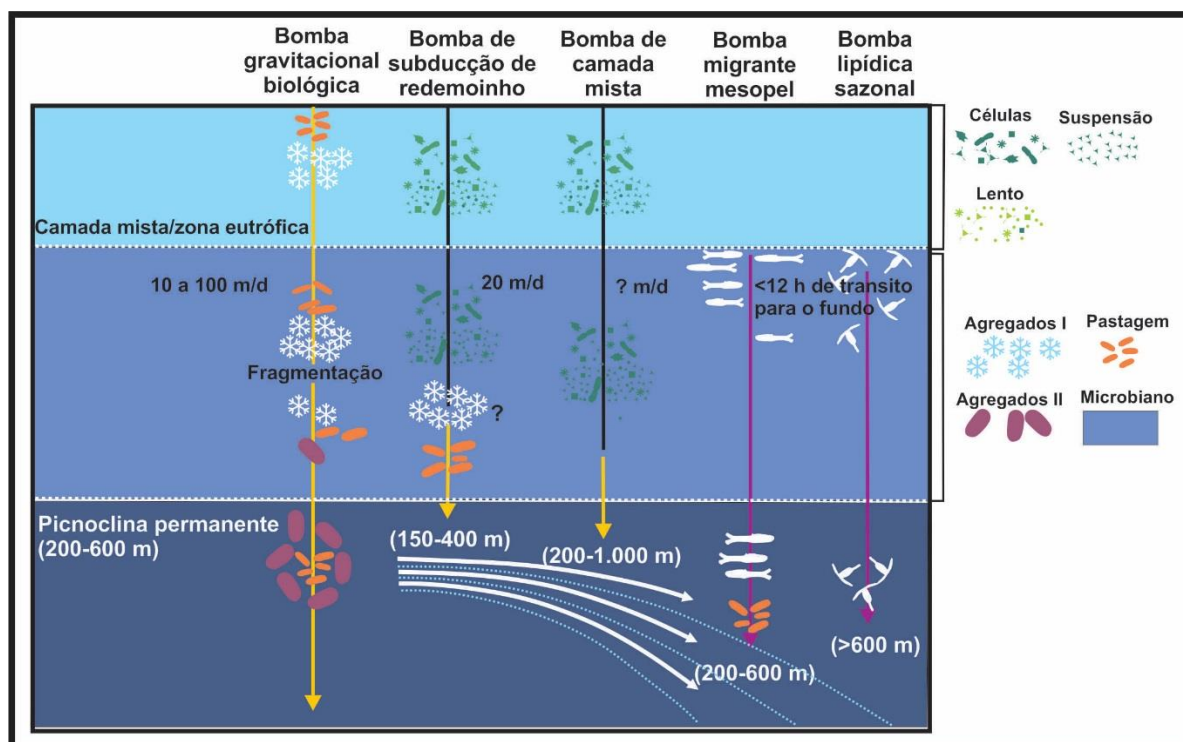


Figura 12 – Interação entre características das partículas, modo de exportação, profundidade de entrega e circulação oceânica em maior escala para uma variedade de bomba. No painel superior, a caixa (canto superior direito) representa tipos de partículas de camadas mistas, que formam grandes partículas que afundam, como pellets fecais, neve marinha ou são injetadas em profundidade. A seta amarela vertical significa a Bomba Gravitacional Biológica (BGP); a linha preta é a Bomba de Injeção de Partículas (PIPs) mediados fisicamente; e a linha roxa PIPs biologicamente mediadas. As taxas de entrega de partículas aos estratos subterrâneos são apresentadas para cada bomba. A irregularidade na distribuição de animais que migram verticalmente (canto superior direito) desempenha um papel na condução da entrega de partículas tridimensionais à profundidade e é denotada por diferentes estoques de peixes ou copépodes na parte superior do oceano. A caixa (central à direita) apresenta diferentes transformações de partículas centrais para o BGP, mas cujo papel ainda não é conhecido para os PIPs. Eles incluem solubilização microbiana, agregação (neve marinha indicada pela agregação I; agregados heterogêneos com dominação fecal (Agregação II) e/ou desagregação para formar/quebrar partículas heterogêneas (símbolos vermelho escuro). No painel inferior, as profundidades entre parênteses são as profundidades de entrega relatadas, com o BGP (e alguns PIPs) exportando algumas partículas para o fundo do mar. Setas curvas brancas representam o transporte de material subterrâneo ao longo de isópicos inclinados para baixo (linhas tracejadas azuis). (modificado: Boyd et al. 2019)

Finalmente, uma vez que a matéria orgânica tenha saído da camada superficial e chegado à profundidade, ela sofrerá uma infinidade de transformações e haverá uma atenuação progressiva do fluxo. Em primeiro lugar, servirá de alimento para os organismos vivos que se desenvolvem na camada mesopelágica, e depois será remineralizada pelas bactérias à medida que submergem em CO_2 e em sais nutrientes. Isso tudo faz parte de um ciclo biogeoquímico natural, isto é, esse CO_2 e esses nutrientes, uma vez remineralizados, serão trazidos à superfície pela circulação oceânica, o que reabastecerá a fotossíntese.

2.7.2. Eficiência da bomba biológica de carbono

A bomba biológica é um processo que existe em toda a superfície do oceano, mas a sua eficácia varia muito regionalmente. A figura 13, mostra a intensidade da fotossíntese na superfície do oceano, se pode ver regiões onde a fotossíntese é muito intensa, particularmente nas latitudes temperadas, e outras regiões, ao contrário, mostram áreas que são desertos oceânicos e se localizam, principalmente, nas latitudes tropicais. A intensidade da fotossíntese, que é, portanto, o principal motor da bomba biológica, depende de múltiplos fatores, tais como, a temperatura, a luminosidade ou a disponibilidade de sais nutrientes, o que explica esta distribuição tão variável no oceano.

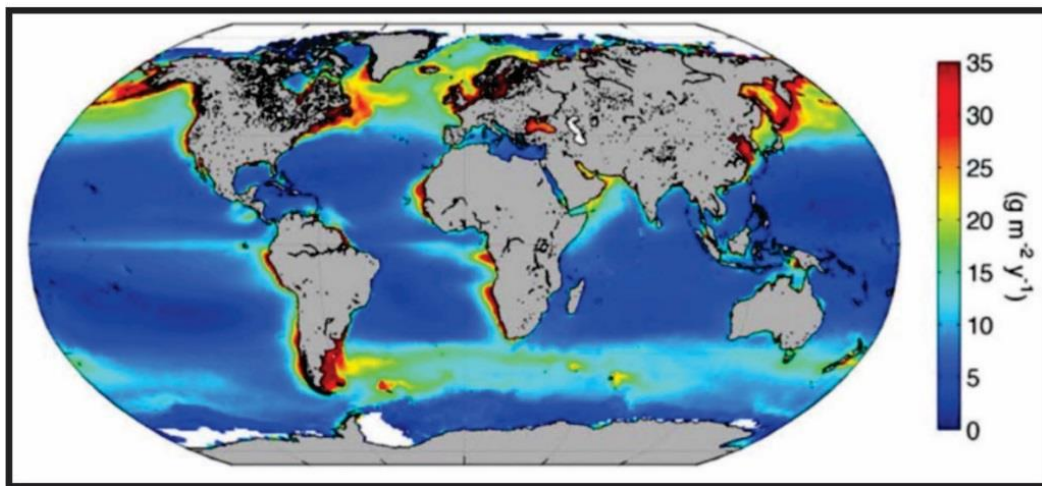


Figura 13 – Mapa da distribuição da intensidade da fotossíntese na superfície do oceano.

(fonte: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRfijjU4A_mLJ5b848JSFNIP1psBYAhJfGdmtg_dxWDy6-l-EZpanU_e1943oyNEAaCYo4&usqp=CAU)

Outro fator que controla essa eficiência é o tipo de fitoplâncton que realiza a fotossíntese. O fitoplâncton é um importante produtor primário em ecossistemas aquáticos, representando a base da cadeia alimentar. Ao realizar a fotossíntese, o fitoplâncton converte material inorgânico em orgânico e oxigena a água. Além disso, também serve de alimento para o zooplâncton e alguns peixes.

Erroneamente se considera a Amazônia como o pulmão do mundo, entretanto na verdade, o fitoplâncton marinho é o verdadeiro pulmão do mundo, pois libera para a atmosfera grande quantidade de oxigênio. O fitoplâncton produz mais de 50% de todo o oxigênio da Terra e absorve até 30% do dióxido de carbono emitido pelo homem. Essa função do fitoplâncton é de extrema importância para a biosfera e fundamental para a sobrevivência dos seres vivos.

Um outro processo é a forma do perfil de atenuação, que é um perfil exponencial que vai decrescendo ao longo dos 3.000 m de profundidade do oceano, de forma diferente de uma bacia oceânica para outra.

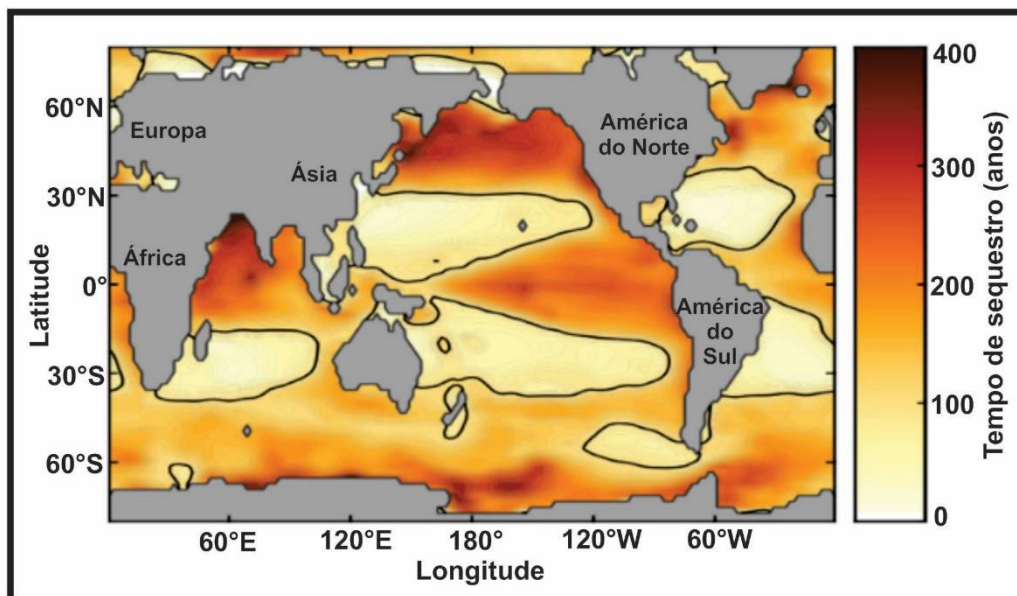


Figura 14 – Destino da matéria orgânica exportada restringida em modelos de traçadores de remineralização geoquímica. Tempo de sequestro do carbono exportado. O padrão espacial reflete tanto a variabilidade na atenuação do fluxo de partículas quanto os padrões de circulação em grande escala. As finas linhas pretas separam regiões de sequestro de carbono eficiente (>100 anos) e ineficiente (<100 anos). (modificado: Boyd et al., 2019)

Outro fator que irá controlar a eficácia diz respeito às escalas de tempo físico do sequestro. Estas escalas de tempo de sequestro estão ligadas à circulação oceânica e também variam de um local para outro no oceano. A figura 14 mostra os tempos de sequestro que variam de cem anos a várias centenas de anos, dependendo da região do oceano. Quanto mais escuro for a escala de cor, maiores serão os tempos de sequestro.

2.7.3. Medição da bomba biológica de carbono

Como se mede esta bomba biológica? Tradicionalmente, se implantam armadilhas de sedimentos no oceano, as quais são grandes cones com aproximadamente 1 m de largura, e que serão posicionadas em um ponto fixo no oceano, ou ficarão à deriva, e que permitirão medir o fluxo gravitacional (Fig.15). Recentemente foram implementados métodos de observação mais completos e tridimensionais, que permitem o acesso aos diferentes modos de injeção vertical. Tem-se, por exemplo, os flutuadores biogeoquímicos à deriva ou os planadores que são robôs autônomos controlados remotamente. Estas

observações in situ são complementadas por observações de satélite e por modelos digitais que permitirão extrapolar estas observações no espaço e no tempo.

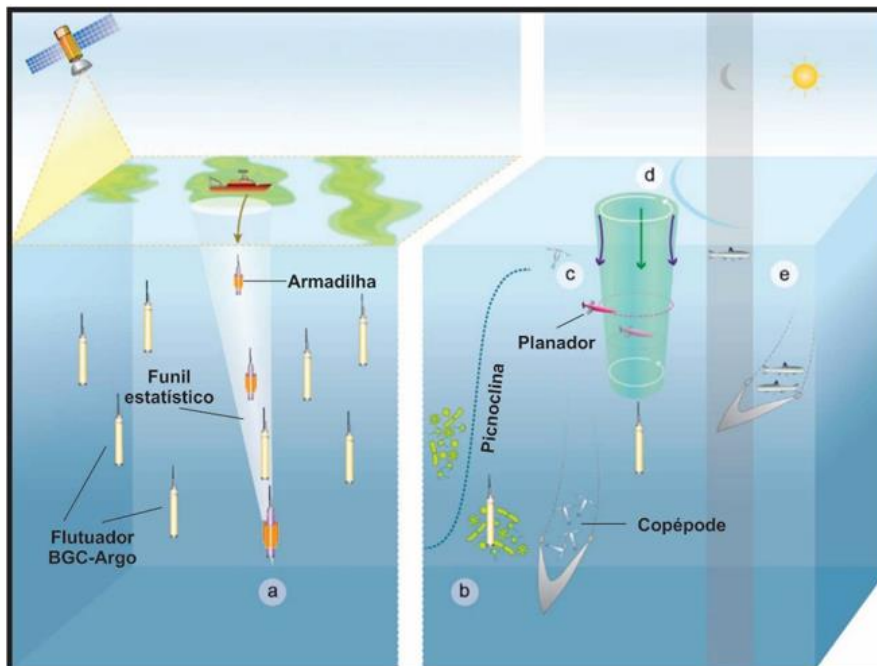


Figura 15 - Abordagens utilizadas para investigar a exportação descendente de partículas, da Bomba Gravitacional Biológica (BGP) para a Bomba de Injeção de Partículas (PIPs). a) armadilha de flutuação neutra, b) bomba de camada mista, c) bomba lipídica sazonal, d) bomba de subdução parasita com planadores, e) bomba migrante mesopelágica. (modificado: Boyd et al., 2019)

Por fim temos a ligação entre esse processo natural, que é a bomba biológica, e o armazenamento pelo oceano do carbono e do CO₂ emitido pelas atividades humanas, desde o início da era industrial. O oceano armazenou cerca de 25% deste carbono emitido pelas atividades humanas, mas esse armazenamento é explicado principalmente por processos físico-químicos, sem a necessidade de invocar a bomba biológica. Por outro lado, as alterações climáticas estão a alterar o funcionamento da bomba biológica e, como resultado, esperamos que o armazenamento de carbono antropogênico pelo oceano, seja menos eficaz.

2.8. Sistema da corrente de Humboldt: um Eldorado efêmero

O sistema da corrente de Humboldt, localizado no leste do oceano Pacífico ao longo das costas do Peru e do Chile, é o ecossistema marinho de todos os extremos e paradoxos (Fig.16). Juntamente com as correntes da Califórnia, das ilhas Canárias e de Bengala, é de fato um dos quatro maiores sistemas de ressurgência do planeta. No total, estes quatro sistemas produzem quase 20% das capturas mundiais de peixe.

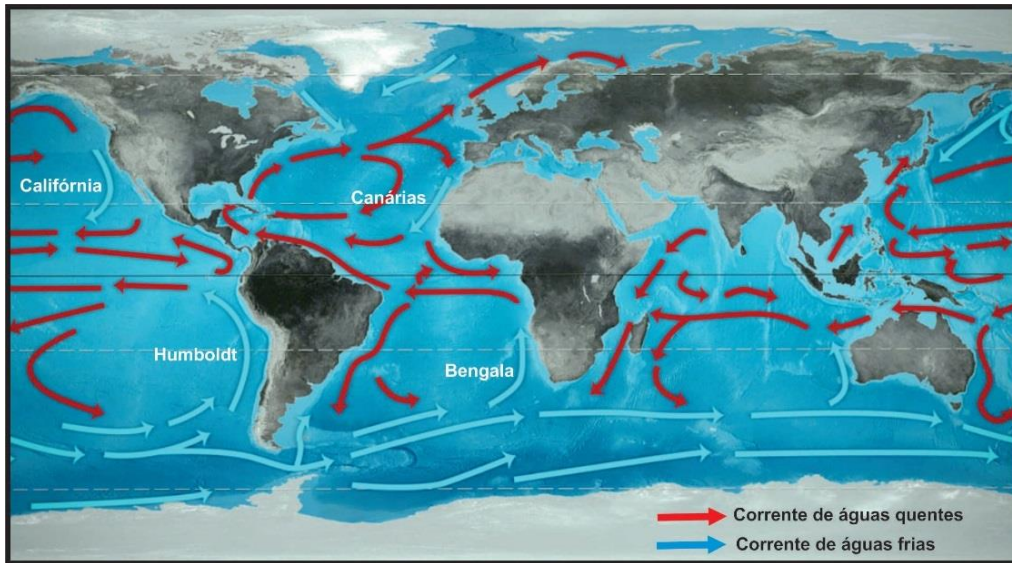


Figura 16 – Principais correntes oceânicas.

(modificado: <https://www.mozaweb.com/pt/mozaik3D/FOL/termeszet/tengeraramlatok/960.jpg>)

2.8.1. Variabilidade

O sistema da corrente de Humboldt é a zona oceânica global com as mais fortes flutuações climáticas. Isso pode ser visto na figura 17, que representa a variabilidade interanual da temperatura da superfície. Esta região é, de fato, diretamente afetada por eventos do *El Niño* e *La Niña* que ocasionam perturbações no regime de ventos, chuvas ou correntes, durante vários meses e, conseqüentemente, na produtividade dos peixes. Essas perturbações causaram o desaparecimento de certas civilizações pré-colombianas. Mais recentemente tiveram um impacto severo na atividade piscatória em determinados anos.

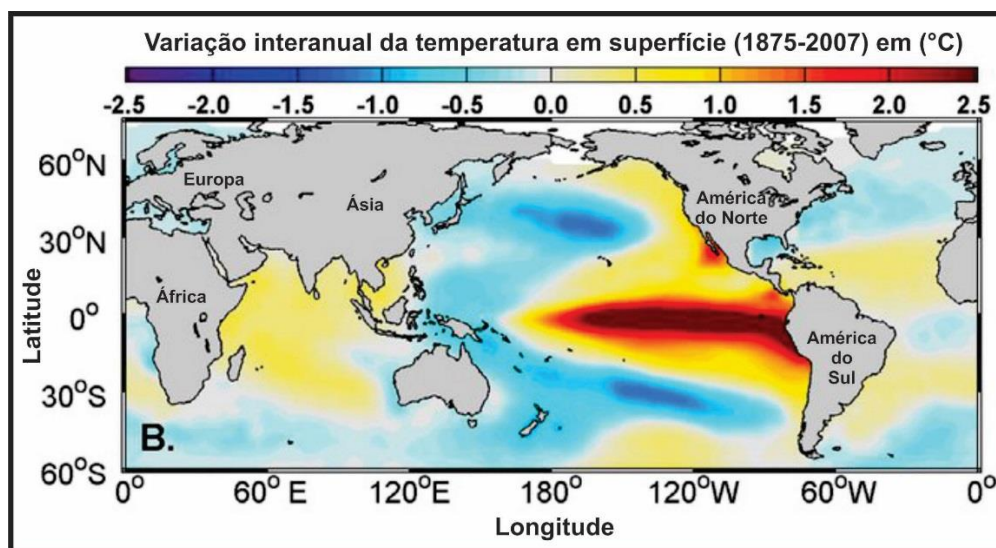


Figura 17 – Variação interanual da temperatura em superfície (1875-2007).

(modificado: Chavez, et al. 2008)

2.8.2. Produtividade

Embora neste sistema a normalidade seja a variabilidade, nos últimos anos o Humboldt tem sido o campeão mundial em produtividade pesqueira. Na verdade, embora represente apenas 0,1% da superfície do oceano, em certos anos, mais de 10% das capturas mundiais de peixe são aí capturadas. Como pode ser visto na figura 18, em comparação com outros sistemas de ressurgência, Humboldt tem uma produção primária média, no entanto, produz dez vezes mais peixes.

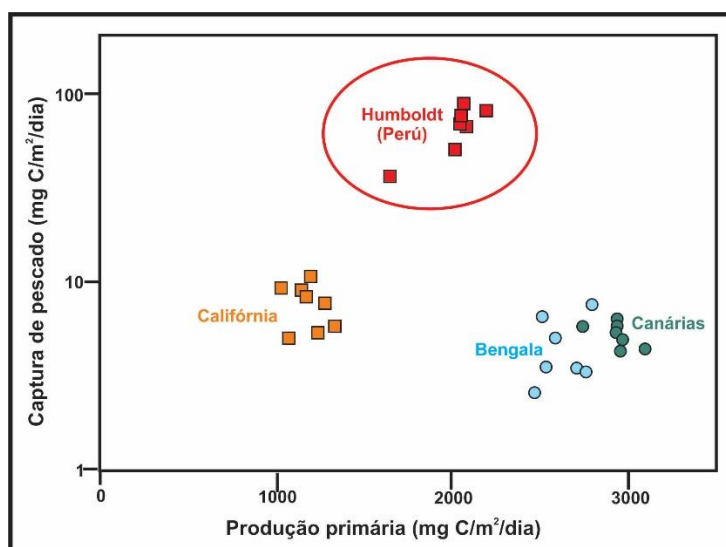


Figura 18 – Captura de peixe versus produtividade primária para os quatro principais ecossistemas de ressurgência costeira da fronteira oriental para os anos 1998–2005.

(modificado: Chavez, et al., 2008)

No Peru, o predomínio é do peixe rei e da anchova. Cerca de cinco milhões de toneladas de anchovas são pescadas todos os anos, mas estas capturas não se destinam ao consumo humano direto. Estas anchovas são quase inteiramente transformadas em farinha de peixe, a qual é exportada para todo o mundo, para alimentar salmões, galinhas ou porcos.

2.8.3. Operação geral

Nos sistemas de ressurgência, em geral, e no Peru em particular, são os ventos que sopram paralelamente à costa que provocam a ressurgência de águas profundas ricas em sais nutrientes. Ao chegarem na camada superficial, esses sais nutrientes permitem o desenvolvimento de grande quantidade de fitoplâncton, os quais alimentam enormes populações de zooplâncton, que são então consumidos pelos peixes, principalmente pelas

anchovas. Estes últimos servem de alimento para muitos predadores, principalmente pássaros e leões marinhos, mas também para pescadores.

2.8.4. Especificidade do sistema atual de Humboldt

O sistema da corrente de Humboldt contém uma das zonas mínimas de oxigênio mais intensas e superficiais do mundo. Na verdade, se a camada superficial for oxigenada, a camada de água entre alguns metros e mais de 600 m de profundidade, praticamente não contém oxigênio (Fig.19).

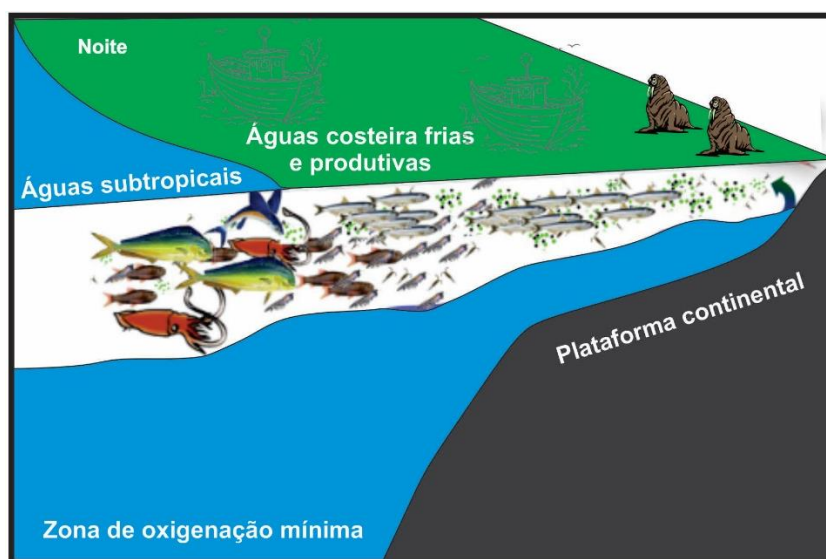


Figura 19 – Zona de oxidação mínima e altamente produtiva.

Porém, durante o dia, muitos organismos conseguem ali se refugiar para escapar aos predadores, embora alguns, como a lula gigante de Humboldt, consigam caçar as suas presas nesta zona anóxica. À noite, todos esses organismos vêm à superfície para se oxigenarem. Enormes biomassas de plâncton, peixes e outros organismos são então concentrados numa camada muito fina, o que facilita as interações tróficas (Fig.19). A presença da zona mínima de oxigênio é, portanto, um dos fatores que explica a atual produtividade excepcional do Humboldt.

2.8.5. Arquivos do passado

A ausência de oxigênio no fundo oceânico preserva organismos mortos que se acumulam durante a sedimentação. Ao extrair testemunhos de sedimentos, pode-se reconstruir as condições climáticas e de produtividade passadas ao longo de milhares, ou

mesmo centenas de milhares de anos. Na verdade, são encontradas ali escamas ou vértebras de peixe, mas também podem ser extraídas informações sobre temperatura passada, conteúdo de oxigênio ou produtividade. Os resultados destes estudos paleoecológicos são edificantes. Aprende-se assim que a extraordinária produtividade pesqueira deste ecossistema é uma anomalia, comparada com dezenas de milhares de anos atrás.

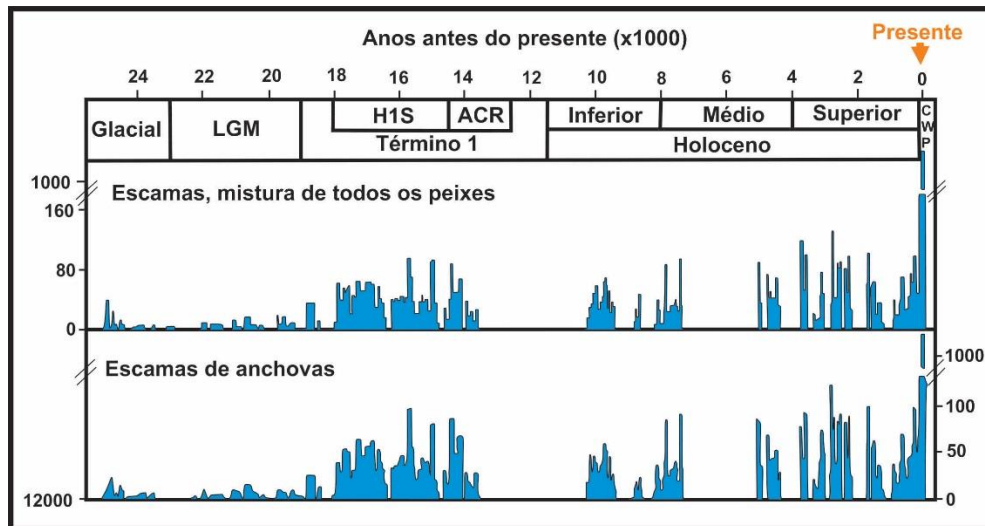


Figura 20 – Gráfico mostrando a presença do número de escamas, nos sedimentos de fundo da região do Peru em relação aos últimos 24.000 anos AC.
(modificado: Salvatenci et al.,2019)

Assim, se observa que este sistema nunca foi tão produtivo em peixes como a partir do início do século XX. Na figura 20, pode ser visto a quantidade de escamas de todos os peixes combinados e anchovas nos últimos 25.000 anos. Vê-se que o sistema da corrente de Humboldt produz atualmente, pelo menos, dez vezes mais peixe do que no passado.

A atividade pesqueira industrial se desenvolveu na década de 1950, durante um dos períodos muito excepcionais da história da corrente de Humboldt.

III. OCEANO E CLIMA

3.1. Características gerais do oceano

O oceano recobre dois terços do planeta Terra e forma uma fina película de água, e o fato de ser constituído de água é de grande importante porque possui uma propriedade física particular. O oceano apresenta uma enorme capacidade térmica, mil vezes maior

que a da atmosfera, sendo capaz de absorver grandes quantidades de calor. A presença de água na atmosfera se deve, principalmente, ao oceano. A água evaporada do oceano, ocasiona uma troca de calor que se dá através do calor latente de evaporação. A água também tem um enorme poder de dissolução. Esta dissolve todos os sais presentes no oceano, mas dissolve também, os gases como o CO₂ e o oxigênio, o que ocasiona um impacto significativo na vida marinha (Fig.21).

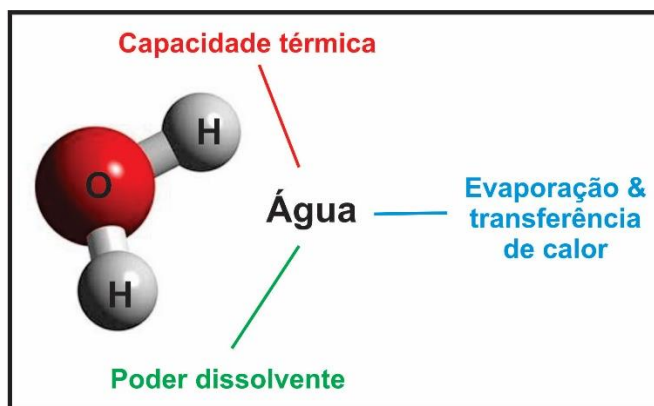


Figura 21 – Características da água do mar.

3.2. Oceano e clima

As características do nosso sistema climático dependem, em muitos aspectos, da presença do oceano no planeta Terra. Ao se falar do sistema climático e das suas alterações, se pensa no aumento dos GEE e no aumento da temperatura na atmosfera. As alterações climáticas são causadas por um aumento dos GEE na atmosfera induzidos pelas atividades humanas, e o aumento destes gases faz com que o sistema climático retenha mais energia dentro do próprio sistema, o que aumenta a temperatura da atmosfera e, portanto, induz ao aquecimento global. Mas será a temperatura atmosférica, toda a responsável deste aquecimento global? Se estamos a falar de alterações climáticas, temos realmente que levar em conta a quantidade de energia e as alterações no sistema climático e medi-las, podendo-se fazer isso a partir de observações de diferentes subsistemas climáticos.

Durante várias décadas, se pode ver onde essa energia foi parar. Se olharmos o gráfico da figura 22, que mostram os resultados dessas observações, se nota que a atmosfera absorveu uma parte muito pequena dessa energia, 1%. Para derreter o gelo, apenas 4% dessa energia foi absorvida, enquanto nos continentes, 6% dessa energia se dissipou e praticamente todo o restante da energia, 89%, foi para o oceano. Quando se

pensa na mudança de energia em forma de aquecimento, é principalmente o oceano que está a aquecer. Quais são as consequências deste aumento do calor no oceano?

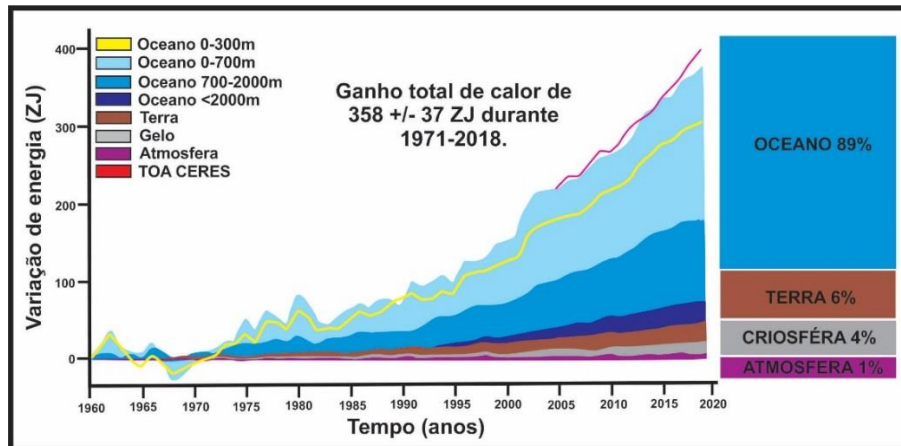


Figura 22 – Distribuição de energia adicional no sistema climático. (1ZJ=1021J)
(modificado: Von Schuckmann et al.,2020)

3.2.1. Aumento do nível do mar

Em primeiro lugar, se considerarmos a subida do nível do mar, se percebe, através das medições espaciais que temos há 25 anos, que esta alteração do nível do mar não ocorre de forma uniforme. A aceleração dessa mudança pode ser vista na figura 23, onde as regiões em vermelho mostram que o nível do mar está a subir mais rapidamente do que nas regiões em azul ou amarelo. Isto é consequência da circulação oceânica que concentra este aumento em determinadas regiões.

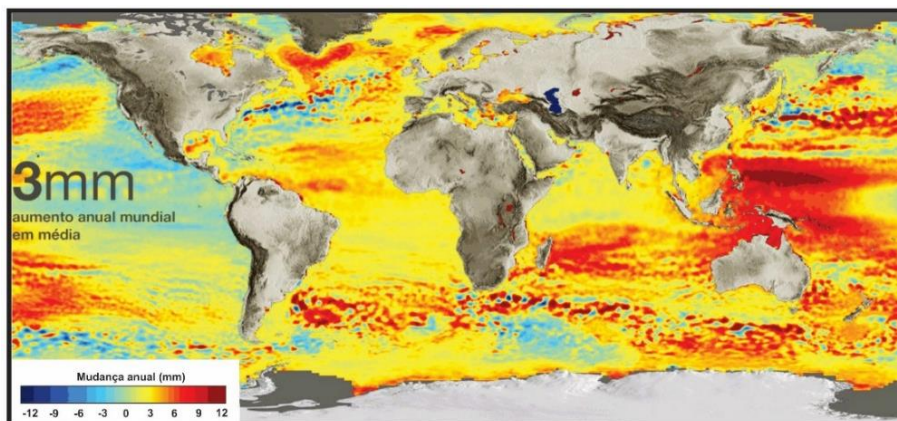


Figura 23 – Imagem de satélite mostrando o aumento médio do nível do mar para o período de 1993-2010
(fonte: https://www.ecodebate.com.br/wp-content/uploads/2012/09/120925111904_novo_mapa_976x549_esa_nocredit.jpg)

Quando se pensa na subida do nível do mar, se pensa no derretimento do gelo continental. O volume de água que está armazenado no gelo, ao derreter, vai para o mar, aumentando este de volume e, portanto, o nível do mar sobe, e isso explica 50% desse

aumento observado. No entanto, o oceano está a aquecer e a água quando aquece se expande, por isso 30% da alteração do nível do mar se deve a esta expansão térmica do oceano.

3.2.2. Ondas de calor marinhas

Estas são áreas do oceano que aquecem de forma anormal durante algumas semanas ou até alguns meses, podendo aumentar a temperatura em cerca de dois, três, ou quatro graus a mais (Fig.24).

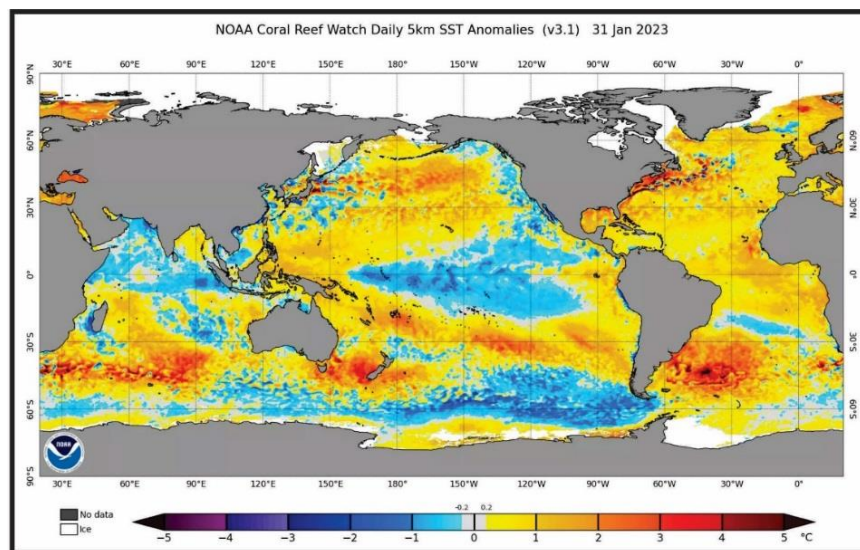


Figura 24 - Mapa de anomalias da temperatura da água oceânica para 31/01/2023.
(fonte: <https://metsul.com/como-uma-onda-de-calor-marinha-pode-ter-agravado-o-desastre-em-sao-paulo/>).

Observa-se que isso se tornou cada vez mais comum nos últimos dez anos ou mais. Este aquecimento anormal do oceano tem consequências na vida marinha porque, por exemplo, os corais não conseguem suportar mudanças significativas de temperatura e essa ocasiona o fenômeno do branqueamento dos corais tropicais, levando-os a morte.

No futuro, por causa do aquecimento global, a temperatura do oceano vai aumentar, assim como estes eventos extremos, em particular, tanto em intensidade como em duração, e isso, independentemente da projeção que fizermos para o futuro. Assim, os eventos extremos, em termos de ondas de calor, estão a se tornarem cada vez mais frequentes e cada vez mais intensos.

Foi justamente esta onda de calor marinha a responsável por muitos dias de mar quente e com águas claras no litoral do sul do Brasil, no verão de 2023, o que contribuiu também para um elevado número de ocorrências envolvendo banhistas e águas-vivas (medusas)(Fig.25).



Figura 25 – Presença de mães-d'água mortas na praia do Cassino-RS, no dia 09/01/2023
(fonte: https://www.rbsdirect.com.br/filestore/5/0/7/2/9/8/4_583972085d8a6c6/4892705_08a51e1ce5c285f.jpg?w=1024&h=512&a=c&version=1575255600)

3.2.3. Inundações costeiras

Outro exemplo de evento extremo é a ocorrência de inundações costeiras. Esses eventos são consequência de dois fatores: o primeiro é a subida do nível do mar e o segundo é a intensificação dos fenômenos meteorológicos. Eventos meteorológicos mais intensos e mais frequentes e níveis do mar mais elevados, significam que estas inundações aumentarão em intensidade e especialmente em frequência.

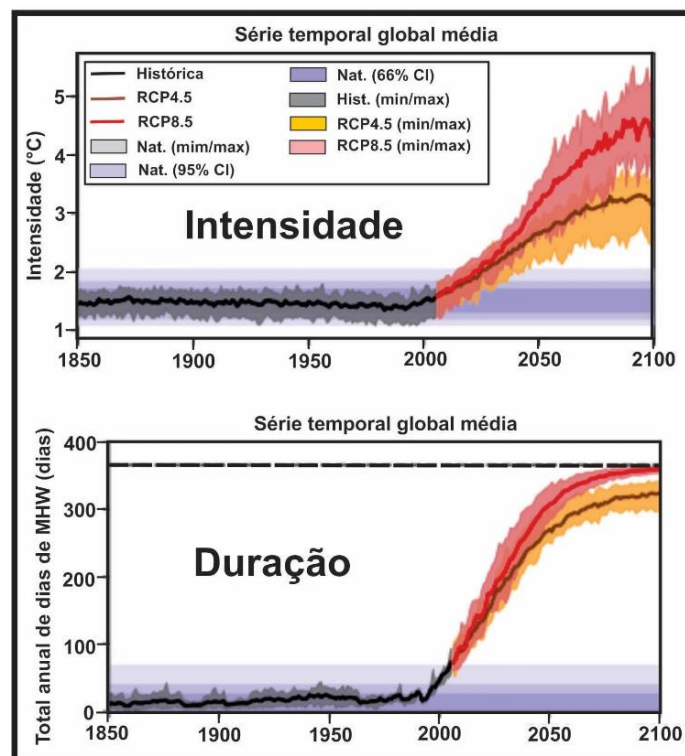


Figura 26 - Gráficos de intensidade e duração de inundações costeiras para o período 2000-2100.
(modificado: Oliver et al., 2019)

Na figura 26, se pode observar as projeções futuras para a metade do século XXI, por volta de 2050 e no final deste mesmo século, dessas cheias. Vê-se que a sua frequência já está a aumentar muito significativamente em meados deste século.

Na figura 27, se pode visualizar as regiões propícia a inundações costeiras para os períodos de 2046-2065 e 2081-2100, se levando em consideração o cenário SSP5-8.5 do IPCC. Os círculos vermelhos representam uma frequência 100 vezes maior e os círculos em tons de bordo, uma frequência 1.000 vezes mais significativa do que hoje em dia.

Esses resultados têm fortes consequências na gestão das regiões costeiras, nas infraestruturas e na presença humana ao longo da costa, devido que, atualmente já se observam erosões muito fortes e inundações, as quais só irão piorar com o passar do tempo. Teremos realmente que tomar decisões para nos adaptarmos a essas mudanças.

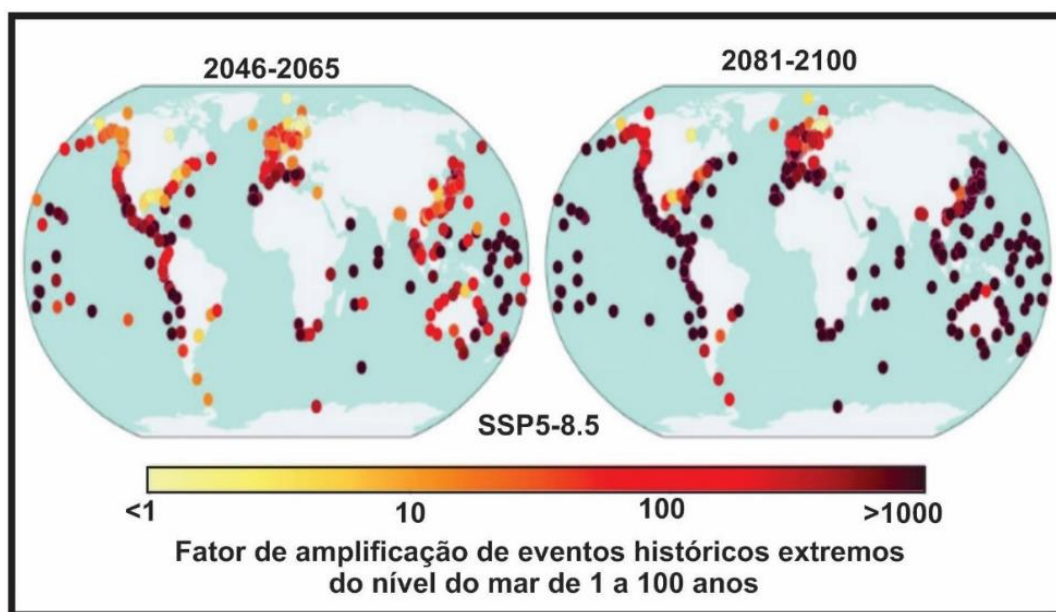


Figura 27 – Projeções futuras da ocorrência de inundações costeiras.

(modificado: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRYKsnTv9vcjgrrUrXUXhT54hFTQSkXHiu-WF_1YerXGawKBsKoUZC0oDkM672fYW8FwKw&usqp=CAU)

3.3. Paisagem dinâmica do oceano aberto

Vejamos a paisagem dinâmica do oceano aberto, ou seja, o ambiente líquido que se observa a medida que nos afastamos da costa e acima do fundo submarino. É um ambiente que abriga grande parte da biomassa marinha e que participa do sistema climático, tanto física quanto quimicamente. Por exemplo, metade do oxigênio que respiramos vem desse ambiente e é também onde, parte do carbono atmosférico é absorvido.

3.3.1. Oceano aberto, um ambiente contrastante e dinâmico

Ao se observar a paisagem do oceano aberto, essa nos parece muito uniforme, quase banal. Não se encontra nada equivalente a uma paisagem terrestre como, montanhas, vales, florestas ou desertos.

Esta impressão muda completamente se olharmos para a paisagem oceânica, não com os olhos, mas sim com equipamentos.

Utilizando-se sensores a bordo de satélites, se pode, por exemplo, analisar a cor da água. Ao fazer isso, se pode estimar a presença de organismos fotossintéticos, e ao olharmos, por exemplo, para uma imagem de satélite do oceano Atlântico Sul (Fig.28), se observa que há regiões com altas concentrações de fitoplanctons clorofilados (áreas em vermelhas e amarelas), podendo-se dizer que isso é o equivalente as florestas das áreas continentais. Não florestas com árvores no oceano, mas com organismos microscópicos, o fitoplâncton, que flutuam nas primeiras dezenas de metros da coluna d'água. Ainda, na figura 28, pode-se ver regiões com coloração mais clara (de verde a azul), as quais são regiões com baixas concentrações de fitoplâncton clorofilados, que correspondem a áreas de desertos oceânicos. Aqui se pode dizer que nesses desertos oceânicos não falta água, mas sim o fraco fornecimento de nutrientes pelas correntes oceânicas.

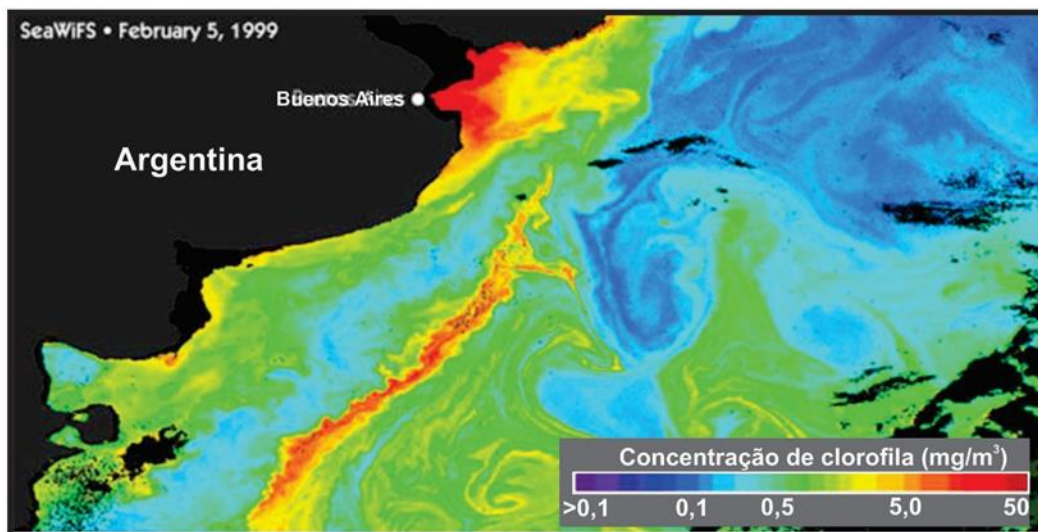


Figura 28 – Imagem de satélite mostrando a corrente das Malvinas com sua alta concentração de clorofila em contraste com a corrente do Brasil de baixa concentração em clorofila.

(modificado: <http://daac.gsfc.nasa.gov>)

Na verdade, se pode dizer que no ambiente oceânico encontramos contrastes muito fortes, semelhantes aos contrastes que encontramos nas áreas continentais, entretanto essas áreas oceânicas apresentam uma paisagem dinâmica. É uma paisagem

animada pela presença de redemoinhos e filamentos, como visto na figura 28, em escalas da ordem de alguns quilômetros a algumas centenas de quilômetros, o que se assemelha muito ao sistema meteorológico atmosférico.

3.3.2. Efeitos na cadeia alimentar

Estas paisagens dinâmicas têm um efeito estruturante na cadeia alimentar, na biodiversidade, e também desempenham um papel fundamental na dissipação de energia e nas trocas com a atmosfera. Para apreciar plenamente o impacto da paisagem dinâmica na cadeia alimentar, pode-se seguir grandes predadores durante a sua jornada alimentar. As focas, por exemplo, percorrem centenas de quilômetros para identificar redemoinhos em mar aberto e ali procuram, nas proximidades de ciclones e anticiclones, suas presas. Esta é na verdade uma situação típica encontrada em outros predadores como aves marinhas, baleias, tubarões e, de fato, até o pescador usa redemoinhos para identificar peixes potencialmente de melhor qualidade.

A capacidade de descrever adequadamente a paisagem dinâmica do oceano é, de fato, um trunfo essencial na elaboração de campanhas oceanográficas. Neste caso, envolve a análise de dados de satélite em tempo real, para atingir estruturas específicas. Com essas informações, se pode interpretar adequadamente as observações e, durante a campanha, repetir as medições no mesmo corpo d'água.

3.3.3. Considerações para a proteção do oceano

O oceano nos oferece os seus serviços, denominado de serviço ecossistêmico, por exemplo ao nível da alimentação, ao agir sem mais carbono, e o oceano é também um patrimônio pela sua biodiversidade e pelo seu valor estético. Um patrimônio que queremos transmitir às gerações futuras, entretanto é um sistema vulnerável à atividade humana direta, como a pesca, a poluição, o transporte marítimo ou as extrações mineiras. Atividades que, com os avanços tecnológicos, se deslocam cada vez mais do litoral para o mar aberto. Acrescentam-se outras ameaças, não diretas, mas globais, como o aquecimento, a acidificação e as alterações na circulação. Perante estas ameaças, vários países uniram forças para um objetivo muito ambicioso: cobrir 30% da superfície oceânica com áreas marinhas protegidas, até 2030. Esta ação é acompanhada por um instrumento jurídico negociado sob os auspícios da Organização das Nações Unidas (ONU), para fornecer um quadro jurídico vinculativo para a conservação do oceano. Este é um objetivo verdadeiramente ambicioso, uma vez que hoje apenas 7% do oceano está protegido.

A grande questão é, portanto, onde colocar as áreas marinhas protegidas?

Para responder adequadamente a esta questão, devemos fornecer aos tomadores de decisões toda a informação possível e, portanto, compreender plenamente a paisagem dinâmica e o seu funcionamento, e antecipar a sua evolução após as alterações climáticas. É aqui que, como cientistas, podemos contribuir para a conservação do oceano aberto.

IV. UM OCEANO SOB PRESSÃO

Durante muito tempo a humanidade considerou o oceano invulnerável. Na verdade, cada vez mais se percebe que o funcionamento do oceano é o resultado de equilíbrios muito frágeis, sendo estes equilíbrios muito frágeis, se percebe que o oceano é um colosso com pés de barro. Durante décadas o oceano foi considerado um poço sem fundo onde eram jogados, voluntária ou involuntariamente, todos os nossos resíduos. Como resultado lhe impomos uma pressão cada vez maior e essa pressão só está a aumentar com as alterações climáticas. Certos equilíbrios estão perturbados e o funcionamento do oceano já está a mudar a um bom tempo. Vejamos algumas das pressões exercidas sobre o oceano e os seres humanos, como resultado das nossas atividades, em particular a poluição que causam.

4.1. Macropoluentes

Um exemplo que se pode visualizar diz respeito à poluição resultante das atividades agrícolas. Em várias partes do mundo temos muitas explorações de suínos e, tradicionalmente se espalha o chorume destes animais nos campos, para fertilizar as culturas. Parte dessa lama escoar e vai parar nos cursos de água, chegando finalmente ao oceano. Em certos locais, a circulação oceânica faz com que os tempos de residência das massas de água sejam relativamente longos, o que dá tempo para que certas algas, denominadas *ulvae*, algas verdes, possam utilizar os nutrientes fornecidos por essas lamas trazidas pelos rios. Estas algas proliferam e acabam chegando a região costeira, criando grandes massas algais, ocasionando o que se chama de marés verdes, formadas por estas massas de *ulvae*. À medida que se degradam, causam uma série de incômodos, incluindo incômodos olfativos, mas também, por vezes, incômodos que são perigosos para os seres humanos. Isto é o que se chama de poluição agrícola ou macropoluente.

4.2. Micropoluentes

Outra poluição química, menos visível mas igualmente preocupante, tem origem nos micropoluentes. Estes incluem, por exemplo, desreguladores endócrinos, os quais são moléculas que se assemelham aos nossos hormônios. Também utilizamos grande quantidade deles, seja na nossa agricultura, mas também no nosso dia a dia, em casa e até em nossos medicamentos. Estes desreguladores endócrinos chegam ao oceano através da rede fluvial, escoamento superficial e assim por diante, indo se concentrarem no oceano. Vejamos o exemplo do linguado, que é impactado por esses desreguladores endócrinos. As pesquisas mostram que o linguado já não sabe a que sexo pertencer, ou seja, estes perturbadores fazem com que certos linguados masculinos se tornem feminizados e que alguns linguados femininos se tornem masculinizados. Em última análise, isso causará problemas reprodutivos. O linguado é um exemplo, mas existem várias outras espécies como este, inclusive em humanos. Eu diria que se trata de um impacto sobre os seres humanos e que a melhor forma de o remediar é limitar as nossas utilizações ou garantir que estes perturbadores não cheguem ao oceano.

4.3. Metais pesados

Há também poluição por metais pesados. Muitas pessoas tiveram sequelas neurológicas associadas à ingestão de peixes contaminados com mercúrio. Isso é chamado de doença de Minamata.

No Japão, na baía de Minamata, havia uma empresa ou indústria que despejava seus resíduos diretamente no oceano, e esses resíduos estavam contaminados com mercúrio. Na verdade, se tem aqui um problema com a acumulação de mercúrio ao longo da cadeia alimentar, que é chamado de bioacumulação. Inicialmente é acumulado por microrganismos que serão depois ingeridos por organismos ligeiramente maiores, posteriormente por peixes de pequeno porte e finalmente por peixes no topo da cadeia alimentar (Fig.29). E a cada vez, a concentração de mercúrio nesses organismos, aumenta.

Os humanos consomem precisamente esses predadores de topo e, no caso de Minamata, as concentrações encontradas nos peixes eram em doses significativas e isso causou sequelas neurológicas nos humanos. Esta catástrofe abriu os olhos do mundo e finalmente, desde então, a situação mudou. Criaram-se leis que regulamentam esses vazamentos e o despejo de resíduos tóxicos no ambiente marinho.



Figura 29 – Bioacumulação e biomagnificação, um veneno silencioso.

(fonte: <https://i0.wp.com/olharoceanografico.com/wp-content/uploads/2022/03/image1.jpg?resize=740%2C740>)

Mas o mercúrio ou outros metais pesados não são necessariamente produzidos apenas pelas indústrias, por exemplo, cada vez que utilizamos o nosso carro, emitimos metais pesados, que estão naturalmente presentes na gasolina. Esses metais ou esses poluentes que são injetados na atmosfera percorrerão distâncias muito longas e, paradoxalmente, o Ártico é uma das regiões mais poluídas com metais pesados, devido que os poluentes que são injetados na atmosfera pelos países da Europa, pelos Estados Unidos ou pela China, percorrerão grandes distâncias e se concentrarão no Ártico (Fig.30).

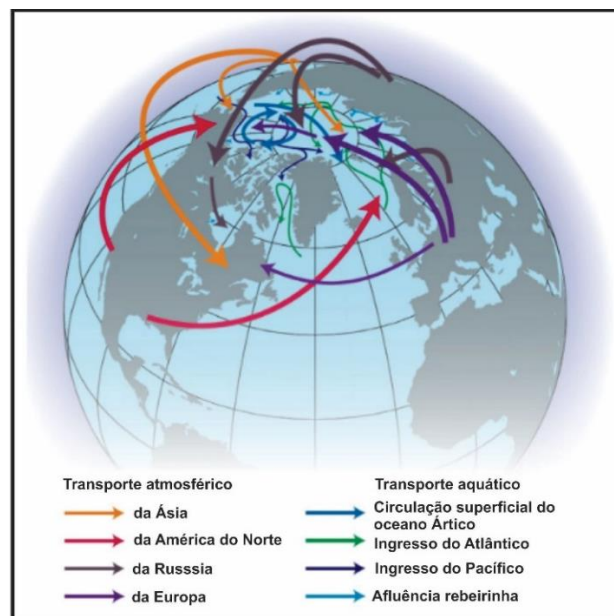


Figura 30 – Transporte atmosférico e aquático de poluentes para o polo.

(modificado: https://www.amap.no/images/documents/944_xlarge.jpg)

Os Inuítes, membros da nação indígena esquimós, também são vulneráveis a essa poluição ou contaminação por metais devido que, tradicionalmente, comem organismos que são predadores de topo, mamíferos marinhos, peixes e aves. Após a realização de uma série de estudos médicos, se percebeu que os Inuítes tinham grandes quantidades de metais pesados em seus corpos, e também se percebeu que certas crianças, mesmo adultos, sofriam de problemas neurológicos e desenvolviam, por exemplo, atrasos congênitos. Este é um exemplo flagrante de que a poluição que geramos nas nossas regiões percorre distâncias muito longas e pode impactar muitas outras regiões. Pode-se, portanto, dizer que estamos num processo de globalização da nossa poluição.

4.4. Ruído

Há uma pressão que é imposta ao oceano e à biodiversidade que o abriga, e na qual não necessariamente pensamos. O Comandante Cousteau apresentou o oceano como o mundo do silêncio. Na verdade nada poderia ser menos verdadeiro. Se você ouvir com atenção ou usar um hidrofone, poderá ouvir muitos sons oriundos do oceano. O oceano é uma paisagem muito viva e nada silenciosa. Dependendo da paisagem acústica que for captada, poderemos ter mamíferos marinhos, grandes peixes, ou mesmo um cargueiro passando... É uma verdadeira cacofonia, é enorme e os mamíferos marinhos ficam perturbados, mas não apenas eles. Estudos efetuados sobre ostras, mostraram que até elas podem ser perturbadas. Quando você coloca uma ostra em um ambiente com muito ruído, ela tende a fechar as valvas e tem dificuldade para se alimentar. Em última análise, centenas de organismos no oceano são afetados por esses ruídos de origem antropogênica. O mapa da figura 31, mostra o tráfego marítimo médio durante o ano de 2019, um dos fatores que mais perturbam os organismos marinhos.

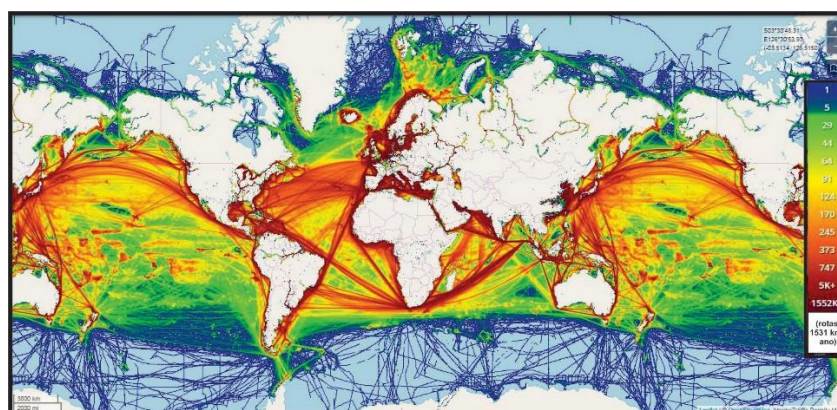


Figura 31 – Tráfego marítimo médio durante o ano de 2019.

(fonte: <https://i.redd.it/ph736qdy56b21.jpg>)

Sobre a figura 31 é possível perceber que todo o oceano é impactado por esses ruídos de navios cargueiros e de origem antrópica. É um pouco como a poluição por metais pesados, realmente temos poluição global, e ainda mais no futuro, uma vez que certas zonas se tornarão navegáveis na sequência das alterações climáticas, com o derretimento do gelo, como a Passagem do Noroeste ou outras passagens próximas dos polos. A imagem futura do oceano é relativamente preocupante, mas ainda podemos mudar as coisas.

V. UM OCEANO DE PLÁSTICOS: QUAIS OS IMPACTOS NOS SERES VIVOS?

5.1. Acúmulo de plásticos no meio ambiente

Em muitos aspectos os plásticos são fantásticos, estes são leves, econômicos, resistentes e por isso os encontramos em todos os setores de atividade. A produção global explodiu, passando de menos de 5 milhões de toneladas, na década de 1950, para mais de 350 milhões de toneladas produzidas anualmente (Fig.32).

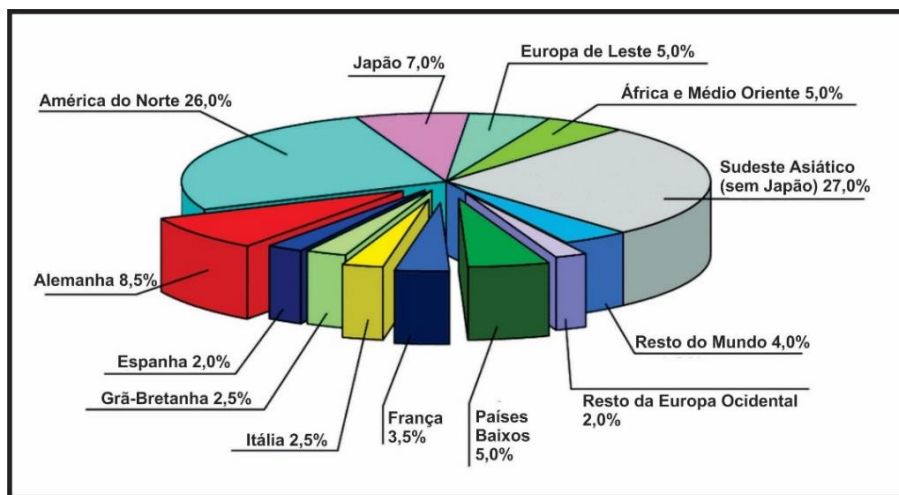


Figura 32 – Produção mundial de plástico.

(modificado: <https://www.researchgate.net/publication/313390454/figure/fig1/AS:459129031532545@1486476299740/Figura-Producao-mundial-de-plasticos-por-area-geografica-2003.png>)

A produção massiva de plástico conduz a uma produção massiva de resíduos, uma vez que a maior qualidade do plástico é também o seu maior inconveniente, especificamente a sua durabilidade e resistência. Os plásticos não desaparecem e se acumulam gradualmente no ambiente. Estima-se que desde a criação do primeiro plástico, 79% deles já acabam ou estão acabando com a vida no meio ambiente. Isto é

particularmente verdade para as embalagens alimentares e os plásticos descartáveis, que correspondem a 40% da procura europeia de produção de plástico e que são, em última análise, produtos plásticos cuja vida útil é extremamente curta em comparação com a sua persistência no ambiente que é quase infinita. Temos, portanto, com estes produtos plásticos, uma produção extremamente rápida de resíduos que se acumulam no ambiente e que são encontrados nos ecossistemas marinhos de todo o mundo. Atualmente, se estima que entre quatro e doze milhões de toneladas de resíduos plásticos por ano, acabem no oceano. Estão distribuídos de forma muito desigual, com concentrações máximas nos giros oceânicos, que são áreas de convergência de correntes marinhas circulares, as quais tendem a acumular detritos plásticos. Eles também são encontrados em concentrações muito elevadas nos ecossistemas costeiros. Atualmente os governos estão incentivando a coleta seletiva dos descartes domésticos e industriais, com a finalidade dos mesmos serem reciclados (Fig.33).

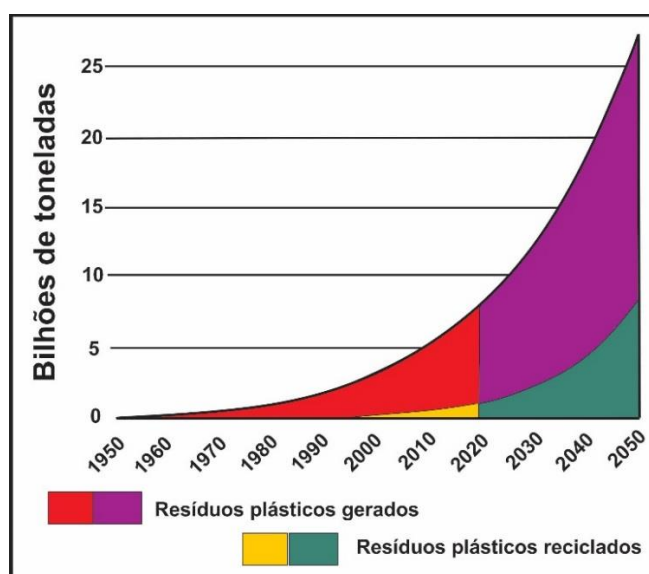


Figura 33 – Resíduos plásticos gerados e reciclados em escala mundial até 2050.
(modificado: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=4850478025060490>)

Em 2015, a Agência Espacial Americana (NASA) divulgou imagens impressionante, mostrando as gigantescas lixeiras que se formaram em cinco pontos do oceano, ao longo dos últimos 35 anos (Fig.34). Estas áreas concentram uma quantidade enorme de detritos, que vão gradualmente aumentando sua extensão com o passar do tempo.

O que se acreditava até pouco tempo era que estas ilhas eram móveis, entretanto os pesquisadores observaram que as mesmas estão localizadas em cinco regiões

subtropicais, onde as correntes marinhas se encontram, tornando-as quase fixas. Nelas, o que há é principalmente resíduos de plásticos, micropartículas que já foram parcialmente decompostas pelos raios do sol (Fig.35).

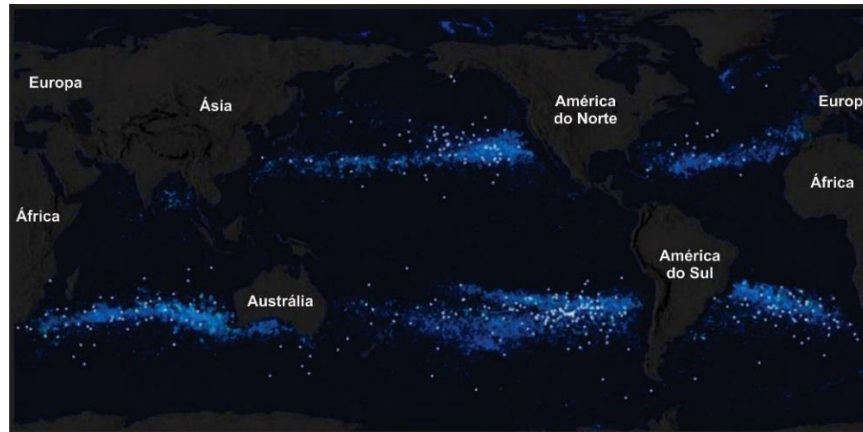


Figura 34 – Imagem da NASA mostrando as cinco regiões de acumulação de lixo no oceano.
(foto: <https://conexaoplaneta.com.br/wp-content/uploads/2015/08/ilhas-lixo-nasa-800.jpg>)



Figura 35 - Grande mancha de lixo no oceano Pacífico
(foto: Caroline Power Photography)

5.2. Foco em microplásticos

Atualmente, se estima que existam mais de cinco bilhões de resíduos plásticos a flutuar na superfície do oceano, 90% dos quais são microplásticos. Estes são partículas de plástico que variam em tamanho de um micrômetro a cinco milímetros. Existem várias fontes destes microplásticos. Em primeiro lugar, os microplásticos primários provenientes da nossa utilização, como as microesferas de plástico utilizadas em cosméticos, pasta de dente, as microfibras sintéticas provenientes da lavagem das roupas nas máquinas de lavar, mas também os fragmentos de borracha resultantes do desgaste dos pneus nas

estradas (Fig.36). Em comparação, se distingue os microplásticos secundários que provêm da fragmentação progressiva e contínua de detritos plásticos maiores já presentes no ambiente. Esta contaminação por microplásticos é muito insidiosa, uma vez que se encontram em todo o ambiente marinho, desde a superfície até o fundo oceânico e em todas as espécies. Fala-se também de poluição invisível, devido que a maioria dos microplásticos são invisíveis a olho nu.

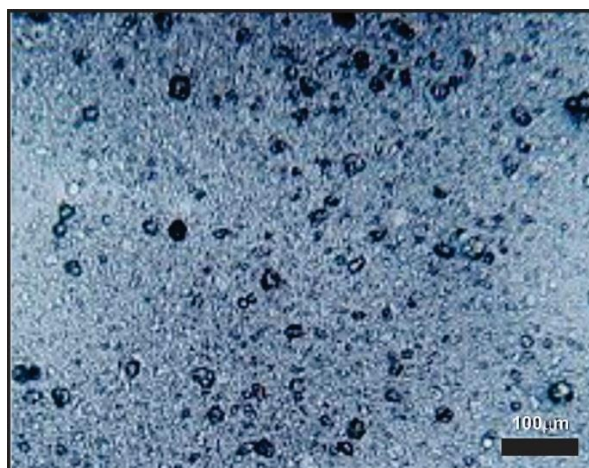


Figura 36 – Microfoto de microplásticos presentes na pasta de dente.
(fonte: https://wikiwandv2-19431.kxcdn.com/_next/image?url=https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/Mikroplastasarp.jpg&w=640&q=50)

5.2.1. Impactos dos macroplásticos nos seres vivos

Os grandes detritos plásticos afetam especialmente a macrofauna, grandes animais marinhos, onde teremos fenômenos de obstrução das vias respiratórias e digestivas, mas também fenômenos de aprisionamento, estrangulamento e lesões que podem levar à morte dos animais (Fig.37).

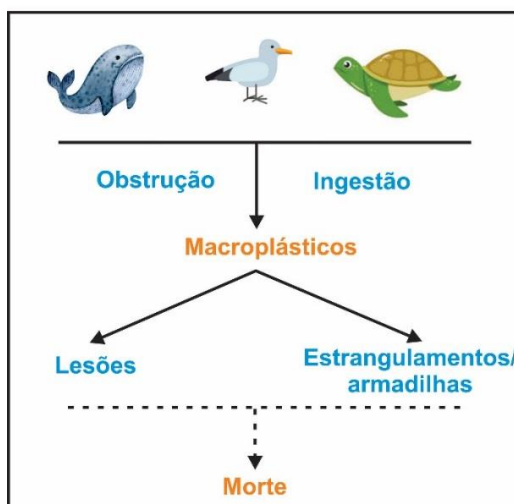


Figura 37 – Impactos dos macroplásticos sobre os organismos marinhos.

5.2.2. Impactos dos microplásticos nos seres vivos

Os microplásticos, devido ao seu pequeno tamanho, são ingeridos de forma muito eficiente por toda a cadeia alimentar marinha, desde o menor zooplâncton até os maiores mamíferos marinhos. Uma vez ingeridas essas partículas, ocorrerão fenômenos de interação física que se deve à presença das partículas de microplásticos nos animais, em seu trato digestivo. Teremos também fenômenos indiretos, a toxicidade química que se deve à liberação de moléculas tóxicas dos plásticos para os animais (Fig.38). Estas moléculas tóxicas são aditivos plásticos, incorporados nos plásticos durante o seu fabrico, e contaminantes presentes no ambiente, que serão adsorvidos nos plásticos de forma significativa, uma vez que os plásticos são verdadeiras esponjas de poluentes. Esses contaminantes presentes no meio ambiente podem ser hidrocarbonetos, PCBs ou pesticidas. Quer por interação física, quer por toxicidade química, os principais efeitos elencados nos vários modelos biológicos laboratoriais dizem respeito a perturbações dos processos digestivos, ou seja, à incapacidade de um animal se alimentar e assimilar alimentos, o que, conseqüentemente, tem repercussões na energia do metabolismo, mas também nas principais funções fisiológicas de crescimento, sobrevivência, reprodução ou sistema imunológico. Mais recentemente, estudos também mostraram mudanças comportamentais após a exposição a detritos plásticos, como reações de fuga de um predador ou tempo gasto explorando para encontrar comida. Estes efeitos foram observados em peixes e moluscos.

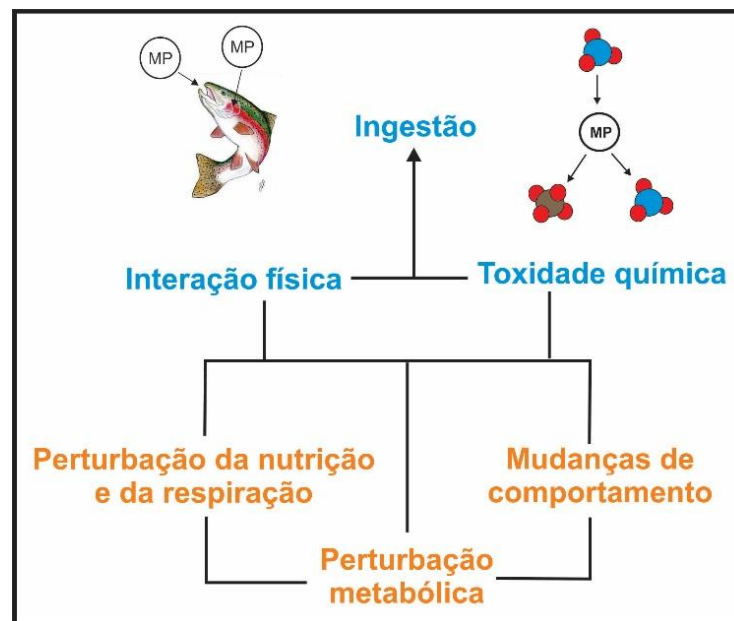


Figura 38 – Impactos dos microplásticos (MP) sobre os organismos marinhos.

5.2.3. Impactos ligados ao transporte de espécies através de detritos plásticos

Como qualquer substrato marinho, os plásticos serão colonizados muito rapidamente por um grande número de organismos; invertebrados, como moluscos ou crustáceos, mas também microrganismos, portanto invisíveis a olho nu, como vírus, bactérias, fungos, parasitas, etc. O problema deste transporte de espécies em plásticos está ligado à sua persistência no ambiente, à sua abundância e à sua onipresença, o que significa que têm um potencial muito elevado de dispersão de espécies nos ecossistemas marinhos. Pesquisadores americanos conseguiram demonstrar a introdução de quase 300 novas espécies de invertebrados, todos provenientes do Japão e trazidos para a costa americana através do transporte de detritos plásticos do tsunami ocorrido no Japão, em 2011 (Fig.39).

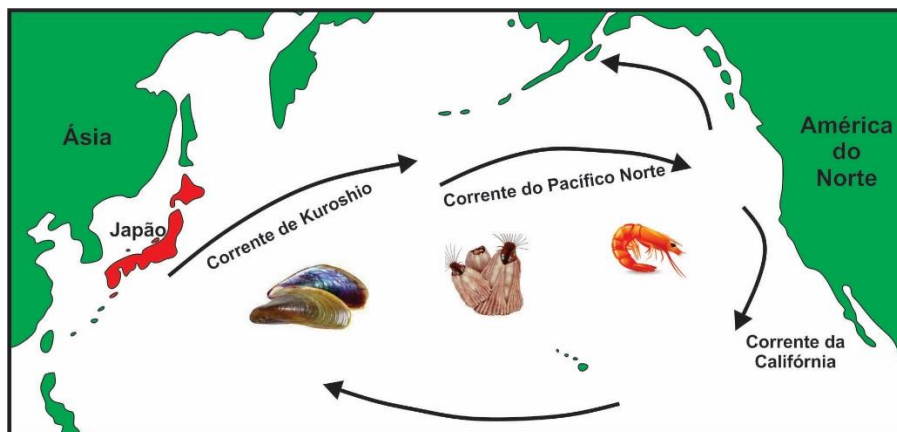


Figura 39 - Após o tsunami ocorrido no leste do Japão em 2011, mais de 280 espécies marinhas costeiras cruzaram o oceano Pacífico pegando carona nos escombros.
(modificado: Carlton, et al.,2017)

Atualmente, existem muitas questões sobre o papel dos detritos plásticos na propagação de espécies invasoras, mas também de espécies nocivas, como espécies tóxicas ou patogênicas, ou seja, aquelas responsáveis por doenças, e pelo papel dos detritos plásticos no desequilíbrio de ecossistemas.

VI. UM OCEANO DE RECURSOS

6.1. Conhecimento do oceano nas suas camadas superficiais

A água, para todos os seres terrestres, é o elemento não respirável, o elemento da asfixia que separa irremediavelmente o mundo terrestre do mundo marinho.

Não nos surpreendamos se a enorme massa de água chamada oceano, desconhecida e escura na sua espessa profundidade, sempre pareceu formidável à imaginação humana.

A pintura vista na figura 40, ilustra a pesca do cachalote donde se pode concluir que o oceano nos fornece recursos para a nossa sobrevivência. A pesca desses cachalotes tem sua importância não só pelos recursos que representa, mas também pelas histórias e dificuldades passadas pelos pescadores na captura desse espécime.

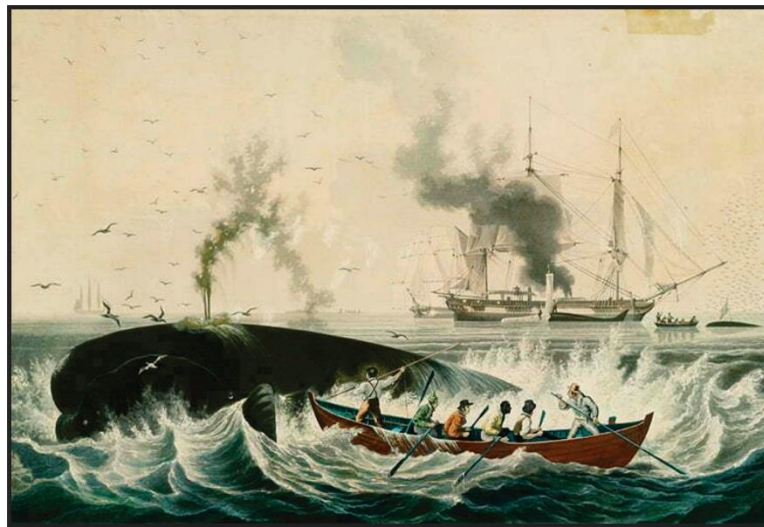


Figura 40 – Imagem da pesca do cachalote no século passado.

(fonte: <https://marsemfim.com.br/wp-content/uploads/2022/09/Caca-as-baleias-nos-Mares-do-Sul-1835.jpg>)

Os humanos conhecem o oceano desde as regiões costeiras até as primeiras camadas de água, mas mesmo essas primeiras camadas ainda não são totalmente conhecidas. Há várias décadas os pesquisadores vêm estudando o ambiente marinho através de grandes expedições e explorando os pequenos organismos que habitam os primeiros 200 m desta superfície de água.

Foram encontrados um grande número de organismos, muitos dos quais desconhecidos, sendo muitos deles organismos fotossintetizantes, ou seja, capazes, a partir de elementos minerais e da energia do Sol, de produzir matéria orgânica e de alimentar, num todo, outras cadeias de pequenos e grandes organismos e também na produção de grande parte do oxigênio, que constitui um elemento importante da biosfera.

6.2. Exploração do oceano nas suas camadas profundas

Podemos nos perguntar, e o que acontece abaixo de 200 m? O conhecimento do que acontece abaixo dos 200 m é muito menos acessível ao ser humano e só começamos

a nos interessar por ele a partir do século XIX com uma abordagem científica. O trabalho de Edward Forbes no século XIX ilustra claramente a ideia que tínhamos do que estava abaixo destes 200 m. Assim, a partir das operações de dragagem e pesca de arrasto no Mediterrâneo, esse pesquisador observou que quanto mais fundo vamos, menor é a abundância de organismos criados nestas áreas. A partir daí, ele faz um cálculo e uma extrapolação que diz que além dos 500 ou 600 m, se espera ter uma abundância tão baixa que podemos considerar que não há mais vida. E assim, ele propõe uma hipótese chamada teoria azoica, segundo a qual além dos 600 m não há mais vida, o oceano estaria vazio, na verdade.

Da mesma forma, outros pesquisadores ao mesmo tempo, forneceram elementos que permitiram refutar esta hipótese. Entre eles temos o trabalho de Milne Edwards, também no século XIX, que, com base em dados fortuitos de cabos transatlânticos implantados para comunicações entre continentes, permitiu descobrir que em profundidades muito grandes, como a 2.000 m, no Mediterrâneo, foram encontrados organismos que se desenvolvem e vivem nessas profundezas, o que permitiu refutar a hipótese de Forbes. Tem-se assim, o início da abordagem científica para tentar fazer generalizações e entender o que há nesses ambientes profundos.

Estas abordagens científicas conduziram à primeira grande expedição histórica, que constitui o ponto de partida sobre o conhecimento do mar profundo, a qual foi a expedição Challenger, que ocorreu entre 1872 e 1876 (Fig.41).

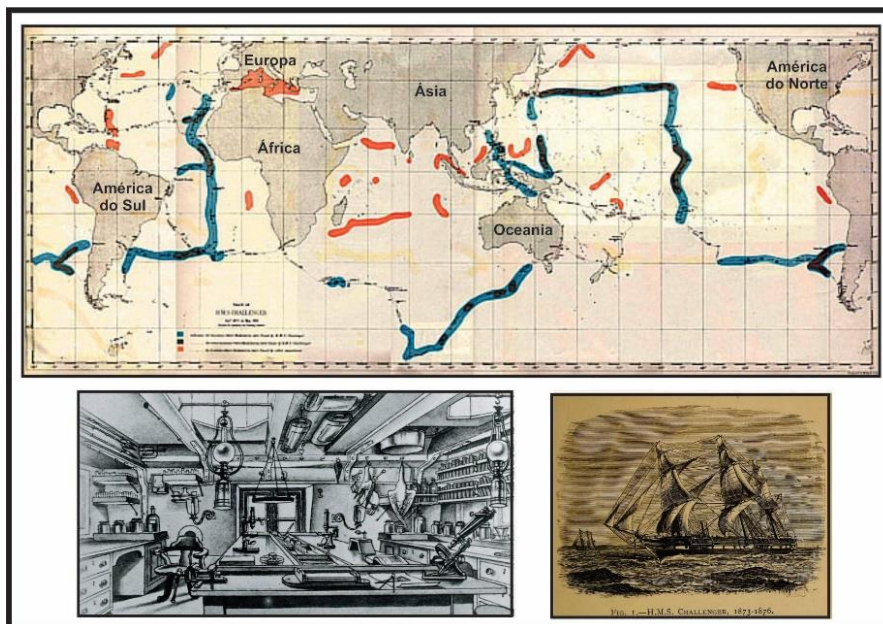


Figura 41 – Mapa da rota da expedição Challenger (1872-1876), com vista do laboratório e da embarcação.
(modificado: <https://marsemfim.com.br/wp-content/uploads/2018/03/mapa.jpg>)

Essa expedição durou três anos e meio, percorrendo todo o oceano. No retorno trouxe mais de 4.700 novas espécies de organismos marinhos, e reuniu informações suficientes para criar um relatório de 50 volumes, que levou dezenove anos para ser completado. A expedição legou ao mundo uma nova disciplina científica: a oceanografia.

O mais importante da expedição foi que se ficou sabendo que havia vida marinha abundante nas profundezas. A maior proeza da viagem foi a descoberta de que a vida, que se pensava se restringir à terra e às águas iluminadas pelo Sol, estava à espera de ser encontrada, para lá das profundidades ou do frio.

Esta expedição utilizou muitos equipamentos de pesca e coleta, mas também efetuou medidas de profundidade, de temperatura e salinidade da água, constituindo um apanhado global de conhecimento do oceano profundo (Fig.42).

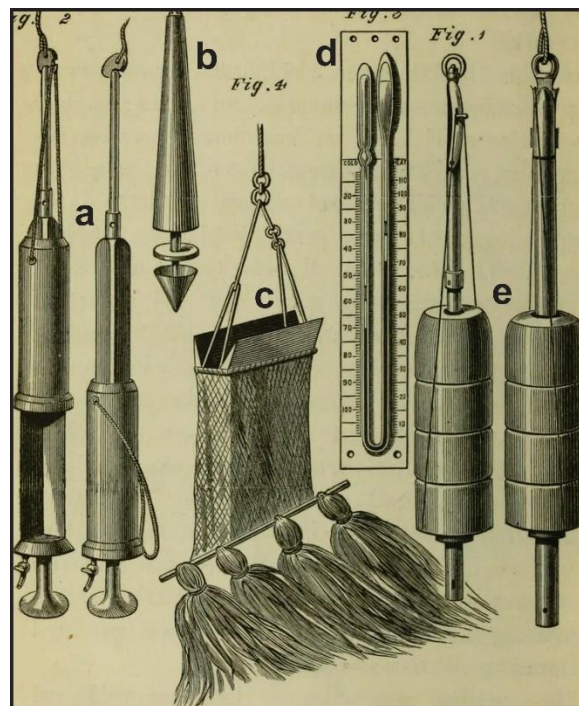


Figura 42 – Instrumentos científicos da operação HMS Challenger. a) equipamento para medir a salinidade da água; b) objeto para coletar amostras do fundo do oceano; c) draga para coletar amostras da vida marinha; d) termômetro para medir a temperatura da água; e) equipamento para medir a profundidade.

(modificado: https://static.nationalgeographicbrasil.com/files/styles/image_3200/public/gj5paj.jpg?w=1900&h=2304)

6.3. Mapeamento oceânico

Este estudo permitiu destacar que o fundo do mar não é plano, que existem montanhas, vales, por vezes com vários quilômetros de profundidade, que existem organismos em todas as profundidades e que esses organismos são muito diversos. Destas informações de dados surgiram novas teorias como a proposta por Moseley que

diz que os organismos encontrados no fundo do oceano dependem, para a sua nutrição, do que acontece nas primeiras camadas superficiais do corpo d'água, com a produção fotossintética.

No século XXI, estaremos interessados em cartografar este oceano detalhadamente, estaremos também interessados em imaginar equipamentos que nos permitam ver com os nossos olhos o que se passa nas profundezas oceânicas. Theodore Monod disse certa vez: *“O mar é profundo, o mar é especialmente profundo, sejam quais forem os banhistas das nossas praias ignorando que os oceanos, em mais de três quartos de sua extensão, aproximadamente 80%, atingem profundidades que variam entre 3.000 e 6.000 m, sendo a média geral dos mares estabelecida em torno de 3.800 m, enquanto a superfície média de altitude nos continentes é de apenas 840 m”*. Na profundidade oceânica, se destaca uma paisagem extremamente acidentada e as primeiras explorações estarão muito interessadas nas planícies abissais, nos desfiladeiros e, confirmarão as hipóteses de Moseley que dizia que dependemos da superfície para a nutrição do fundo do oceano.

6.4. Exploração das dorsais meso-oceânicas

Em meados da década de 1970, os geólogos começaram a explorar a dinâmica da crosta oceânica e a formação desta nas dorsais meso-oceânicas. Isso leva à exploração das fumarolas, espécies de vulcões que expõem fluidos a temperaturas altíssimas, carregados de compostos químicos altamente tóxicos para a vida e nos quais foram descobertos, inesperadamente, oásis de vida com organismos extremamente abundantes, como os vermes, os pepinos do mar e enxames de camarões de tamanhos avantajados (Fig.43). Esta abundância é explicada por um processo biológico que até a pouco tempo não era conhecido, o qual se denomina quimiossíntese, que é a mesma coisa que fotossíntese, entretanto, em vez de utilizar a energia do sol, utiliza a energia química das reações redox que ocorrem nesses fluidos.

A partir daí, criou-se novas hipóteses, ecológicas e evolutivas, que veem este novo ambiente como algo isolado do resto do oceano, tanto do ponto de vista ecológico como do ponto de vista da evolução, com referência ao imaginário da origem da vida na Terra em um pequeno lago com compostos químicos extremamente tóxicos. Esta hipótese é rapidamente minada porque, em última análise, a quimiossíntese é observada em todas as profundidades, incluindo profundidades muito rasas, como nos manguezais, mas também em ambientes terrestres.



Figura 43 – Fumarolas negras e a presença de *Riftia pachyptila*, conhecida também como verme tubular gigante.

(fonte: <https://meioambiente.culturamix.com/natureza/fonte-hidrotermal>)

São encontrados parentes desses organismos, descobertos em fontes hidrotermais, em todas as profundidades e veremos que este não é um ambiente isolado do resto da dinâmica. É um ambiente particular, mas que está ligado, em muitos aspectos, ao resto do funcionamento deste oceano.

6.5. Outros exemplos de expedições e descobertas científicas importantes.

Paralelamente, no final da década de 1970, foi lançado um grande programa de exploração da fauna profunda com equipamentos e abordagens semelhantes ao que foi feito nas grandes expedições históricas resultantes do programa do Challenger e que, por sua vez descreveu milhares de novas espécies.

Este programa também deu origem a grandes descobertas tais como a do crinoide chamado *Gymnocrinus richeri* descoberto nas águas da Nova Caledônia na década de 1980 e cujo parente mais próximo é uma forma conhecida há muito tempo no estado fóssil, como mostrado na figura 44. Em última análise, estes organismos são mais fáceis de serem conhecidos como fósseis do que nas suas formas atuais nos oceanos.



Figura 44 - *Gymnocrinus richeri* atual (a) e fóssil (b).

(modificada: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/06/Neogymnocrinus_richeri.jpg/640px-Neogymnocrinus_richeri.jpg)

Há muitas coisas interessantes sobre essas organizações. Os programas realizados nos anos 1990-2000, por exemplo, permitiram mostrar que esses organismos possuíam compostos químicos muito interessantes, como pigmentos com propriedades ativas contra o vírus da dengue. Em anos mais recentes, em 2019, foram enviados robôs submersíveis para estes ambientes, entre eles o robô Victor do IFREMER que permitiu adquirir imagens destes ambientes pouco conhecidos (Fig.45).

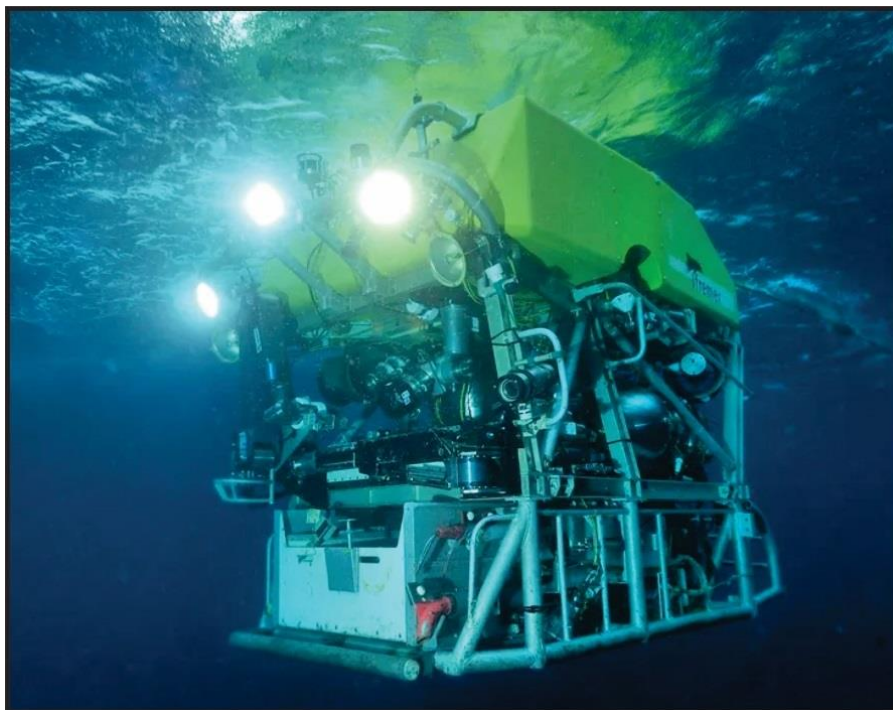


Figura 45 – Robô submarino do IFREMER

(fonte: [https://s2-g1.glbimg.com/lgQY2RF9gyYypSJ_i91kJr7Y_o=/0x0:4256x2832/1008x0/smart/filters:strip_icc\(\)/i.s3.glbimg.com/v1/AUTH_59edd422c0c84a879bd37670ae4f538a/internal_photos/bs/2023/Q/4/bVA9DtRlei0gKBFRrT3g/2023-06-21t101929z-1072425648-rc29af73zj6o-rtrmadp-3-titanic-submersible.jpg](https://s2-g1.glbimg.com/lgQY2RF9gyYypSJ_i91kJr7Y_o=/0x0:4256x2832/1008x0/smart/filters:strip_icc()/i.s3.glbimg.com/v1/AUTH_59edd422c0c84a879bd37670ae4f538a/internal_photos/bs/2023/Q/4/bVA9DtRlei0gKBFRrT3g/2023-06-21t101929z-1072425648-rc29af73zj6o-rtrmadp-3-titanic-submersible.jpg))

VII. RECURSOS MARINHOS: EXEMPLO DO PLÂNCTON

7.1. Plâncton: definição e papel

O plâncton tem uma importância maior no ambiente marinho do que os peixes, seja em termos de biomassa ou de biodiversidade no oceano. O plâncton diz respeito a toda a vida microscópica, encontrada no oceano, que flutua com as correntes. Apesar de se tratar de vida microscópica, invisível a olho nu, é extremamente importante. O plâncton pode ser considerado o sistema de sobrevivência que garante o bem-estar do oceano.

O plâncton está na base da cadeia alimentar oceânica, podendo-se afirmar, muito simplesmente, que se não houver plâncton no oceano, não haverá peixes. O plâncton fotossintético, principalmente o fitoplâncton, captura CO_2 da atmosfera e gera matéria orgânica no ambiente oceânico e ao mesmo tempo gera oxigênio. O fitoplâncton, no oceano, desempenha um papel exatamente equivalente ao das plantas e árvores no continente. Pode-se, portanto, considerar o fitoplâncton como o pulmão do oceano. O plâncton é parte integrante da bomba biológica de carbono que captura CO_2 da atmosfera e o sequestra para o oceano (Fig.46). Esta é uma função extremamente importante para a regulação do sistema climático terrestre. Através da bomba biológica de carbono e de outros processos, o plâncton está intimamente ligado ao nosso clima.

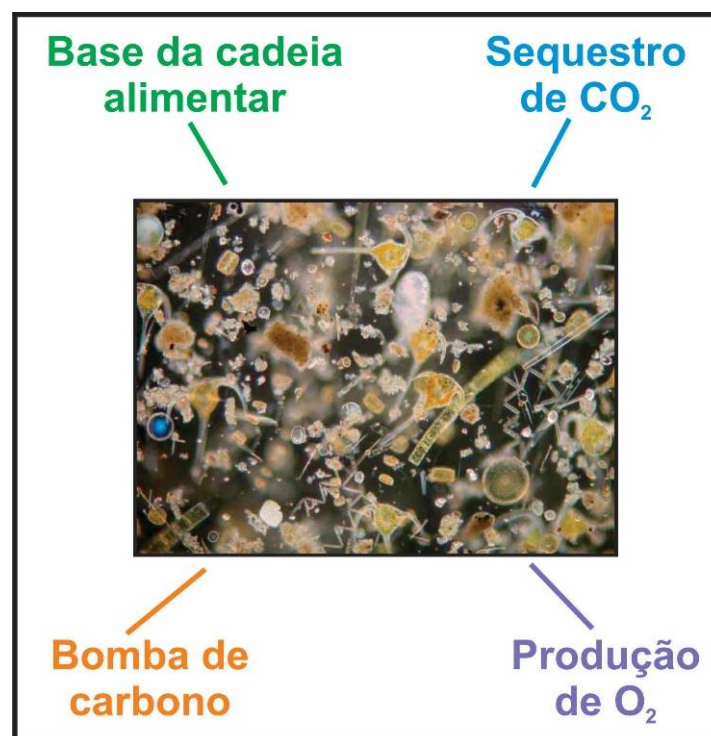


Figura 46 – O plâncton e suas funções no ambiente oceânico.
(modificado: <https://meioambiente.culturamix.com/blog/wp-content/gallery/plancton-caracteristicas-gerais-1/plancton-caracteristicas-gerais-3.jpg>)

Certamente o plâncton é importante, mas apesar da sua importância, a vida microscópica do plâncton é um mundo sobre o qual se conhece muito pouco. É importante saber e compreender como a vida evolui e se adapta ao meio em que vive, e como a sua robustez é mantida, apesar do fato do plâncton estar num ambiente extremamente instável com a presença de correntes oceânicas em múltiplas escalas.

Como estão organizadas as comunidades planctônicas em termos de redes alimentares, interações, simbioses? Estas perguntas são muito importantes de serem feitas e é importante tentar encontrar as respostas.

7.2. Benefícios deste recurso biológico

O plâncton já é utilizado como recurso biológico na vida diária dos humanos. Usa-se o plâncton como alimento para os humanos, para ração animal, para maricultura, para pecuária etc. Utiliza-se diversas moléculas do plâncton na indústria de cosméticos, em fitoestimulantes para a agricultura e, a nível de bioestimulantes, para ajudar no nosso bem-estar. O plâncton, de fato, já é onnipresente na nossa vida quotidiana, mesmo que muitas vezes não o vejamos, porque é invisível. Outras possibilidades que são interessantes de serem estudadas pelos cientistas, dizem respeito à utilização do plâncton sob a forma de biocombustível. A ideia é substituir as moléculas provenientes da petroquímica, que se utiliza hoje, pelas moléculas do plâncton, normalmente o fitoplâncton, ricas em óleos e lipídios. Existem também várias outras ideias para usar o plâncton na nanotecnologia, para criar e fabricar microestruturas, nanoestruturas, ou mesmo para a biomedicina. É possível considerar o plâncton como um meio de combater os efeitos das alterações climáticas e da degradação ambiental. Pode-se considerar a utilização do plâncton para o sequestro de carbono da atmosfera para o fundo do oceano, por exemplo. Também se pode utilizar o plâncton para combater a proliferação de algas tóxicas que ocorrem frequentemente ao longo das regiões costeiras. Algumas espécies de plâncton também aprenderam a decompor o plástico (Fig.47). Poder-se-ia, portanto, talvez usar esta informação para nos ajudar a eliminar o plástico do nosso ambiente.

Os cientistas conseguiram reunir toda uma série de recursos da vida microscópica no oceano. Nos próximos anos, o desafio será compreender ainda melhor como funciona esta vida microscópica invisível a olho nu e como garantir o bom funcionamento do ambiente oceânico.

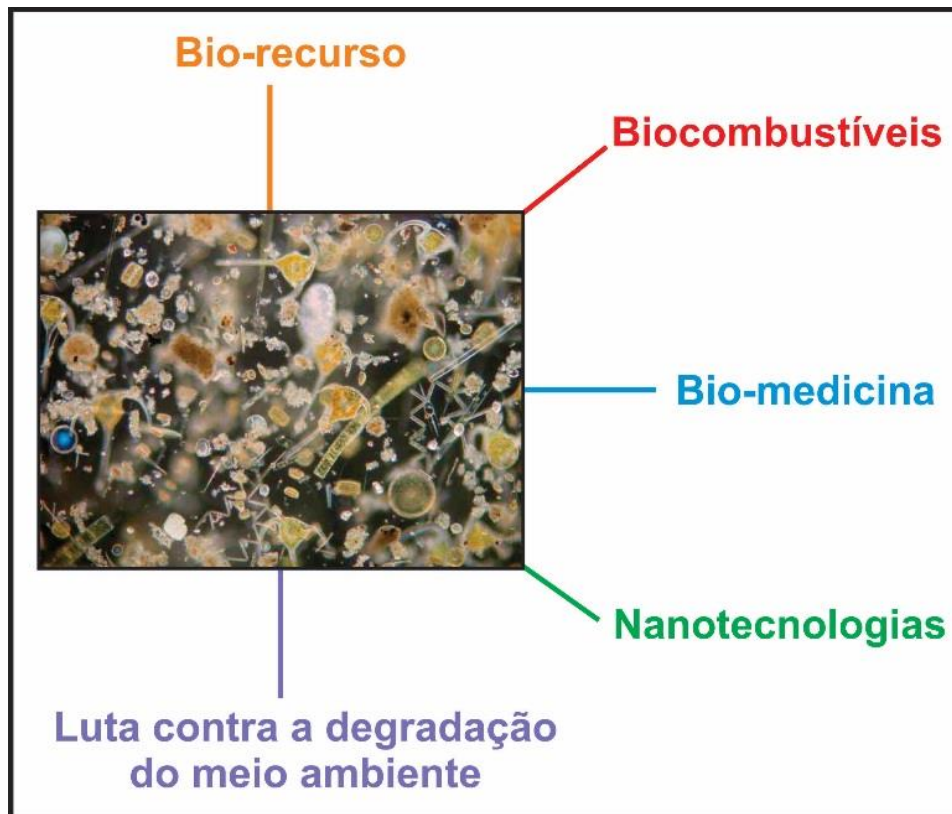


Figura 47 – Possíveis utilizações do plâncton.
(modificado: <https://meioambiente.culturamix.com/blog/wp-content/gallery/plancton-caracteristicas-gerais-1/plancton-caracteristicas-gerais-3.jpg>)

VIII. RECURSOS DA PESCA E DA AQUICULTURA: QUESTÕES ALIMENTARES

8.1. Evolução da pesca e da aquicultura

Iniciamos com a produção global segundo dados da FAO (2020). O gráfico da figura 48, mostra a produção pesqueira e de aquicultura, desde a década de 1950. Observa-se que a pesca de água doce é dominada pela pesca marítima, apresentando essa um crescimento regular entre as décadas de 1950 e 1990. A produção pesqueira quadruplicou durante este período, antes de se estabilizar em 1990 e praticamente não ter mudado desde então. Por outro lado, na década de 1990, quando a pesca se estabilizou, a aquicultura ainda tinha um nível de produção extremamente baixo e, desde então, o crescimento, quer em água doce ou em águas oceânicas, tem sido muito forte. Há, portanto, duas coisas a lembrar: o crescimento da pesca e depois da aquicultura, e a segunda é este crescimento regular, uma vez que os produtos aquáticos têm o crescimento mais forte dos produtos alimentares, a nível planetário.

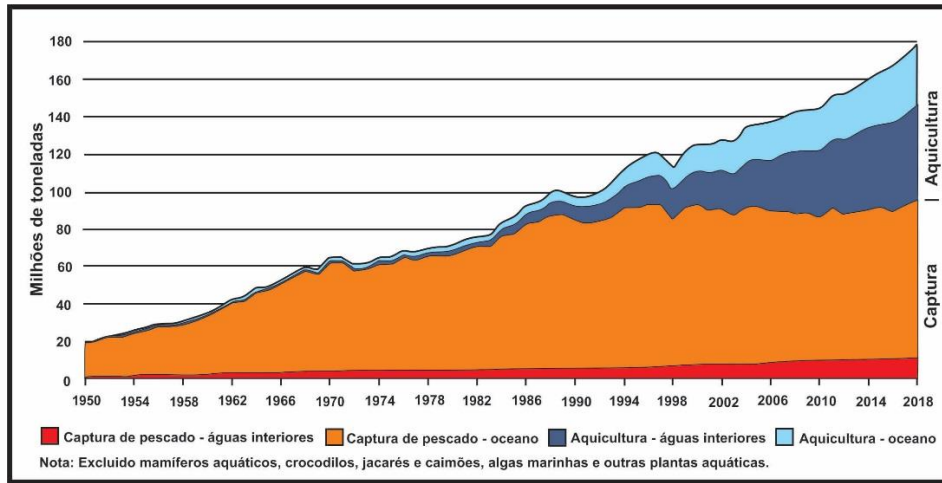


Figura 48 – Capturas globais provenientes da pesca e da aquicultura.
 (modificado: FAO,2020)

A partir das informações do gráfico da figura 48 o que nos interessa mais é a alimentação e não só a produção. No entanto, um quarto da pesca não é utilizado na alimentação de seres humanos, mas sim para a alimentação animal. Os outros três quartos da pesca, ou 74 milhões de toneladas, e 100% da aquicultura, 82 milhões de toneladas, são utilizados para alimentação humana. O consumo de pescado por habitante é da ordem dos 20,5 kg/ano. Isso quer dizer que para alimentar 7 bilhões de habitantes, com 20,5 kg/per capita, utilizamos aproximadamente pouco mais de 150 milhões de toneladas de produção. A pesca e depois a aquicultura compensaram, portanto, o crescimento populacional. Se olharmos o gráfico da figura 49, vê-se a produção em azul, o crescimento populacional, que vemos com um pouco menos de clareza, em laranja, e o consumo per capita, em vermelho. À medida que a produção ultrapassa o crescimento populacional, o consumo per capita aumenta e triplicou desde a década de 1950.

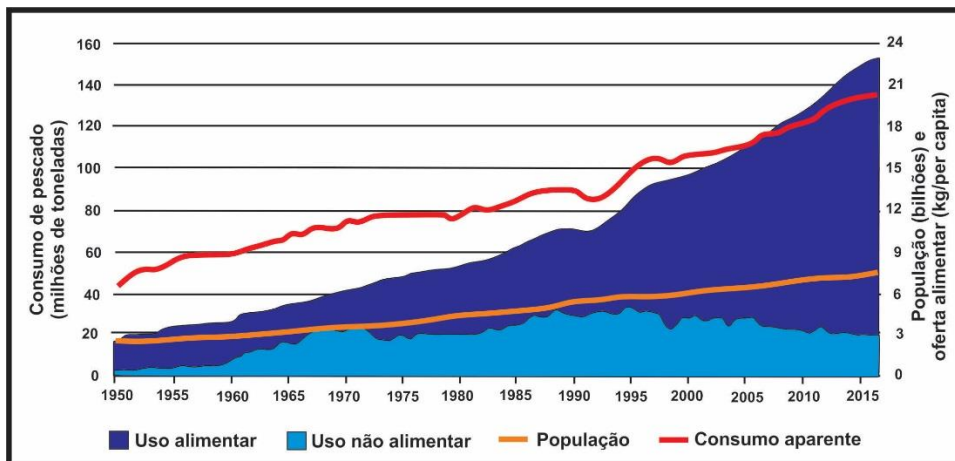


Figura 49 – Utilização mundial de pescado oriundo da pesca e da aquicultura.
 (modificado: FAO, 2020)

Hoje os produtos aquáticos representam, só em calorias, 1 a 2% da dieta mundial, isso não é muito, mas representam 7% das proteínas e 17% das proteínas animais, sendo cerca de 50% de água doce e 50% marinha. Tudo isso não está distribuído de forma justa. Temos cerca de trinta países onde as proteínas animais são representadas em mais de 30% por proteínas aquáticas e, entre esses 30 países, há 22 países que são países pobres com problemas de deficiência alimentar. O slogan da FAO em relação a isto é: “Os produtos aquáticos são ricos para os pobres”. Isso porque são essenciais no fornecimento, para muitos desses países, de proteínas e micronutrientes.

8.2. Pesca

A pesca tem a especificidade de ser, a nível mundial, a última atividade significativa dos caçadores-coletores para abastecimento humano. As capturas de vida selvagem marinha são 40 vezes superiores às capturas de vida selvagem terrestre. Os caçadores-coletores pegam o que é produzido pelo ambiente natural, e assim, a pesca é muito diversificada, com cerca de 2.000 espécies exploradas.

Qual é o estado desta exploração pesqueira? Se tomarmos os dados da FAO desde a década de 1970, observa-se no gráfico da figura 50, onde na parte inferior se tem as espécies subexploradas, no centro as espécies totalmente exploradas, e acima os recursos superexplorados.

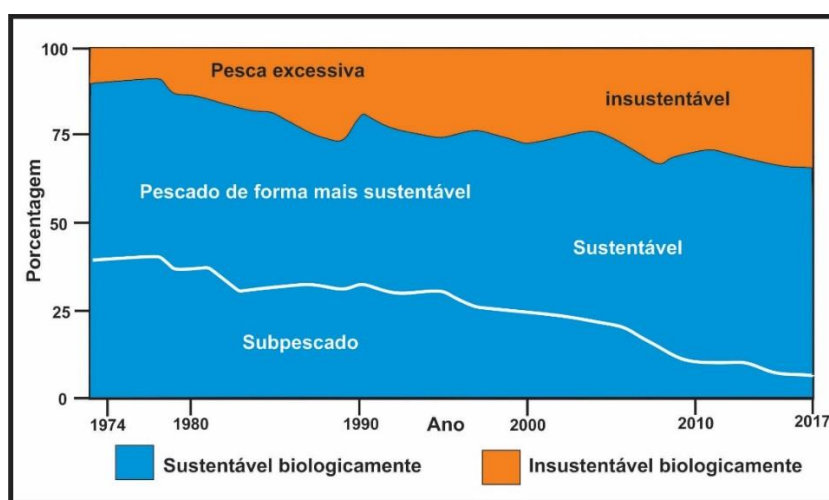


Figura 50 - Evolução global dos recursos pesqueiros marinhos.
(modificado: FAO, 2020)

Observa-se que praticamente quase não existe mais recursos subexplorados, e que em torno de 50% dos recursos já foram plenamente explorados e que a proporção de

recursos superexplorados está a aumentar bruscamente, atingindo hoje mais de um terço, com uma tendência crescente, o que é preocupante. Isto é tanto mais prejudicial quando implementamos a gestão, gerir de forma sustentável os recursos pesqueiros, o que é benéfico para a manutenção da fauna aquática, mas também que nos permite produzir mais, e ainda mais, produzir, através da pesca, por um preço mais econômico.

8.3. Aquicultura

A produção total mundial de pescado em 2009 atingiu 144,6 milhões de toneladas. Enquanto a pesca se estabilizou em torno de 90 milhões de toneladas desde 2001, a aquicultura teve um crescimento anual médio de 6,1%, saindo de 34,6 milhões de toneladas em 2001, para 55,7 milhões de toneladas em 2009 (FAO, 2011).

A aquicultura é menos diversificada do que a pesca, devido que na aquicultura, tal como na agricultura, produzimos o que queremos produzir, ou seja, escolhemos a nossa produção, o que significa que 85% da aquicultura está concentrada em cerca de vinte espécies.

Uma característica da aquicultura é que essa técnica é dominada pela Ásia, que produz mais de 9/10 da produção mundial, sendo que a China sozinha, representa mais de dois terços. Mas a principal característica da aquicultura é o seu nível de crescimento absolutamente excepcional.

Em 2008, o continente asiático foi responsável por 88,8% da produção mundial da aquicultura, com 62,3% somente na China. O continente americano foi responsável por 4,6% da produção mundial, sendo que a América Latina respondeu por 3,3%, a América do Norte por 1,2% e o Caribe por 0,1%. A Europa produziu 4,5% da produção mundial, a África, 1,8% e a Oceania, 0,3%. A figura 51 mostra como está dividida a aquicultura mundial por regiões, em 2008 (FAO, 2010).

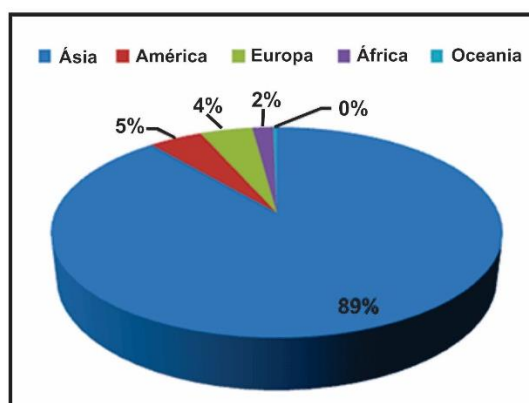


Figura 51 -Produção por aquicultura por continente em 2008.
(modificado: FAO, 2011)

Pode-se apresentar dois exemplos desse rápido crescimento. O primeiro foi a mudança entre a pesca e a aquicultura para a alimentação mundial que ocorreu em 2015, tendo atualmente mais de 10 milhões de toneladas de produção aquícola do que de produção pesqueira. O segundo exemplo é mostrado na figura 52 onde se pode ver que o crescimento da pesca parou e se apresenta nulo desde a década de 1990. O crescimento da agricultura e da pecuária, se apresenta com um aumento moderado. O crescimento da aquicultura é o que mais se destaca, mostrando uma curva crescente sem comparação com outros tipos de produção.

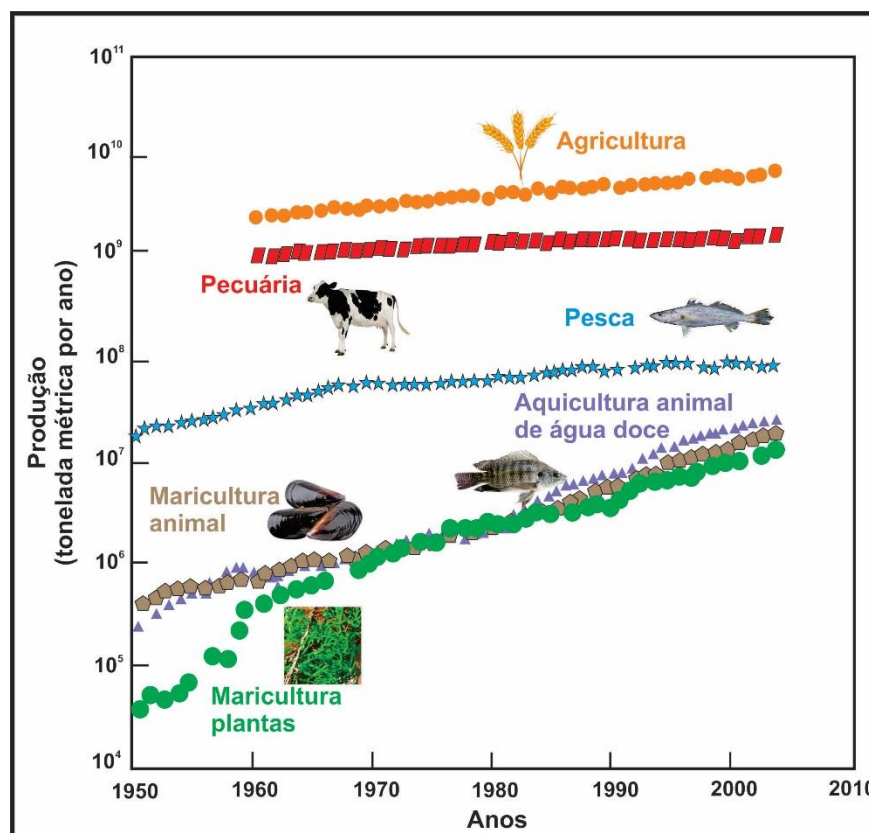


Figura 52 - Tendências na produção global da agricultura (excluindo produtos não alimentares), pecuária (carne), aquicultura de água doce e marinha e pescas nos últimos 50 anos. (modificado: Duarte et al.,2009).

8.4. Perspectivas

Dado que a pesca de captura atingiu o pico há anos, praticamente todo o futuro aumento do consumo mundial de peixe terá de provir da aquicultura. Para que a disponibilidade global de peixe per capita possa satisfazer a procura projetada no cenário de base para 2050, onde a oferta de peixe de captura diminui 10%, se estima que a produção aquícola precisaria mais do que duplicar entre 2010 e 2050, passando de 60

milhões de toneladas em 2010 para aproximadamente 140 milhões de toneladas em 2050 (Fig.53). Atender a essa demanda apresenta desafios ambientais de produção e sociais.

O gráfico da figura 53, mostra a perspectiva futura, referente a pesca de captura e a aquicultura. Pode-se observar que a partir de 2020 temos uma queda na captura de pescado do modo tradicional, mas, entretanto, a aquicultura mostra um crescimento de mais de 40 milhões de tonelada até 2050, em relação a produção de 2020.

O desenvolvimento da aquicultura em ambiente marinho, proporciona um gasto menor de água e de insumos. Hoje, os produtos aquáticos representam 17% das proteínas animais para apenas 4% dos insumos.

A importância dos produtos aquáticos, especialmente dos produtos de origem marinha na nutrição humana, é fundamental no desenvolvimento humano e se pode dizer que esta importância continuará a crescer e a se desenvolver por um longo período.

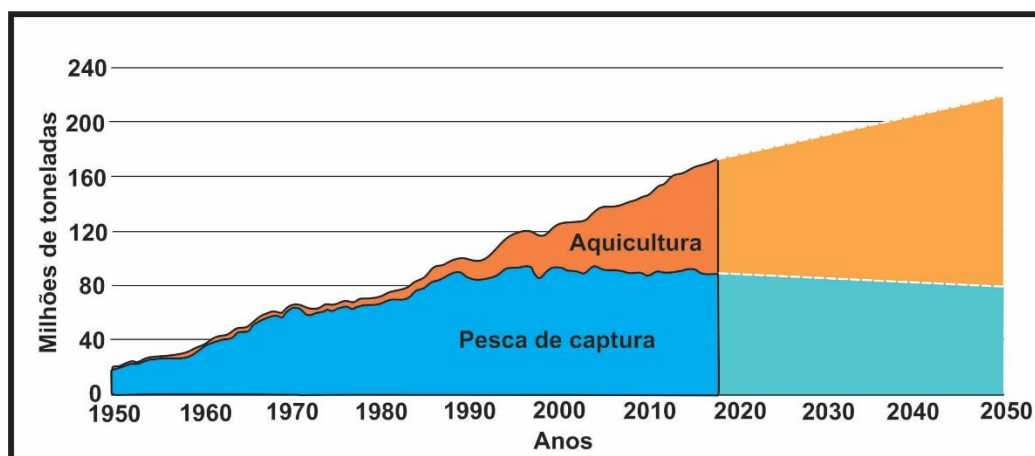


Figura 53 – Captura mundial proveniente da pesca e da aquicultura com perspectiva até 2050.
(modificado: World Resource Institute, 2019)

IX. ABORDAGEM ECOSISTÊMICA DA PESCA: EXPLORAÇÃO E CONSERVAÇÃO

9.1. Conscientização sobre os impactos ecossistêmicos da pesca

Gradualmente, tomamos consciência do fato de que as espécies exploradas pela pesca, interagem entre si: bacalhau com arenque, com camarão, com atum... Os impactos da pesca em cada uma das espécies pescadas se estendem às suas presas, aos seus competidores, aos seus predadores, posteriormente às presas das presas e finalmente, através das redes tróficas, para todos os compartimentos do ecossistema. Estes impactos

ecossistêmicos da pesca estão, eles próprios, em interação com outros impactos humanos. Está-se a pensar na destruição de habitats costeiros, na poluição marinha de todos os tipos, nas espécies invasoras e, acima de tudo, nas alterações climáticas. É, portanto, necessário estudar conjuntamente estes diferentes impactos ecossistêmicos. Em suma, a abordagem ecossistêmica das pescas se tornou uma necessidade reconhecida por todos e, em particular, pelos gestores das pescas à escala global ou continental.

9.2. Modelagem dos impactos ecossistêmicos da pesca

Para os cientistas, a abordagem ecossistêmica da pesca resultou, em primeiro lugar, num regresso à ecologia, com análise das relações entre as espécies, muito mais do que fazíamos antes, através da construção de modelos de cadeias alimentares. A título de ilustração, mostra-se aqui um modelo de ecossistema do Golfo da Guiné (Fig.54). Em um modelo deste tipo se representa todos os compartimentos do ecossistema, desde os produtores primários; algas ou fitoplâncton, até os predadores de topo e os impactos da pesca. Utiliza-se o modelo para analisar as interações entre os diferentes compartimentos do ecossistema e os impactos da pesca em toda a cadeia alimentar ou as interações, por exemplo, entre a pesca artesanal e a pesca industrial, através das cadeias alimentares.

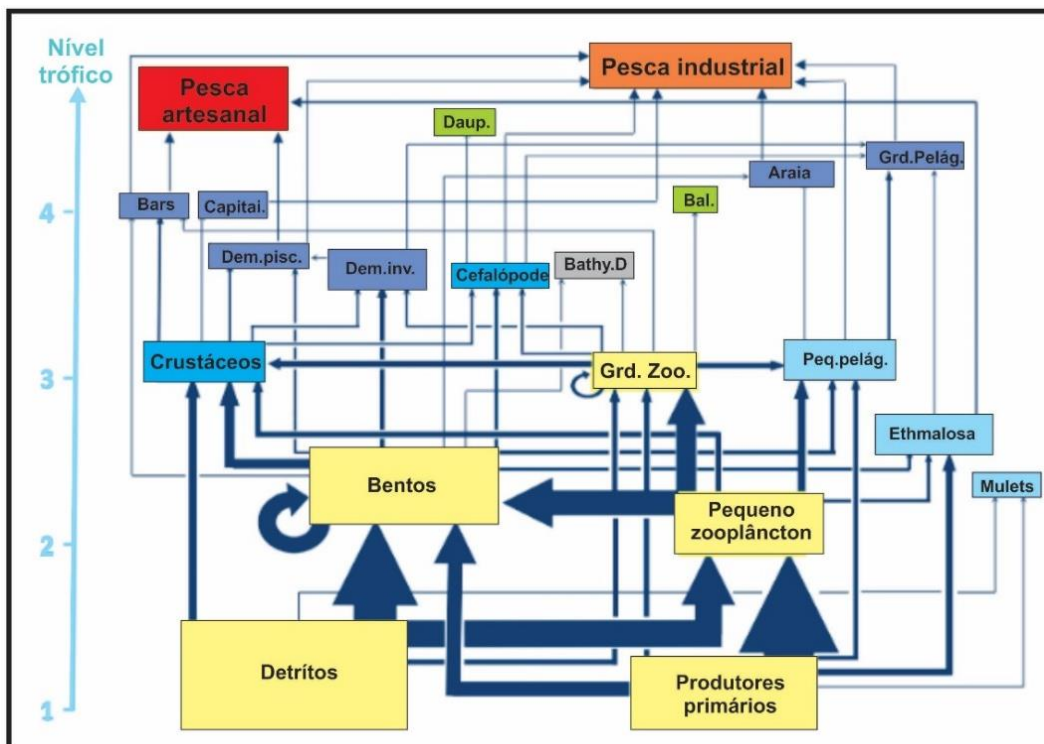


Figura 54 – Modelo Ecopath aplicado ao Golfo da Guiné.
(modificado: Gascuel et al., 2009)

Os pesquisadores começaram a analisar mais detalhadamente as relações entre as espécies exploradas, os seus habitats e os ambientes. Com estes dados iniciaram a construir os chamados modelos de ciclo de vida. A figura 55, representa o modelo de ciclo de vida do salmão do Atlântico Norte ou, mais precisamente, das metapopulações de salmão, no qual representam estas populações de salmão, tanto nas costas americanas como nas costas europeias, bem como sua migração no mar e todos os impactos do ambiente, do clima, principalmente na fase marinha, e da qualidade dos habitats nas zonas de reprodução.

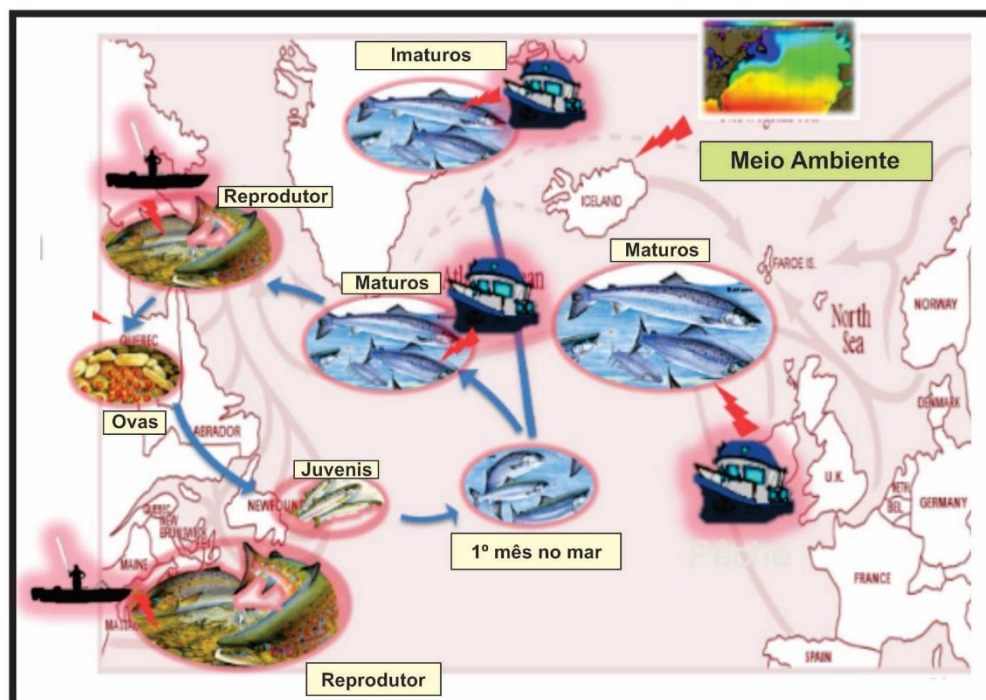


Figura 55 – Modelo de ciclo de vida do salmão do Atlântico Norte.
(modificado: Olmos,2020)

9.3. Natureza dos impactos da pesca nos ecossistemas

A partir destas análises científicas, se observa que a pesca tem 3 tipos principais de efeitos à escala do ecossistema: o primeiro é o que afeta naturalmente as espécies mais sensíveis, as espécies pescadas, se pode pensar em particular nos seláquios (tubarões e raias), mas também as espécies não pescadas, como as aves. Sabe-se que a abundância de aves marinhas decresceu quase 50% desde a segunda guerra mundial. A principal razão é a redução dos seus recursos alimentares e, em particular, das unidades populacionais de pequenos peixes que foram superexplorados.

De um modo mais geral, a pesca modifica os conjuntos de espécies e, portanto, a estrutura trófica e o funcionamento trófico dos ecossistemas. Geralmente os predadores são os primeiros a serem impactados e, quando se superexplora os principais predadores, se inicia a explorar demais suas presas e, em seguida, a presa da presa. Estamos a pôr em marcha uma dinâmica que é o que se chama de “pesca das cadeias alimentares marinhas”, pesca essa em direção a níveis tróficos baixos.

Globalmente se sabe que a pesca, e mais genericamente os impactos ecossistêmicos de todas as atividades humanas, conduzem a formação de ecossistemas que tendem a se tornarem menos produtivos devido aos impactos nos habitats e, para a pesca, devido ao fato de selecionar espécies de interesse e deixa no ambiente espécies não pescáveis, ocasionando ecossistemas mais instáveis, devido à redução da abundância de predadores. Esses predadores desempenham um papel regulador dos ecossistemas. Para ecossistemas que se tornam menos reversíveis devido aos impactos nos habitats, nas relações com agentes patogênicos e parasitas e na diversidade genética, são impactos muito mais difíceis de reverter.

9.4. Redução dos impactos ecossistêmicos da pesca: o quadro geral

A partir destas observações é necessário construir uma gestão da pesca que seja ela própria uma gestão baseada no ecossistema. Hoje os princípios são conhecidos e a implementação, entretanto, ainda está no início. O princípio geral é bastante simples; se deve procurar em todo o lado, em todos os momentos, uma redução progressiva, tão rapidamente quanto possível, de todos os impactos da pesca nos ecossistemas, devendo-se ter como objetivo minimizar esses impactos. Se olharmos para o que diz o Regulamento da Política das Pescas (RPP), esse afirma claramente que o objetivo é proteger e conservar os recursos marinhos vivos de qualquer espécie que seja considerada ameaçada, por exemplo, as espécies incluídas na lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), devem estar sujeitas à proibição de qualquer pesca dirigida. Em seguida temos de garantir a exploração sustentável de outras espécies, devendo-se, portanto, continuar a pescar, mas devemos fazê-lo minimizando, ao mesmo tempo, o impacto das atividades de pesca nos ecossistemas marinhos. Existem diversas alavancas de ação que merecem ser implementadas de forma muito mais enérgica do que ocorre hoje.

9.5. Alavancas para uma abordagem ecossistêmica das pescas

A primeira alavanca é, sem dúvida, rever as atuais regras de gestão. A gestão atual é baseada no princípio do rendimento máximo sustentável. Esta gestão com rendimento máximo sustentável deve ser substituída por uma gestão otimizada, trabalhando especificamente na otimização dos tamanhos de pesca e das malhas de pesca. Sabe-se que isso permitiria pescar tanto como atualmente, com menor impacto em cada um dos recursos explorados.

A segunda alavanca consiste em pensar à escala do ecossistema, raciocinando sobre o total de capturas, todas as espécies combinadas, mas também os impactos à escala do ecossistema.

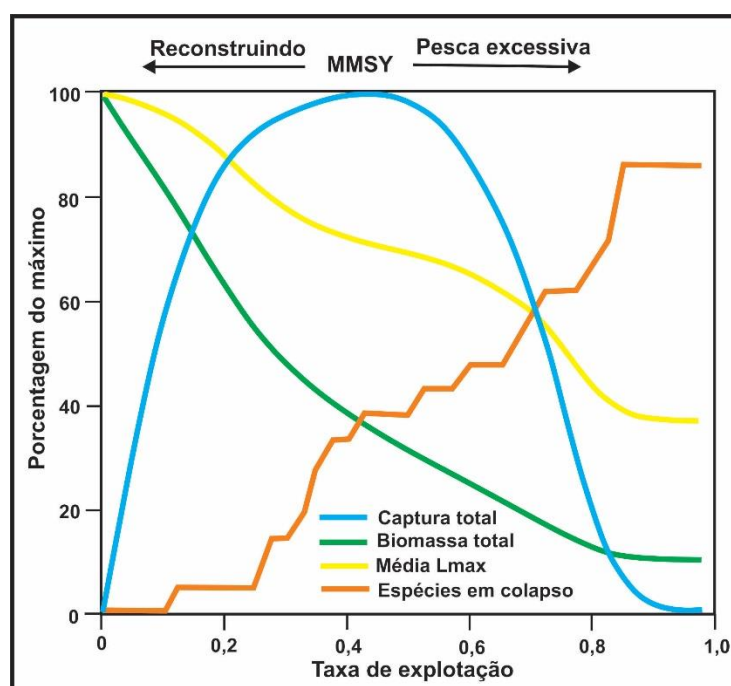


Figura 56 – Gráfico de captura total, biomassa total e espécies em colapso.

No gráfico da figura 56, a curva azul representa as capturas de todas as espécies combinadas, expressas em função da taxa de exploração, portanto a percentagem de espécies que são capturadas todos os anos. É uma representação teórica em que todas as espécies nas pescas globais de hoje são exploradas com a mesma taxa de exploração. Este gráfico nos diz que para obter a captura máxima, o que chamamos de “rendimento máximo sustentável multiespécies”, precisaríamos de uma taxa de exploração de 0,4 ou seja, 40% do peixe capturado todos os anos. Neste caso, os impactos na escala do ecossistema seriam importantes na abundância global destes recursos, esta é a curva

verde. Muito importante nas assembleias de espécies é o que representa a curva amarela que é um indicador da presença das maiores espécies. Os impactos muito significativos em termos de colapso de parte dos recursos explorados, é dado pela curva laranja. Esta é a proporção de espécies que entraram em colapso, ou seja, cuja abundância foi reduzida em dez ou mais de dez vezes. Vê-se que a maximização das capturas leva a mais de 40% dos estoques em colapso. Por outro lado, um compromisso entre os objetivos de pesca e os objetivos de conservação biológica, consistiria em ter uma taxa de exploração aproximadamente duas vezes mais baixa. Capturar-se-ia então 90% do máximo, para impactos significativamente reduzidos em todos os indicadores.

Por último, a terceira alavanca é o trabalho dos equipamentos de pesca. Neste domínio temos de avançar no sentido de uma revolução nos equipamentos pesqueiros. Sabe-se agora que alguns equipamentos, como as redes de arrasto e as dragas, têm impactos muito significativos sobre o fundo marinho. Não se trata de eliminá-los a curto prazo, porque representam uma parte essencial das capturas, mas temos que, a partir de agora, pensar em novos equipamentos alternativos.

Pode-se dizer que a implementação da abordagem ecossistêmica da pesca em termos de gestão ainda é um trabalho a ser feito. Requer a redefinição da “pesca sustentável” e a promoção de uma nova pesca sustentável. Uma pesca verdadeiramente sustentável, à escala do ecossistema, é uma pesca que gere de forma sustentável os recursos explorados, que esteja interessada na otimização das redes, mas que também esteja interessada no impacto dos habitats, na minimização das capturas e, se possível, na eliminação total de todas as capturas de espécies sensíveis, bem como a captura de carbono, em particular a emissão de CO₂ ou a natureza reciclável dos meios de produção. É promovendo este tipo de pesca sustentável, que conciliaremos verdadeiramente, a longo prazo, a exploração dos recursos marinhos e a conservação da biodiversidade marinha.

X. RECURSOS PESQUEIROS: GESTÃO E CONSERVAÇÃO

Os recursos pesqueiros apresentam três atributos principais: são raros, são renováveis e são comuns. O fato de serem raros levanta a questão da sua gestão e das escolhas impostas pela sua utilização. O fato de serem renováveis levanta a questão da sustentabilidade desta exploração e do conhecimento da dinâmica das populações que são exploradas e o fato de serem comuns levanta a questão da regulamentação do acesso a esses recursos.

10.1. Modelos de avaliação de estoque

Vamos definir a forma como os princípios da dinâmica populacional são mobilizados para produzirem ferramentas que auxiliem na avaliação dos estoques e na sua exploração sustentável. As abordagens de espécie única, estoque por estoque, são amplamente utilizadas na prática. Deve-se começar definindo o que é um estoque. Um estoque é mais ou menos uma população. Fala-se, por exemplo, do estoque de linguado no Golfo da Biscaia.

Precisamente, para ajudar a avaliar estes estoques, são construídos modelos de avaliação de estoques, que são representações matemáticas simplificadas dos processos ecológicos e biológicos, que controlam a renovação e dinâmica das populações.

Nestes modelos, estaremos principalmente interessados em representar o efeito direto da pesca nas populações, com a pesca a funcionar como uma colheita que aumenta a mortalidade direta destas populações. Estes modelos permitirão caracterizar um conceito fundamental de gestão de recursos renováveis, o Rendimento Máximo Sustentável (RMS) (Fig.57).

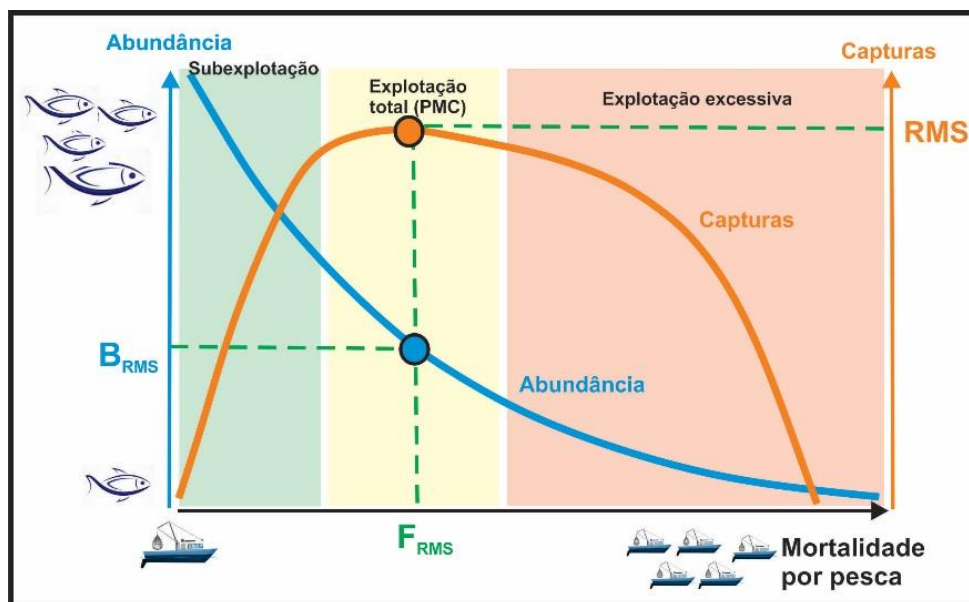


Figura 57 - Rendimento máximo sustentável (RMS).

A RMS refletirá um compromisso ótimo entre a exploração dos recursos e a sustentabilidade. A definição de RMS é a quantidade máxima de recursos que podem ser retirados de um estoque, garantindo ao mesmo tempo a sustentabilidade da renovação desse estoque a longo prazo. Estes modelos permitirão prever a evolução da abundância de uma unidade populacional em função da intensidade da exploração pesqueira.

Globalmente, a abundância do estoque pesqueiro diminuirá naturalmente à medida que a intensidade da pesca aumentar.

Ao mesmo tempo, as capturas irão aumentar inicialmente, enquanto a intensidade da pesca aumentar, até atingir um máximo, e depois começarão a diminuir, quando for ultrapassado esse máximo. Neste momento aparecer o PMC, que é definido como o ponto que maximiza as capturas, que é obtido para uma determinada intensidade de pesca, a qual se denomina de F_{RMS} , e que corresponderá a um nível de biomassa, o B_{RMS} . Na prática, observa-se que este B_{RMS} representa cerca de 30% da biomassa no estado virgem, na maioria dos casos. Esse RMS é realmente uma referência fundamental na qual nos baseamos para definir o estado do estoque e poder orientar a gestão. Globalmente, para simplificar, o objetivo da regulamentação da pesca será tentar manter a pesca nesta zona em torno deste PMC para evitar estar localizada numa área de subexploração ou numa área de exploração excessiva que representa um perigo para a renovação do recurso.

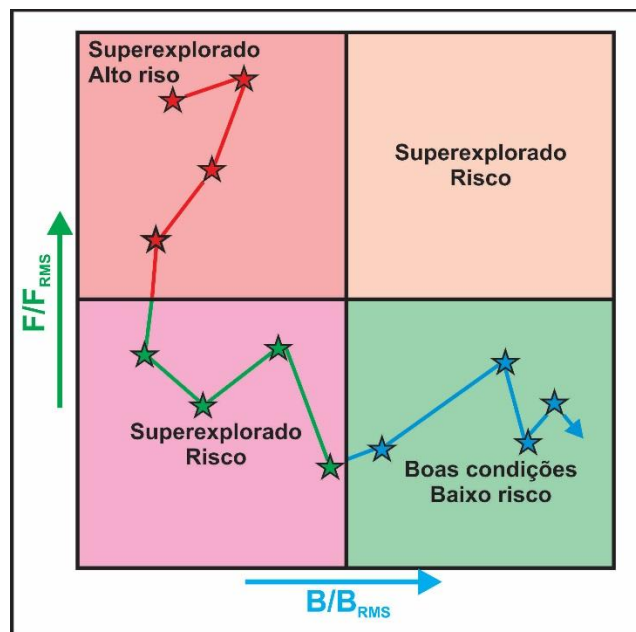


Figura 58 – Diagrama de Kobe.

(modificado: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ5pm-Uivk7FXbNHIq15I6jCcgeLk-xEjnB63GIZGNkLO41dzMyoRq3YAKTQoxH4KE8T5I&usqp=CAU>)

Pode-se completar esses diagnósticos de forma útil com o diagrama de Kobe (Fig.58). O diagrama de Kobe consiste em representar a evolução da situação das ações ao longo de uma série temporal com base em dois indicadores. O primeiro indicador está no eixo X, o nível de biomassa em relação à biomassa no RMS. O segundo indicador é o nível de intensidade de pesca comparado com aquele que se deveria ter no RMS. Vê-se no exemplo da figura 58, que em 2009, portanto o primeiro ano, neste exemplo da

avaliação, estávamos localizados numa zona de alto risco, caracterizada por uma biomassa baixa e uma intensidade de pesca demasiado forte. Como resultado, a pesca foi regulamentada de forma a reduzir a intensidade da pesca, e se observa então a biomassa se reconstituir com algum atraso para atingir, no último ano de exploração, em 2021, um bom estado ecológico caracterizado por baixo risco.

10.2. Causas da variabilidade nos modelos de estoque

Deve-se notar que existe uma grande variabilidade nas configurações em torno deste princípio geral. O primeiro elemento importante desta variabilidade é que a resposta das populações à pressão da pesca irá variar dependendo das características biológicas da espécie, por exemplo, espécies caracterizadas por um forte crescimento, alta fertilidade, mas baixa longevidade, no caso da sardinha, serão caracterizadas por uma elevada produtividade, ou seja, um PMC que representará uma elevada proporção da biomassa no PMC. Por outro lado, espécies como o tubarão, por exemplo, caracterizadas por um baixo crescimento, baixa fecundidade, mas elevada longevidade, serão caracterizados por uma baixa produtividade, ou seja, um RMS que representará uma baixa proporção de biomassa para o PMC (Fig.59). É claro que estas espécies serão, a priori, mais sensíveis à superexploração.

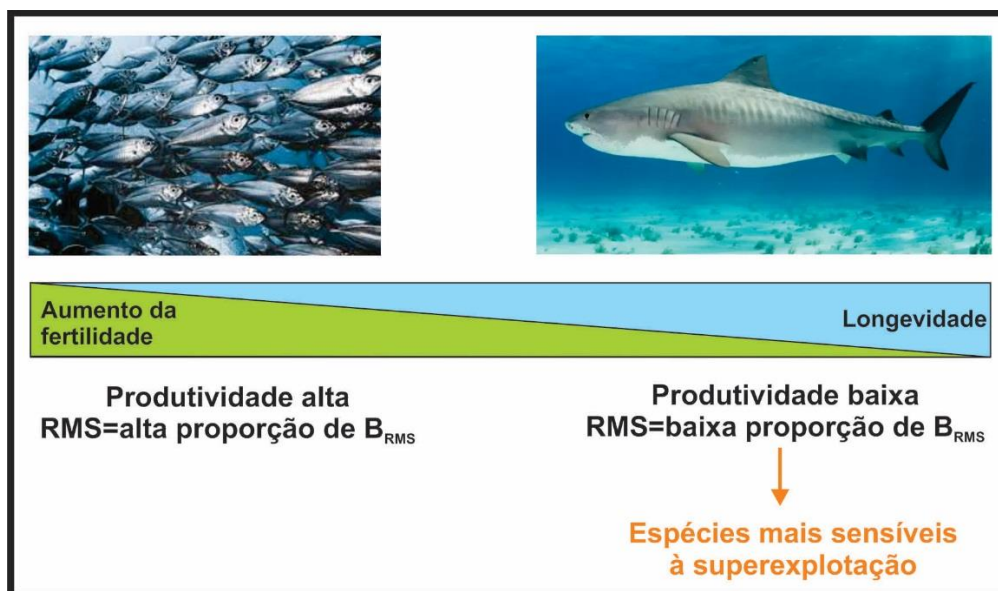


Figura 59 – Estoque de produção em relação a fertilidade e a longevidade da espécie.

Um segundo elemento importante é que o impacto da pressão da pesca sobre as populações dependerá também da estrutura demográfica das capturas. Por exemplo, a malha de uma rede de arrasto ou rede comum, determinará o tamanho mínimo do peixe

que será retido por esta rede, e de um modo geral, vemos que o PMC e a biomassa no PMC aumentarão consideravelmente quando aumentarmos o tamanho ou a idade na primeira captura. Um elemento muito importante, uma segunda alavanca, se quiserem, para a gestão das pescas, será, portanto, uma alavanca técnica que consistirá em incentivar medidas técnicas que favoreçam a captura de peixes mais velhos e maiores.

10.3. Regulamentação do acesso aos recursos: o problema da “corrida ao peixe”

Abordemos agora a questão da regulamentação do acesso aos recursos haliêuticos. Estes recursos são comuns, ou seja, ao contrário das ovelhas nas pastagens de montanha, cada uma das quais pode ser marcada para identificar o seu proprietário a qualquer momento, o peixe no oceano não pode deixar de ser atribuído a um determinado operador. A situação é tal que o peixe, desde que nade livremente, pode ser explorado por qualquer pescador, e é no momento da captura que o peixe é apropriado por um operador e, portanto, não estando mais disponível para outros.

Daqui resulta que se sou um pescador e olho para a minha estratégia de pesca, as minhas capturas dependerão não só do meu esforço de pesca, mas também do esforço de todos os outros operadores que participam na mesma pescaria. E se eu aumentar o meu esforço de pesca, terei um benefício ao meu nível, mas também consequências desfavoráveis ou negativas para os restantes operadores desta pescaria. Há, portanto, uma tendência para o surgimento de uma divergência entre a racionalidade individual, o que pareceria inteligente ou interessante fazer em termos de estratégia operacional, e depois o que o coletivo, a que pertença, consideraria relevante.

Este fenômeno, também denominado corrida ao peixe, conduz a uma tendência para o desenvolvimento de supercapacidade, uma vez que todos serão encorajados a investir para serem os primeiros a ter acesso ao peixe, antes que outros o tenham conseguido capturar. Esta supercapacidade conduzirá a uma escassez de recursos que aumenta a tensão e as dificuldades, mas também a quebras de rendimentos, uma vez que serão comprometidos demasiados recursos face às possibilidades de captura, a conflitos de utilização entre operadores e também, a longo prazo, a uma superexploração do potencial de renovação de recursos que aumentará ainda mais a gravidade destas dificuldades, uma vez que quanto mais escassos os recursos, maiores serão estas tensões e o problema será complicado.

10.4. Funções da gestão da pesca

Existem duas funções principais para a gestão da pesca. A primeira é uma função de conservação a qual tem o objetivo de preservar o potencial de produção e reprodução dos recursos, estabelecendo limites ao total de capturas e determinando ou selecionando indivíduos em populações marinhas exploradas que sejam exploráveis, mas existem também medidas de regulamentação de acesso, estas medidas visam, para o potencial de exploração ou possibilidades de exploração identificadas com objetivos de conservação, determinar quais os operadores que podem aceder a que partes desse potencial. Observa-se de passagem que os economistas propuseram objetivos de conservação que são mais protetores das unidades populacionais do que este famoso rendimento máximo sustentável (RMS).

Se voltarmos ao diagrama anteriormente representado, com as capturas dependendo aqui, já não mais da mortalidade por pesca, mas sim do esforço de pesca, ou seja, do número de navios e da intensidade das atividades, se obtém a curva em sino a qual permite representar a evolução das capturas com este nível de esforço (Fig.60).

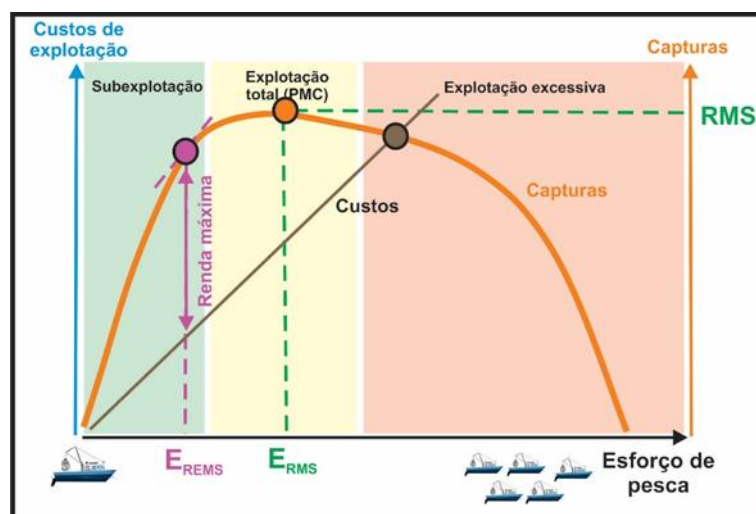


Figura 60 – Gráfico de captura versus esforço de pesca.

Neste gráfico encontramos um máximo que corresponde a esta noção de rendimento máximo sustentável (RMS) para o qual os pescadores, potencialmente, também obtêm o rendimento máximo sustentável, uma vez que as capturas são a base do rendimento das atividades de pesca. Mas pode-se acrescentar, nesta representação, a noção de custo operacional (CO), o qual está representado, no gráfico, como uma linha marrom que apresenta um custo que evolui proporcionalmente com o esforço de pesca.

Quanto maior o esforço de pesca, mais aumenta o custo operacional, e quando somamos esta dimensão e comparamos com a evolução do rendimento, vemos claramente a diferença entre a curva laranja e a linha marrom, em que o lucro máximo, ou a renda máxima extraída desta pescaria, vai obter para níveis de esforço de pesca inferior aos que correspondem ao rendimento máximo sustentável (RMS), pois estaremos em níveis que permitam maximizar a diferença entre rendimentos e custos, e portanto é o esforço para o máximo retorno econômico sustentável (E_{REMS}).

Qualquer que seja o objetivo de conservação, estas medidas serão necessárias, mas não serão suficientes, isso porque na ausência de regulamentação do acesso, não haverá possibilidade de limitar estas tendências ao desenvolvimento de excesso de capacidade que induz perdas econômicas, conflitos, mas também que podem atenuar ou enfraquecer os esforços de conservação continuados na gestão.

10.5. Exemplo de regulamentação: a pesca do linguado do Pacífico

Para melhor demonstrar, tomemos o exemplo histórico da pesca do linguado do Pacífico em que, durante as décadas de 80 e 90, foram feitos esforços para restaurar o recurso através da adoção de medidas de conservação. Na figura 61, as barras amarelas, representam a evolução das capturas autorizadas nessa pescaria ao longo do período, onde se observa que essas capturas aumentaram com a reconstituição da biomassa durante a década de 1980. Mas, ao mesmo tempo, na curva vermelha, se observa que a reconstituição do recurso, a melhoria da produtividade dessa pescaria, atraiu novas embarcações que voltaram a aproveitar essa nova possibilidade de exploração na ausência de regulamentação de acesso.

No final da década de 1980, se observa, na curva azul, uma redução acentuada da duração da campanha de pesca, que agora era de apenas alguns dias, uma vez que o total de capturas possíveis, devido às medidas de conservação, foram capturados com muitos navios em um período muito curto, com consequências econômicas desastrosas. No final da década de 80, início da década de 90, o regulador implementou medidas de regulamentação do acesso, que permitiram inverter completamente esta tendência com uma mudança nas estratégias de pesca, um prolongamento da campanha de pesca por quase todo o ano, e uma redução do número de navios ativos na pesca, com algum sucesso. Assim, se pode ver claramente o benefício destas medidas de regulamentação

do acesso, além das medidas de conservação para garantir a sustentabilidade de uma pescaria.

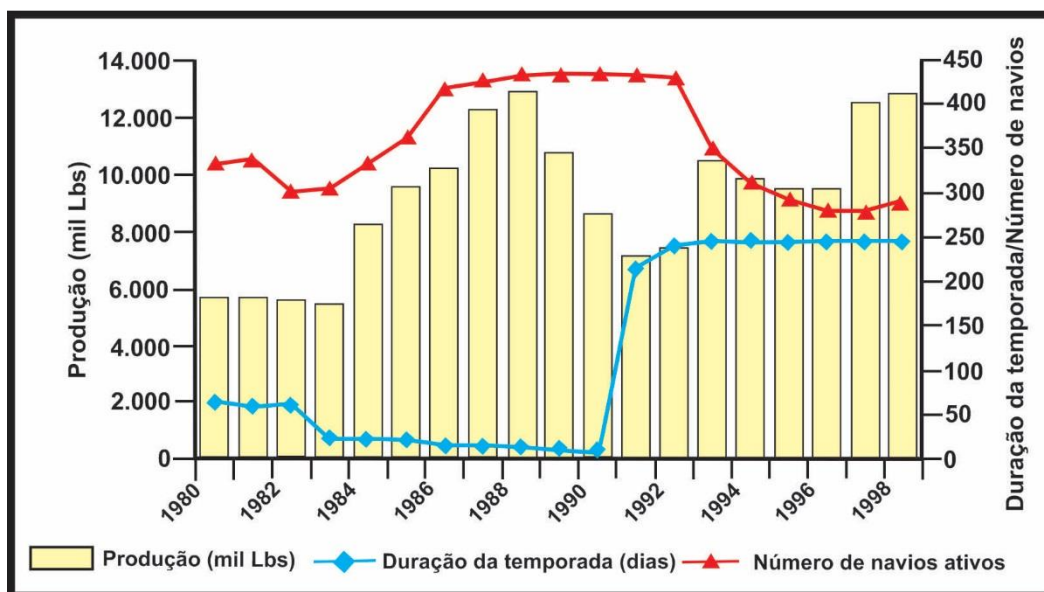


Figura 61 – Regulamentação de acesso à pesca do linguado do Pacífico.
(modificado: Munro, G.R., 2001)

As causas da superexploração dos recursos haliêuticos têm sido bem identificadas há muitos anos. As soluções existem e são relativamente bem conhecidas.

As principais dificuldades residem, muitas vezes, na adoção destas soluções de natureza econômica, social e política. É importante incluir estas dimensões na ciência que apoia a gestão das pescas.

XI. RECURSOS MINERAIS DO OCEANO

11.1. Recursos do domínio raso: areias e cascalhos

Em primeiro lugar, na zona rasa, ou seja, em profundidades de lâmina d'água de cerca de 200-300 m, em alguns locais do oceano, se observa a presença, principalmente, de areia e cascalho. Observe que o que diferencia os dois é o tamanho dos grãos, e não a sua natureza. Quando se fala em areia, geralmente nos vem à mente a areia da praia, a qual é formada, predominantemente, por grãos de quartzo. Mas, pode ocorrer que as areias não sejam da cor branca, formadas pela presença de quartzo, mas sim da cor preta, portanto, sendo essas oriundas de material vulcânico. Outras vezes, temos areias de cor verde, que são formadas por pequenos cristais de peridoto, em especial a olivina. Temos,

também, praias com areias vermelhas as quais são formadas por pequenos grãos de granadas (Fig.62).



Figura 62 – Tipos de areia de composição e cores diferentes.

(modificado: Rio: <https://orlario.com.br/wp-content/uploads/2020/06/areia.jpeg>, Havaí: <https://topbiologia.com.br/wp-content/uploads/2014/09/praias-com-areia-verde-3.jpg>, Islândia: <https://www.ligadoemviagem.com.br/wp-content/uploads/2018/01/viagem-islandia-reynisfjara-48.jpg>, França: <https://crtb.cloudly.space/app/uploads/crtb-bretagne/2022/02/thumbs/ile-de-groix-teddy-verneuil-lezbroz-640x480.jpg>)

Quando se observa o deserto do Saara, na África, ou a Duna de Pilat, na França, ou o Morro do Careca, na praia de Ponta Negra no Rio Grande do Norte, tem-se a impressão de que se trata de um recurso inesgotável, entretanto este não é o caso, se trata de um recurso totalmente esgotável. A prova disso é que atualmente, no Marrocos, algumas pessoas se preparam para melhorar a vida da família, pensando em construir uma pequena casa num loteamento localizado acima de um bonito areal e, quando vão tomar posse da casa, a casa está lá, a praia está lá, mas não tem mais areia, o areal desapareceu, no caso devido a exploração clandestina de areia ou as vezes devido a tempestades de areia.

Temos também, e que pode ser considerado um escândalo ecológico, as estruturas em forma de palmeira criada em Dubai, as quais foram feitas com areia não do deserto, que fica atrás da casa deles, mas com areia que veio de muito longe, que veio da Austrália. Essa areia percorreu 12 mil quilômetros para alimentar esta estrutura em Dubai (Fig.63).



Figura 63 – Ilha artificial de Palm Jumeirah em Dubai.

(fonte: <https://viajonnarios.com/wp-content/uploads/2022/08/dubai-the-palm-jumeirah.jpg>)

Outra questão que surge frequentemente, quando falamos destes recursos superficiais, é que se explorarmos cascalho e areia do ambiente marinho, isso provocara perturbações no ambiente e portanto, se tende a proibir ou, em outros casos, a regular fortemente estes materiais e suas extrações. É certo que necessitamos de areia para construir, portanto, estamos a trazer cascalho ou areia de outros lugares, mas será que estes outros locais são limitados por medidas ambientais ou não, e por outro lado, se deve extraí-los do ponto de vista ecológico e com um gasto energético significativo.

Outro tipo de areia que se pode encontrar são as areias calcárias. Estas são encontradas, por exemplo, no nordeste do Brasil, noroeste da França, na Austrália etc., e são formadas por fragmentos de carapaças de organismos calcários (Fig.64).

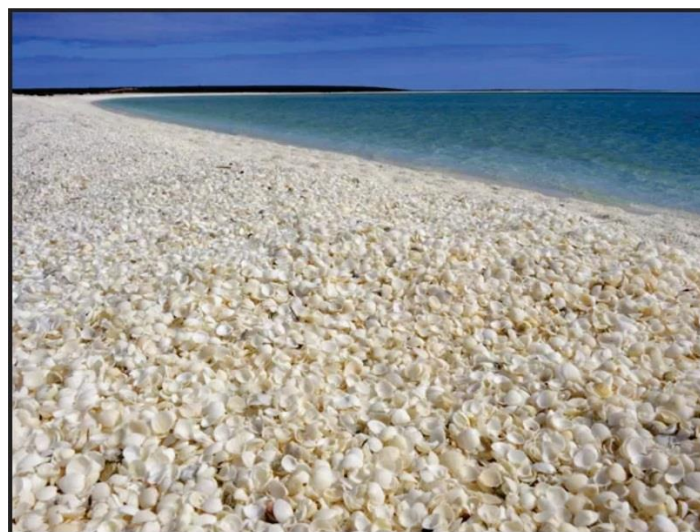


Figura 64 - Praia das Conchas, formada por carapaças de organismos calcários - Austrália

(foto: Anne Montfort / Photononstop/ AFP)

11.2. Recursos do domínio profundo: nódulos e crostas

O domínio marinho profundo se encontra entre uma profundidade em torno de 2.000 - 4.000 m. Quando se fala em recursos do domínio profundo, se pensa, imediatamente, em nódulos polimetálicos nos quais existem Terras Raras. Esses nódulos polimetálicos são muito procurados, pois são muito ricos em cromo, manganês, cobre, níquel, cobalto, etc. A quantidade estimada de nódulos polimetálicos no fundo do oceano Pacífico é muito maior do que qualquer depósito mineral que exista em terra. São quantidades tais que desperta interesse econômico de muitas Nações, mas também desperta preocupação ecológica, porque se formos explorar esses recursos, vamos perturbar algo que se encontra a mais de 3.000 m de profundidade.

Estes recursos aparecem na forma de nódulos pequenos, mas esses nódulos podem atingir 10 ou 20 cm de diâmetro, formando uma espécie de concreções concêntricas, isso porque o nódulo começa a se formar em torno de um núcleo, pode ser um grão de areia, um fragmento de rocha, um dente de tubarão etc. Os nódulos crescem, um ao lado do outro com uma taxa de crescimento médio de 1mm/1000 anos. (Fig.65).

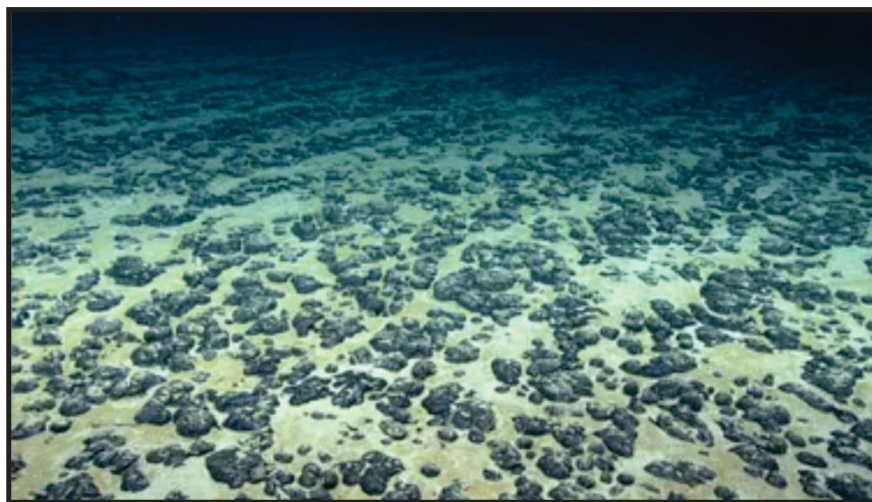


Figura 65 – Depósito de nódulos polimetálicos no oceano Pacífico.
(fonte: <https://media.ambito.com/p/c75715039484a263da1ef1808f453234/adjuntos/239/imagenes/040/870/0040870522/375x211/smart/mineria.jpg>)

O que também é encontrado no fundo dos oceanos, mas que, do ponto de vista da exploração, apresenta ainda mais problemas, são todas as mineralizações que se depositam ao nível das fontes hidrotermais. São sulfetos ricos em cobre, zinco, cobalto, ouro, prata, etc. Todas estas substâncias são úteis para o ser humano, por exemplo, para a confecção de baterias, telefones, naves espaciais, computadores etc. Mesmo assim, por que é que estas substâncias colocam problemas do ponto de vista ecológico? Isso ocorre

porque elas levaram milhares, até milhões de anos, para se formarem e, são espacialmente restritos e contêm ecossistemas hidrotermais únicos. Todos nós já ouvimos falar desses organismos (vermes) que se formam perto das fumarolas negras, eles têm sua importância no ciclo biológico do ambiente (Fig.66).

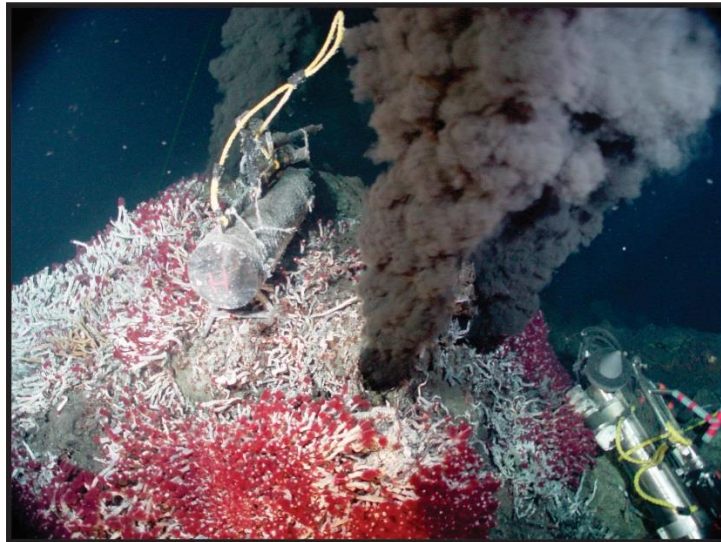


Figura 66 – Fontes hidrotermais com desenvolvimento de organismos ao seu redor (vermes).
(fonte: Photo via NOAA Photo Library and Wikimedia Commons)

XII. INTRODUÇÃO À BIOINSPIRAÇÃO MARINHA

A bioinspiração é tão antiga como a humanidade. É a arte de se inspirar em outras espécies da natureza para resolver problemas humanos. Os caçadores-coletores que observavam os animais selvagens em suas técnicas de caça, utilizavam a bioinspiração. Leonardo da Vinci, no seu “Codex”, disse: “*Entre na natureza, é aí que está o seu futuro*”.

A biomimética é uma postura particular que consiste em dizer: Sim, vamos observar o que outras espécies fazem, para responder aos desafios das alterações climáticas, aos desafios da poluição, aos desafios da destruição da biodiversidade e também às questões da igualdade social. Foi a americana Janine Benyus quem manifestou, pela primeira vez, essa intenção em 1997.

12.1. Principais categorias de bioinspiração

Existem três categorias principais de bioinspiração: A primeira se interessa, sobretudo, na forma. Por que essa concha tem esse formato? A que tipos de restrições ambientais esta forma responde? Como se pode construir edifícios que resistam melhor a ventos fortes, por exemplo, graças ao que essa concha me ensina? Pode-se, também,

recorrer ao design de objetos do cotidiano e não simplesmente as infraestruturas que são como edifícios. Há também um nível de forma mais sutil que é encontrado em materiais vivos, micro ou nanoestruturas. Se utilizarmos o exemplo da pele dos tubarões, tentando entender por que não existem organismos marinhos capazes de se agarrar a esses tubarões, o que poderia ser interessante para aplicar a cascos de embarcações, pois o acúmulo de organismos presos ao casco, acabam prejudicando a embarcação da capacidade de se deslocar no ambiente aquoso. A mesma coisa ocorreria com o predador que é o tubarão, este teria sua locomoção prejudicada pelos organismos presos a sua pele. Percebe-se que é a nanoestrutura, como as pequenas cristas presentes na pele do tubarão, que explica por que os organismos biológicos não conseguem se fixar.

A segunda grande porta de entrada, são os processos. A questão principal é como isso funciona? Como funciona um cardume de peixes? Como é criada a sincronização entre os indivíduos do cardume e o que se pode aprender com ela em termos de algoritmos, por exemplo, para reduzir o congestionamento em uma cidade? Estamos realmente no lado mais algorítmico e de processo operacional.

A terceira forma de fazer bioinspiração, aquela que realmente nos interessa no caso da própria biomimética, respondendo aos desafios da época, são as receitas de sucesso que emergem de 3,8 bilhões de anos de testes e erros de vida na Terra. O que se quer dizer com isso? Por exemplo, a água é o solvente universal na química da vida. A vida depende de átomos abundantes como tijolos em uma construção, em vez de átomos raros como carbono, oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre. As nossas economias se baseiam, pelo contrário, na escassez e, muitas vezes, em solventes agressivos. Os seres vivos atuam em temperaturas e pressões moderadas. Utilizamos processos industriais de alta pressão e alta temperatura. Qualquer desperdício é recurso de uma pessoa, qualquer desperdício de pessoa é recurso de outra pessoa. Isto é o que hoje se chama de economia circular e estamos tentando nos aproximar disso.

Existe também uma economia viva que é bastante fixadora de carbono. Afinal, as conchas dos organismos marinhos ou dos corais de águas tropicais são fixadoras de carbono na forma de calcário, há milhares e milhares de anos. Acontece a mesma coisa nos constituintes do que chamamos de biomassa, os tecidos dos seres vivos. Ainda estamos nos perguntando como reduzir as emissões de carbono. Observa-se através desses exemplos que as estratégias dos seres vivos é de imitá-las, e isso é o que chamamos de “biomimética”, imitação de estratégias que são virtuosas em relação aos nossos desafios da época.

12.2. Funções da vida exploradas pela biomimética

Pode-se acabar com grandes categorias de funções que também servirão como migalhas para explorar a complexidade da vida e resolver os nossos problemas. Encontraremos, nos organismos marinhos, muitas estratégias para capturar e filtrar elementos: uma vieira, um peixe com suas mandíbulas, um caranguejo com suas garras... O que se pode entender como uma receita de design para capturar e filtrar elementos, em outro contexto? Pelo contrário, acabaremos por ter funções que estarão mais ligadas ao movimento, em diferentes tipos de ambientes líquidos, como movimento de peixes, movimento de mamíferos marinhos, etc. Não estão relacionados, mas em ambos os casos são membranas onduladas que parecem ter sido selecionadas como a forma ideal para se mover na água, o que se chama convergência evolutiva, e que significa que foi o ambiente que, em certa circunstância, ditou esta forma. Isto é muito interessante para a biomimética ou bioinspiração. Entretanto, teremos organismos que necessitam se ancorarem em grandes ou pequenas correntes ou mesmo através das ondas, para se deslocarem de um local para outro. As algas marinhas, por exemplo, têm uma estrutura de fixação muito particular, a qual pode nos ajudar a imaginar métodos de fixação interessantes para diferentes indústrias. Certos organismos apresentam capacidade de se protegerem de ataques que podem vir de fora, sejam ataques de organismos vivos, como um predador, mas também de alterações nas condições do ambiente, como o que acontece na maré baixa com certos mariscos que são capazes de manter, dentro de si, condições que favorecem a sua vida, mesmo que a água já não exista. Por fim, temos os cardumes de peixes, que se comunicam e se deslocam sincronizados. Como isso acontece? Existem exemplos maravilhosos nos oceanos de comportamento grupal sincronizado que podem servir como fontes de inspirações muito variadas. E há muitas outras funções que se pode imaginar e que poderíamos utilizar em nosso dia a dia (Fig.67).

Um campo fascinante de experiências e inovações se abre diante de nós. Temos oito milhões de espécies conhecidas pela ciência e os cientistas nos alertam que uma em cada oito espécies, está ameaçada de extinção pelas atividades humanas. Assim, a proposta da biomimética é uma proposta de visão integrada da saúde comum. Saúde dos indivíduos humanos, claro, saúde biológica e saúde emocional. E o oceano é fonte de inspiração, espiritualidade, poesia, mas também fonte de alimento.

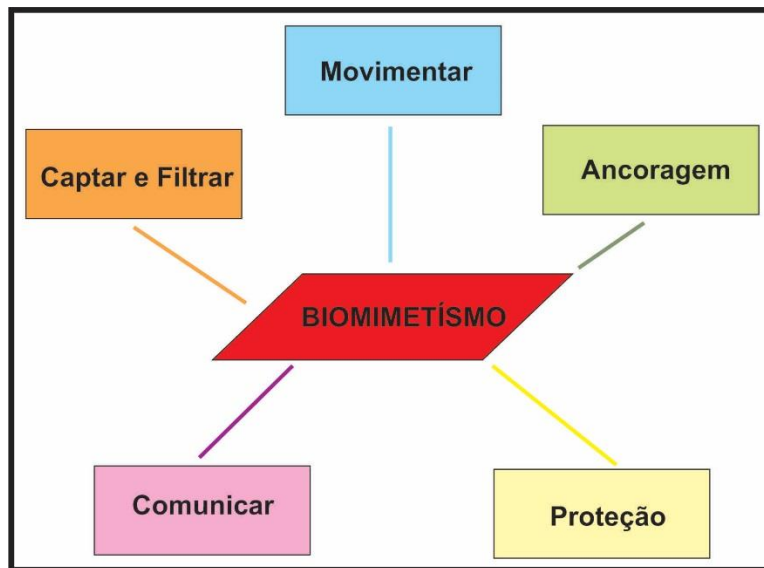


Figura 67 – Esquema do biomimetismo.

A saúde das nossas sociedades, a saúde democrática por exemplo, mas também a saúde dos ecossistemas que nos acolhem e que nos prestam tantos serviços: esta é a postura da biomimética e esta é a grande aventura.

XIII. BIOTECNOLOGIA MARINHA

13.1. Definição de biotecnologia

Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a definição de biotecnologia, estabelecida em 2005, é: “A aplicação da ciência e da tecnologia aos organismos vivos, bem como aos seus componentes, produtos e modelos, para modificar materiais vivos ou não vivos para fins de produção de conhecimento, bens e serviços”.

Dentro das biotecnologias, a biotecnologia marinha é definida como o uso de recursos biológicos marinhos como alvos ou fontes de aplicações biotecnológicas. Às vezes se caracteriza as diferentes biotecnologias pelo seu campo de aplicação, atribuindo-lhes cores. Por exemplo, vermelho para o campo de aplicação na indústria, verde para a agricultura e amarelo para a química. Muitas vezes utilizamos o termo biotecnologia azul para designar biotecnologias marinhas, mas elas diferem de outras biotecnologias, porque não se caracterizam pelo seu campo de aplicação, mas pela origem dos organismos ou pelo ambiente que é valorizado, como os organismos marinhos ou os recursos marinhos.

13.2. Interesses dos recursos marinhos para as biotecnologias

O que fortalece o potencial biotecnológico é a exploração e valorização desta biodiversidade marinha que é ilustrada pela biodiversidade microbológica. Estes incluem vírus, bactérias, fungos, microalgas, protistas, mas também invertebrados e larvas de peixes. Estima-se que atualmente se conheça apenas algumas porcentagens desta biodiversidade marinha, ou seja, aquela que foi caracterizada, isolada ou mesmo cultivada. A exploração e valorização desta biodiversidade marinha tem inúmeras aplicações num certo número de domínios: cosmética, ambiente, biomateriais, alimentação nutracêutica, bioprocessos, energia, saúde e nutrição vegetal ou saúde e nutrição animal. Por exemplo, certos organismos marinhos, como esponjas, bactérias, microalgas, mas também outros, sintetizam moléculas de real interesse para a saúde animal, que podem dar origem a novos antibióticos, agentes anticancerígenos, analgésicos ou outros medicamentos.

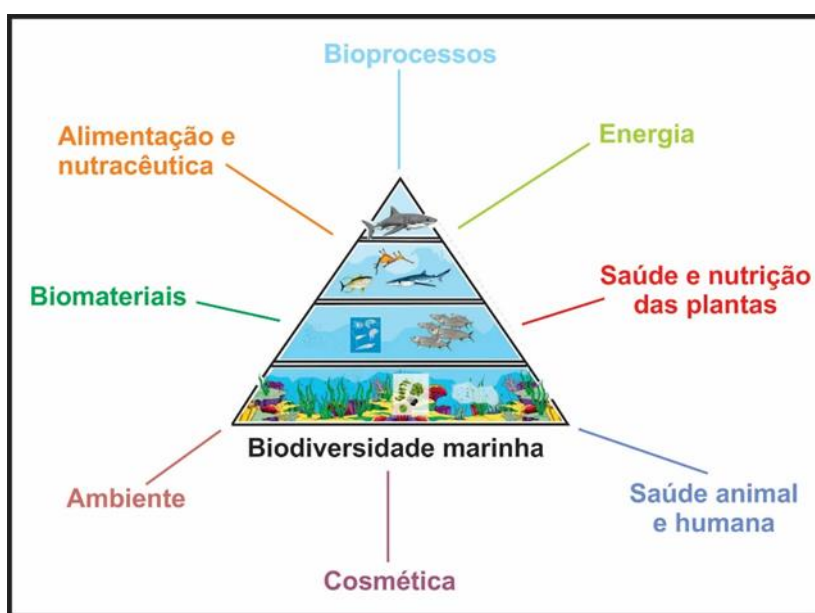


Figura 68 – A biodiversidade marinha e o potencial biotecnológico.

É também a diversidade do ambiente marinho que constitui outro ponto forte da biotecnologia marinha. Existe uma grande diversidade destes ambientes marinhos, desde zonas costeiras temperadas até às profundezas abissais oceânicas, incluindo zonas polares e regiões tropicais. Os organismos marinhos que vivem nestes habitats muito variados, desenvolveram mecanismos moleculares que lhes permitem se adaptar a um certo número de estresses abióticos, como a salinidade, a temperatura, estresses bióticos, como a resposta a agentes patogênicos, mas que também lhes permitem se comunicarem uns com os outros ou com o seu ambiente. E estes mecanismos moleculares podem ser

descritos como novas vias metabólicas, que permitirão isolar e depois produzir metabólitos secundários que podem levar a inovações em biotecnologia muito promissoras (Fig.68).

13.3. Surgimento das biotecnologias

Considera-se que a biotecnologia marinha surgiu no início da década de 1990, quando vários cientistas visionários e pioneiros, decidiram desenvolver este campo da ciência. Vejamos algumas datas importantes: Em 1995, foi criada a Sociedade Europeia para a Biotecnologia Marinha, em 1999, foi publicado o primeiro número da revista "*Marine Biotechnology*", e nos anos 2000, um passo importante foi a chegada da genômica marinha, que realmente revolucionou a área e que deu um impulso ao setor da biotecnologia marinha. Isto representa, de certa forma, um avanço tecnológico que permitiu realmente alargar a base de conhecimentos sobre os organismos marinhos e que, portanto, deu um novo impulso ao setor da biotecnologia marinha. Isto é ilustrado tanto a nível nacional como a nível internacional, através de publicação de relatórios estratégicos.

13.4. Cadeia de valor ligada às biotecnologias marinhas

As atividades da biotecnologia marinha podem ser representadas através de uma cadeia de valor com diferentes etapas processuais, desde o recurso marinho até o mercado relevante (Fig.69).

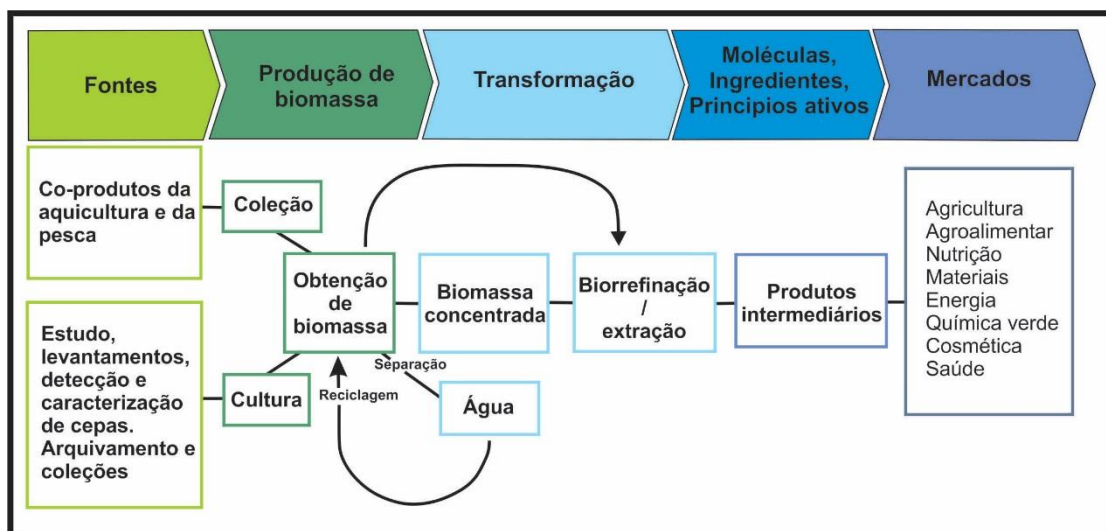


Figura 69 – Cadeia de valor das diferentes etapas processuais da biotecnologia marinha.

(modificado: Boyen & Jaouen, 2015)

O recurso marinho diz respeito à valorização de coprodutos da aquicultura ou da pesca ou à valorização da biodiversidade marinha. Neste último caso, se trata de isolar organismos marinhos no seu ambiente, caracterizá-los e cultivá-los. O ideal é poder mantê-los em coleções ou bibliotecas de armazenamento, para garantir a rastreabilidade desse recurso e torná-lo acessível a potenciais usuários. Entretanto a utilização dessa biomassa marinha deve ser feita de forma sustentável. Não há dúvida de que a biotecnologia marinha irá esgotar os recursos naturais ou degradar os já frágeis ecossistemas marinhos. O desenvolvimento de técnicas de cultivo de organismos marinhos, seja em terra, utilizando biorreatores, ou no mar com infraestrutura, é uma questão essencial para que as biotecnologias marinhas tenham um setor sustentável. Os diferentes processos envolvidos na transformação dessa biomassa dizem respeito, por exemplo, à moagem, concentração, extração, refinamento. Todas estas etapas levarão à produção e, possivelmente, à purificação de moléculas, ingredientes e princípios ativos que serão então valorizados e utilizados em diferentes mercados econômicos.

13.5. Exemplo das algas marinhas

Vejamos um exemplo de pesquisa aplicada em biotecnologia marinha. As grandes algas marinhas, sejam verdes, vermelhas ou castanhas, as que vivem nas costas de muitos países, têm a característica de sintetizar polissacarídeos extremamente originais e muito variados. Esses polissacarídeos podem ser definidos como polímeros complexos constituídos por unidades de açúcar, e todas essas unidades de açúcar podem ser muito variadas. Essas algas marinhas, no seu ambiente natural, são colonizadas por bactérias marinhas que utilizam os polissacáridos, contidos na parede das algas, como fonte de carbono para crescerem e se multiplicarem. Neste exemplo, utilizamos uma bactéria marinha específica que tem a capacidade de crescer numa grande variedade de algas, o que não é o caso de todas as bactérias. O genoma desta bactéria foi sequenciado e se conseguiu identificar todo um arsenal enzimático que permite a essa bactéria digerir um determinado número de polissacarídeos. Essas enzimas foram purificadas, produzidas e utilizadas como tesouras moleculares, para digerir esses polissacarídeos em locais específicos e produzir oligossacarídeos, ou seja, pequenas moléculas de açúcar. Esses oligossacarídeos têm atividades biológicas particulares que são exploradas, valorizadas e utilizadas em diferentes áreas: cosmética, nutracêutica, nutrição animal e saúde humana.

XIV. ALGUNS EXEMPLOS DE BIOINSPIRAÇÃO MARINHA

Vamos explorar, através de alguns exemplos, a importante contribuição da biodiversidade marinha para a biomimética. Vamos primeiro nos concentrar na questão da saúde e, em particular, nas moléculas bioativas.

14.1. Exemplo de conus

O conus é uma espécie de molusco que possui um dos venenos mais temíveis do mundo marinho. Esse veneno é composto por proteínas específicas, as conotoxinas, que possuem inúmeras atividades terapêuticas. Graças a esse molusco é que temos a fabricação da ziconotide, um poderoso analgésico 100 a 1.000 vezes mais potente que a morfina, não vicia e tem a vantagem de ser facilmente sintetizada em laboratório (Fig.70).



Figura 70 – Molusco da espécie *Conus magus*, cujo veneno é o primeiro a ser fonte de fármaco de origem marinha.

(fonte: <https://inaturalist-open-data.s3.amazonaws.com/photos/184908848/large.jpg>)

14.2. Exemplo de equinodermas

O equinoderma da espécie *Neogymnocrinus richeri*, muito particular, possui pigmentos denominados gimnocromos, que são ativos contra o vírus da dengue. A dengue é uma doença emergente para a qual atualmente não há tratamento e falta profilaxia. Esses gimnocromos são utilizados no desenvolvimento de uma vacina contra a dengue (Fig.71).

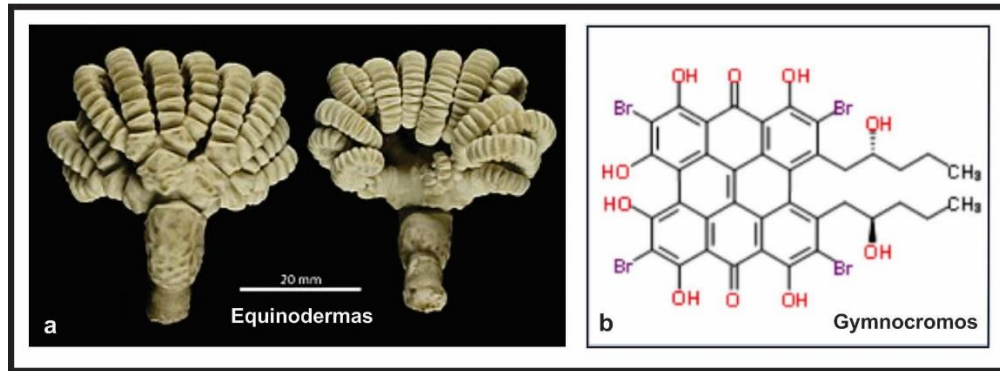


Figura 71 – a) Equinoderma da espécie *Neogymnocrinus richeri*. b) Estrutura química do pigmento gimnocromos. (modificado: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/73/Neogymnocrinus_richeri_02.jpg/290px-Neogymnocrinus_richeri_02.jpg)

Outro equinodermo, que não carece de tempero nem de desenvoltura, é o ouriço-do-mar (Fig.72a). O aparelho mastigador do ouriço-do-mar é chamado de lanterna de Aristóteles (Fig.72c). A estrutura, arquitetura e propriedades desta lanterna inspiraram os fabricantes na elaboração de um dispositivo de biópsia, sendo este dispositivo muito mais confiável e preciso do que muitos dispositivos de biópsia existentes no mercado (Fig.72d). Outros cientistas também se interessaram pela lanterna de Aristóteles e desenvolveram um alicate de cinco pontas que pode ser usado para extrair rochas e sedimentos em outros planetas, como pinças em braços de robôs interplanetários.

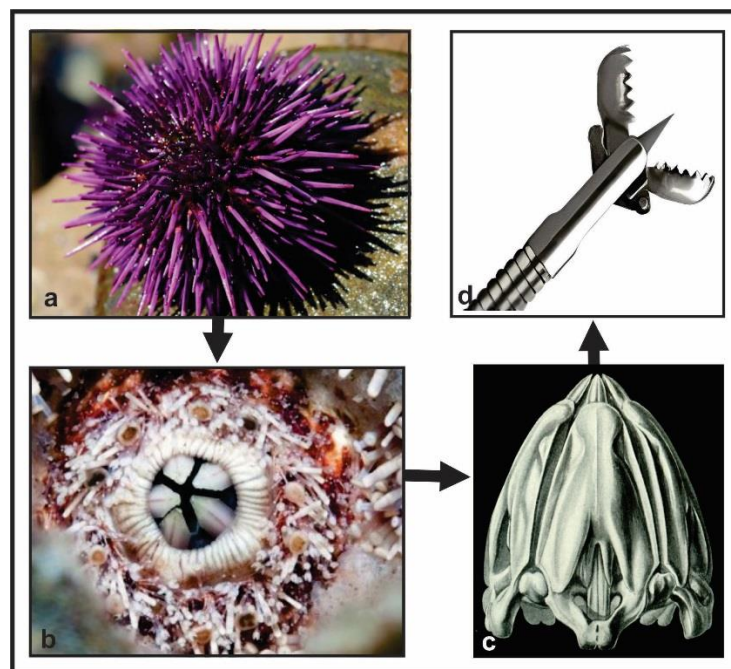


Figura 72 – a) Ouriço-do-Mar, b) Dentes de Ouriço-do-Mar e Lanterna de Aristóteles, c) Lanterna de Aristóteles, d) Pinça de biópsia autoclavável flexível. (modificado: a) https://www.funverde.org.br/blog/wp-content/uploads/2020/12/Ourico_do_mar.jpg, b) <https://www.thelivingcoast.org/wp-content/uploads/2015/02/Aristoteles-Lantern-300x232.jpg>, c) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/Lanterne_d%27Aristote_%28Haeckel%29.png, d) https://images.tcdn.com.br/img/img_prod/968126/pinca_de_biopsia_autoclavavel_flexivel_gastro_com_espicula_4769_1_ccaa1446037cfbc7144b600d33361e9c.png)

Se olharmos para o esqueleto do equinoderma, que é composto de carbonato de cálcio, vemos que ele tem uma estrutura de galeria muito particular (Fig.72b,c). Essa estrutura inspirou fabricantes que criaram baterias de lítio, que são muito mais eficientes quando temos essa rede presente. Finalmente, este esqueleto, graças às suas propriedades, pode ser utilizado como enxerto ósseo, durante reconstruções cirúrgicas. Se descermos ao nível molecular, este ouriço-do-mar tem uma molécula chamada ciclina, que tem um papel importante no combate ao câncer.

14.3. Exemplo de esponjas

A esponja da espécie *Euplectella* é caracterizada por um esqueleto feito de fibras de sílica. Estas fibras são muito flexíveis e a esponja irá acumulá-las à temperatura ambiente e irá integrar sódio as mesmas, o que aumentará a condutividade da luz através das fibras. Se compararmos agora estas fibras das esponjas com as fibras ópticas atuais, que são frágeis, menos eficientes e, sobretudo, produzidas a altas temperaturas, portanto muito consumidoras de energia, é interessante perceber como é que a esponja produz fibras à temperatura ambiente e integrando sódio, o que proporciona fibras muito fortes, flexíveis e de alto desempenho. Se olharmos agora com mais detalhes para este esqueleto, vemos que é muito particular, é formado por uma treliça de espículas de sílica e que as bordas também estão preenchidas com espículas. Essa estrutura confere rigidez ao animal, embora o material utilizado seja frágil (Fig.73). A estrutura dessas esponjas, serviram de inspiração para o arquiteto que construiu a torre "Gherkin" em Londres (Fig.74).

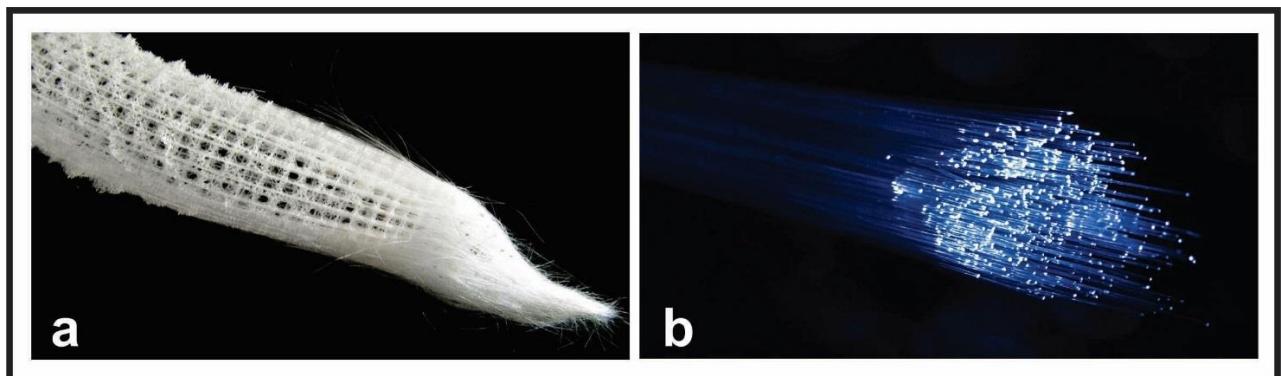


Figura 73 – a) Esqueleto silicoso de esponja da espécie *Euplectella sp.*, b) Fibras ópticas
(modificado: a) https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/Animals_SignsStructuresEtc_AnimalProducts_00064.jpg, b) https://i.blogs.es/36e039/fibra/1366_2000.jpeg)



Figura 74 – Torre Gherkin de Londres construída com base na estrutura da esponja da espécie *Euplectella*.
(fonte: <https://www.xpecialdesign.com.br/wp-content/uploads/2019/06/Gherkin-30-St-Mary-Axe-1.jpg>)

14.4. Exemplo de poliquetas

Os recifes, construídos por poliquetas da espécie *Sabellaria alveolata* (Fig.75c), são encontrados abundantemente na costa atlântica (Fig.75a). Além de abrigar uma vida selvagem significativa, têm a capacidade de proteger a linha costeira da erosão. Isto é possível graças à estrutura destes recifes. Na verdade, sob forte pressão, certas partes do recife podem romper, mas a estrutura permanece no lugar. Esse recurso inspirou os japoneses a criar alguns de seus diques. Se olharmos mais de perto para estes recifes, observamos estruturas em forma de favos de mel, que resultam da justaposição de uma infinidade de tubos construídos por estes anelídeos (Fig.75b). São grãos cimentados com uma cola atóxica e que têm a particularidade de serem resistentes aos fluidos. Essas propriedades hidrofóbicas inspiraram os fabricantes que criaram uma cola polimérica, que é utilizada em intervenções cirúrgicas, tornando-as não invasivas.

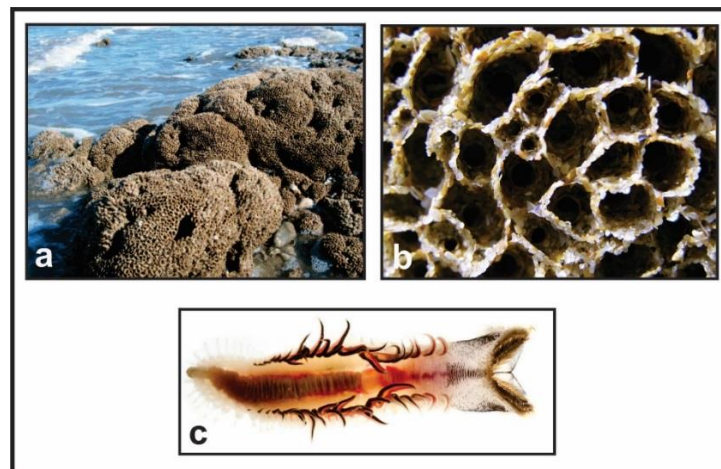


Figura 75 – a) Recife formado por poliquetas da espécie *Sabellaria alveolata*, Mediterrâneo, b) Detalhe dos alvéolos do recife, c) *Sabellaria alveolata*.

(modificado: a) foto de J. Ilkins, Sandulli,2012, b) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/Sabellaria_alveolata_reef_closeup.jpg, c) <https://www.honeycombworms.org/>)

14.5. Adesivos bioinspirados

Adesivos pode ser encontrado em filos diferentes quando se observa organismos. Se olharmos mais de perto para o mundo vivo e focarmos no mundo animal marinho, vemos que os adesivos estão presentes em vários grupos: esponjas, vermes, moluscos, mexilhões, crustáceos, mais particularmente entre cracas e equinodermas, estes últimos têm a particularidade de poder se aderir e se desprender com muita facilidade, tal como um velcro (Fig.76). Estes adesivos biomiméticos constituem um grande desafio para a indústria, nomeadamente para a indústria da construção, para a indústria naval, bem como para a medicina.

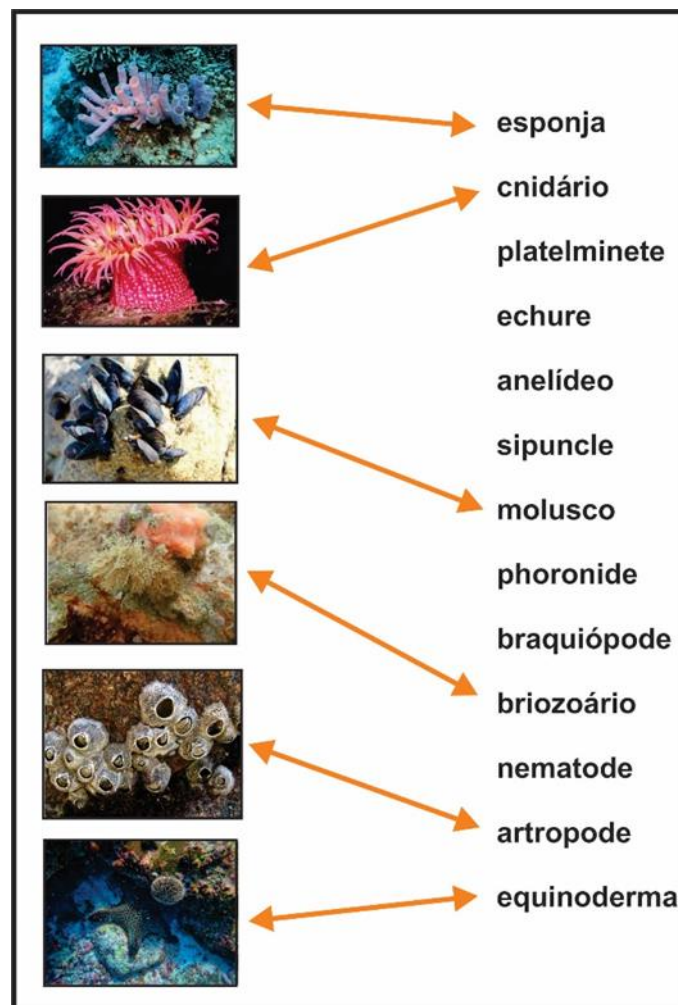


Figura 76 – Principais organismos biomiméticos que apresentam aderência a superfície em que vivem.

A biodiversidade marinha é um reservatório incrível do qual a humanidade pode extrair soluções bioinspiradas e ecoinovadoras. Na verdade, durante a evolução, os organismos desenvolveram inúmeras inovações, num contexto de parcimônia energética

e degradação de resíduos. No entanto, existem muitos obstáculos que limitam o desenvolvimento desta biomimética. Estes obstáculos são, em particular, os custos financeiros, a impossibilidade de reproduzir processos tão eficientes como os organismos vivos, a disponibilidade de recursos biológicos e a ética. Além disso, esta biodiversidade marinha é muito frágil e é fortemente impactada pelas mudanças globais. É por isso que se deve garantir que a biomimética não caia numa abordagem utilitarista da biodiversidade, mas, pelo contrário, contribua para salvaguardar o potencial evolutivo dos seres vivos. Assim, a investigação de inspiração biológica servirá como fonte para aumentar o conhecimento científico, a fim de melhor preservar a biodiversidade e servir como oportunidades para a transição ecológica.

XV. UMA VISÃO DAS CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS SOBRE QUESTÕES ATUAIS

Trinta por cento da população mundial vive perto da costa e os demógrafos preveem aumentos substanciais, com a população costeira a aumentar dos atuais 680 milhões para mais de um bilhão, em 2050. As rotas marítimas são cada vez mais utilizadas e nenhum continente parece seguro. A batalha continua no Ártico e os riscos são altos.

15.1. Oceano e Humanidade: compreender os usos, riscos e atores

Compreender o oceano e as ligações que a humanidade estabelece com ele, exige questionar o trabalho nas ciências humanas e sociais. Isto demonstra a diversidade de abordagens ligadas às disciplinas de economia, antropologia, história, psicologia, sociologia, direito, ciência política, e às questões associadas a este espaço: superexploração, riscos costeiros, desigualdades, questões de poder, regulação de acessos e práticas. Se na época do que se descreve como Antropoceno, se percebe a vulnerabilidade do oceano, se sabe também que as populações locais, ou não, serão afetadas. Os contextos sociais, culturais e econômicos são diferentes, dependendo dos espaços geográficos e dos tempos.

Como os humanos pensam sobre o oceano? Que atividades são realizadas nesse oceano? Todos têm acesso a este espaço? Todos se beneficiam das comodidades? Que serviços o oceano oferece aos humanos? Quais são os riscos associados de poluição e submersão? Quais atores estão envolvidos na sua gestão?

O oceano representa um espaço comum onde muitos usos surgiram e aumentaram durante muitas décadas. Isto gera um contexto em que pode surgir um certo número de riscos para o ambiente, para as sociedades, para a economia, e potenciais riscos de conflitos. Neste contexto, é necessário considerar o oceano não como um ecossistema, mas como um socioecossistema.

15.2. Ciência Humana e Social (CHS) para melhor compreender a dinâmica do socioecossistema “Oceano”

Este socioecossistema é representado por dinâmicas relativas às interações entre ambientes naturais e sociedades humanas, mas também por interações dentro das sociedades humanas em relação ao oceano. É por isso que é interessante mobilizar diferentes disciplinas das ciências humanas e sociais, para poder compreender melhor estas interações dentro da sociedade e entre a sociedade e o ambiente natural. Dentre essas disciplinas, algumas se concentram na descrição do comportamento individual, como a psicologia, por exemplo, outras estão mais interessadas na questão da compreensão da dinâmica social, como a sociologia, a economia, mas também o direito. Finalmente algumas centram a sua atenção em sistemas simbólicos, como a psicologia ou a antropologia. Tudo isto se expressa em diferentes escalas espaciais e temporais, o que exige que invoquemos a geografia, como também a história.

Quando podemos oferecer um diagnóstico integrado mobilizando estas diferentes disciplinas no socioecossistema, temos mais chaves para gerir melhor estes ecossistemas para melhor compreender a sua dinâmica e, em última análise, avançar para mais sustentabilidade.

15.3. Exemplos de trabalhos de investigação

Levain (2013), adota uma abordagem antropológica para analisar a poluição marinha. À medida que estas se tornam visíveis nas costas, como a proliferação de algas verdes, é importante identificar o que nos dizem sobre as transformações sociais e culturais, bem como sobre acontecimentos passados e compreender melhor as questões associadas, que vão além dos aspectos ecológicos.

Ainda no campo da antropologia, Mariat-Roy (2009), questiona imaginários e representações de ambientes marinhos construídos de acordo com viagens e experiências sociobiográficas e ancorados nas culturas a que pertencemos. Revelar esta diversidade e

os desenvolvimentos contínuos, ajuda a esclarecer a diversidade de práticas e conhecimentos.

Deldrève (2020) e Claeys *et al.* (2017), salientam as desigualdades no acesso às zonas costeiras e às suas comodidades. A justiça ambiental é relativamente pouco estudada, mas é uma questão importante que nos permite compreender os conflitos e as desigualdades.

Beuret & Cadoret (2023), exortam-nos a pensar nas áreas marinhas protegidas e no seu desenvolvimento. Três temas são destacados: a governança destes espaços que reúne atores com múltiplas identidades, os conflitos omnipresentes que podem ser fonte de inovação ou bloqueio e a aceitação que não deve ser resignada, mas sim tendente à apropriação.

Mongruel *et al.* (2016), economistas, abordam questões dos serviços ecossistêmicos, ou seja, os benefícios que a natureza proporciona às sociedades humanas.

Faget & Bertrand (2019), historiadores, discutem a questão das pescas e como a história das pescas pode nos ensinar sobre novas práticas em termos de sustentabilidade da exploração dos recursos pesqueiros.

Michel-Guillou (2017), psicossocióloga, nos explica como as representações sociais têm uma importância fundamental na compreensão das questões ligadas ao aumento do nível das águas.

Galletti (2023), advogada, trata de questões de planejamento marítimo e da legislação relacionada à poluição marinha.

As apresentações desta parte não podem abranger, de forma exaustiva, todo o trabalho de investigação que existe hoje, nem todos os territórios e épocas.

No entanto, permitem mostrar que as ciências humanas e sociais são essenciais para o conhecimento deste tipo de espaço. Outros exemplos, como espécies marinhas invasoras, imigração através de rotas marítimas, direito do alto mar, conflitos de utilização, por exemplo durante a instalação de turbinas eólicas no mar, saúde, rotas marítimas, são tantos assuntos que aparecem e precisam ser documentados.

XVI. ABORDAGEM ECONÔMICA DAS QUESTÕES MARÍTIMAS

Existe uma grande diversidade de abordagens na economia para questões marítimas e contribuir para o apoio às decisões e às políticas públicas. Por exemplo, se

pode utilizar a economia setorial, chamada economia industrial, para analisar a evolução das atividades marítimas, ou a economia dos recursos naturais renováveis, para estudar os problemas ligados à exploração dos recursos pesqueiros ou ainda a economia institucional, para compreender como os atores se organizam e implementar os sistemas de gestão.

Uma questão específica que interessa à economia ecológica é a das políticas de preservação dos ecossistemas marinhos. Estas políticas se baseiam, cada vez mais, na noção de serviços prestados pelos ecossistemas e, portanto, colocam não uma, mas duas questões aos economistas. Primeiro, como podemos avaliar os serviços ecossistêmicos, especialmente os marinhos? E em segundo lugar, como podem estas avaliações dos serviços ecossistêmicos ser úteis para a gestão dos ecossistemas e para os compromissos entre conservação e utilização?

16.1. Serviços ecossistêmicos e forte sustentabilidade

A ideia de que a natureza presta serviços ao homem é provavelmente muito antiga. Na sua concepção moderna, a abordagem dos serviços ecossistêmicos nasceu no contexto da grande crise ambiental das décadas de 1960 e 1970. A degradação dos ecossistemas se tornou uma preocupação, particularmente para o movimento da biologia da conservação. Um dos seus membros mais eminentes, Harold Mooney, afirmou num artigo de 1983 que todas as tentativas de encontrar substitutos para os serviços prestados pelos ecossistemas, terminaram em fracassos graves e dispendiosos. É assim que a abordagem moderna que utiliza serviços ecossistêmicos, se tornará uma abordagem para a produção de conhecimento em apoio às políticas de conservação dos ecossistemas e da biodiversidade. Para os economistas, esta afirmação de Mooney (1983), ecoa como um debate que ocorreu, novamente, na década de 1970, sobre métodos de desenvolvimento.

O debate entre sustentabilidade fraca e sustentabilidade forte, ocasiona esta ideia de que a sustentabilidade fraca estabelece simplesmente um objetivo de manutenção do capital total, com a hipótese de que todas as formas de capital são substituíveis entre si. Embora uma forte sustentabilidade exija a manutenção de um certo nível de capital natural, denominado capital natural crítico.

A partir daí, os economistas que trabalham em serviços ecossistêmicos se colocarão, se forem coerentes, na perspectiva de uma sustentabilidade forte e estarão interessados nas questões de saber, por que e como será a forma mais eficiente ou

socialmente aceitável, para conservar estes famosos ecossistemas e serviços que não têm substitutos, ou até que ponto e como podem ser feitas soluções de compromisso entre conservação e desenvolvimento. Encontraremos estes economistas principalmente dentro do movimento da economia ecológica, mas como a economia não é uma ciência unificada, estas não concordam necessariamente entre si, mesmo no âmbito da economia ecológica.

Os serviços ecossistêmicos são, geralmente, classificados em 4 categorias: serviços de provisionamento, culturais, regulatórios e de apoio. Estas duas últimas categorias são frequentemente agrupadas. Os serviços ecossistêmicos são extremamente numerosos, tal que na sua última versão de 2018, a Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos (CICES), enumera quase uma centena, aproximadamente metade dos quais dizem respeito a ecossistemas marinhos. No âmbito de uma avaliação nacional, listamos os principais grupos de serviços ecossistêmicos prestados pelos ecossistemas marinhos, reduzindo esta lista para cerca de quinze grupos principais de serviços (Tabela I).

Tabela I – Classificação dos serviços ecossistêmicos segundo Mongruel *et al.*,2018.

Serviço de suporte	1. Manutenção de redes alimentares
	2. Fornecimento de habitats de reprodução e áreas de viveiro adequados
Serviços de abastecimento	3. Bens da pesca
	4. Bens de culturas marinhas
	5. Bens de macroalgas
	6. Moléculas de interesse farmacêutico e nutracêutico
Serviços regulamentares	7. Regulamentações nutricionais
	8. Proteção costeira
	9. Regulamentação do clima global
	10. Regulamentação de patógenos
Serviços culturais	11. Apoio de atividades recreativas
	12. Proporcionar paisagens agradáveis
	13. Produção de conhecimentos
	14. Patrimônio institucionalizado
	15. Outras formas de patrimonialização

16.2. Medição dos serviços ecossistêmicos

Existem diferentes maneiras de medir esses serviços (Fig.77). Em princípio, uma avaliação útil para a gestão deve distinguir, para cada serviço, o seu potencial de serviço,

o fluxo de serviço, ou seja, o consumo real deste serviço pela empresa, e a procura, que pode ser diferente do fluxo porque nem sempre é satisfeita, e que também pode assumir diferentes formas. Na prática é complicado pois faltam dados e na maioria das vezes se fica satisfeito com uma avaliação dos fluxos, que é muito simplista, porque não se sabe necessariamente se o uso é sustentável, o que seria confirmado pelo conhecimento da capacidade que não deve ser ultrapassada pelo fluxo, e socialmente satisfatório, sobre o qual a análise da procura nos informaria.



Figura 77 – Tipos de medidas de serviços ecossistêmicos.

Se limitarmos às medições de vazão, há uma diversidade de abordagens, principalmente duas, na verdade. Indicadores físicos e indicadores monetários. Em relação aos indicadores monetários, se tende a acreditar que refletem o valor dos serviços ecossistêmicos, no entanto é muito mais complicado do que isso. Na realidade, estes indicadores monetários podem corresponder a diferentes tipos de valores, dependendo da forma como interagem com o ecossistema, sobre o qual relatam. De forma simples, se pode distinguir pelo menos valores de uso, que refletem uma relação de consumo direta ou indireta com os serviços ecossistêmicos e os valores de existência e legado que refletirão a necessidade de conservação de determinados serviços ou do ecossistema como um todo, quando este se apresenta muito ameaçado para a sociedade. Os valores de uso são geralmente medidos pelos preços de mercado. Preço de mercado do pescado capturado para serviços de abastecimento e despesas de viagem dos utilizadores de serviços recreativos. Os valores de existência ou legado são medidos pelo custo das ações

tomadas para manter um serviço. Falaremos de uma abordagem baseada nos custos de manutenção, ou na disposição de pagar através da constituição de uma reserva, por exemplo; do método das preferências declaradas.

Não existe, portanto, um único valor monetário dos serviços ecossistêmicos, mas sim uma grande diversidade de indicadores monetários que se relacionam com contextos socioecológicos específicos e simplesmente nos permitem compreendê-los melhor.

- Que tipo de solicitação está sendo expressa?
- Trata-se de um pedido de uso ou conservação?
- Qual é o estado do ecossistema sujeito a estas solicitações?

16.3. Valorização econômica dos serviços ecossistêmicos

O que está em jogo na avaliação econômica da natureza é, portanto, complexo. Outra forma de entender isso é observar a curva da figura 78, que é devida a Pearce (2007). Vemos que o que a avaliação monetária mede é o valor marginal de alguma coisa, ou seja, concretamente, o benefício marginal, o grau adicional de satisfação que obteríamos se tivéssemos um pouco mais de uma unidade adicional do que já temos. Esta curva deve ser interpretada da direita para a esquerda. Na parte direita, os ecossistemas são abundantes e estão em muito bom estado, o que já se considera muito satisfatório. Haveria então poucas vantagens e benefícios marginais a esperar de uma unidade adicional de qualquer ecossistema, sendo por isso que o valor é “paradoxalmente” bastante baixo. Mas, se pelo contrário, começarmos a nos mover para a esquerda, os ecossistemas se tornam mais raros, os ambientes naturais se degradam e o valor que lhes damos, concretamente, o benefício marginal que haveria ao receber uma unidade adicional da natureza, ou seja, ao retornar na outra direção, esse valor aumenta, chegando a tender ao infinito, se nos aproximarmos dos limites críticos. Nestas situações, os pedidos de conservação têm precedência sobre os pedidos de utilização, o que exige que adaptemos a forma de como vamos utilizar a avaliação econômica.

Devemos então raciocinar no quadro de uma sustentabilidade forte, ou seja, considerar que o capital natural remanescente já não tem substituto, sofre danos potencialmente irreversíveis e deve, portanto, ser protegido como tal.

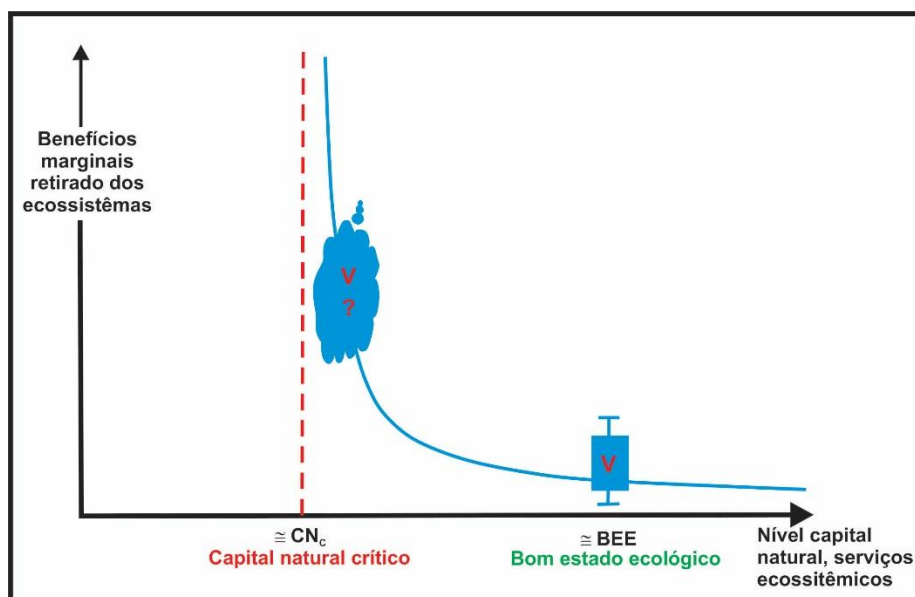


Figura 78 – Valorização econômica dos serviços ecossistêmicos.
(modificado: Pearce,2007)

Em suma, voltando-se às observações que fizemos anteriormente sobre o artigo de Mooney (1983), embora continue a prevalecer, inclusive no movimento da economia ecológica, e mesmo nos atuais debates da ONU sobre contabilidade ambiental, a ideia de que a avaliação monetária dos serviços ecossistêmicos nos permite conhecer o valor de um ecossistema através da soma de todos os serviços, é errada. E a identidade que sugere que o valor do capital natural é igual à soma do valor atual líquido, isto é, ao longo de vários anos, dos fluxos de serviços prestados pelo ecossistema que constituem este capital natural, é simplesmente falsa.

XVII. ENFRENTANDO A POLUIÇÃO MARINHA

A extensão da poluição marinha de origem humana está hoje amplamente documentada, através de grandes avaliações internacionais realizadas sob a égide das Nações Unidas. Há algo de vertiginoso nisso, mas é mais comum confrontar a poluição marinha através de avisos sobre a mesma nos meios de comunicação social ou através de cientistas, do que experimentá-la através de sinais tangíveis. Os marinheiros, que só observam o mar a partir da costa, raramente têm a oportunidade de experimentá-la. A poluição marinha muitas vezes passa despercebida. Uma das raras configurações de formas de encontro direto que se pode encontrar é a ancoragem. O processo pelo qual as formas materializadas do impacto das atividades humanas nos ambientes marinhos regressam à costa.

17.1. Por que as algas verdes são chamadas de poluição?

Uma maré verde é um grande depósito de algas deixado pelo mar na zona entre marés. O desenvolvimento dessas algas está ligado ao excesso, no meio ambiente, de nutrientes (nitrogênio em todas as suas formas, fósforo etc.) decorrentes dos descartes das atividades humanas (criação, agricultura, urbanização, etc.). A putrefação destas algas, para além do mau cheiro e da emissão de gases de efeito estufa (metano), pode ter consequências graves para a população local: impacto negativo no turismo e no valor dos imóveis e degradação ambiental das regiões costeiras. Fenômenos de toxicidade (via emissão de sulfeto de hidrogênio) são fatais em casos de altas concentrações.

Para compreender as condições em que podem surgir histórias de poluição marinha, vamos a uma pequena estância balnear denominada Saint-Michel-en-Grève, na costa norte da Bretanha, França. Nesta localidade, no ano de 1971, ocorreu pela primeira vez as marés verdes, as quais se encontram devidamente documentadas no arquivo público da França (Fig.79).



Figura 79 – Maré verde nas praias da Bretanha-França em 1971.

(fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5f/Mar%C3%A9_verte_-_Ulva_Armoricana_-_en_nord_Finist%C3%A8re_-_002.JPG/290px-Mar%C3%A9_verte_-_Ulva_Armoricana_-_en_nord_Finist%C3%A8re_-_002.JPG)

O documento dá acesso, ao que o historiador Alain Corbin chama de “*regimes passados de sensibilidade*” e às condições sociais localizadas, nas quais as percepções e julgamentos sobre a poluição marinha são formados. Para os governantes eleitos desta pequena cidade costeira, que viram as algas verdes chegarem maciçamente e subitamente à sua costa, se trata de uma poluição acidental vinda do mar e que envolvem algas de uma nova espécie.

Relativamente o fenômeno foi descrito como sem precedentes e cujas causas eram, em grande parte, desconhecidas na ocasião. Mas por que é que nestas circunstâncias foi utilizado o termo poluição?

Bem, isso porque este encalhe de algas verdes, por mais impressionante e sem precedentes que seja, ressoa com acontecimentos passados que se refletem na descrição que dele fazem. Os administradores têm em mente, um desastre de referência, ocorrido a alguns anos antes, que foi o derramamento de óleo do petroleiro Torrey Canyon, na costa da Cornualha, Reino Unido e que atingiu a costa da Bretanha. Esse derramamento de óleo será o padrão a partir do qual julgarão, qualificarão e problematizarão, como a maioria dos habitantes costeiros da Bretanha, qualquer tipo de desastre ecológico, e o designarão como poluição.

17.2. Diferentes contextos, diferentes qualificações

A importância desta situação de referência da existência e o grau de liberdade destas organizações, destas ONGs, desta imprensa livre, destes cientistas que se expressam livremente no espaço público, fazem com que o mesmo fenômeno não assuma o mesmo relevo, não terá o mesmo significado ou a mesma importância, dependendo das configurações em que ocorre.

Para se convencer, você pode fazer uma viagem significativa e chegar à costa leste da China, na bela cidade costeira de Qingdao, onde, desde 2008, ocorrem as maiores marés verdes do mundo, e você encontra ali uma vendedora que vende algas na beira da estrada, das mesmas espécies que as encontradas na Bretanha, que causam marés verdes, e que são muito populares entre os consumidores da cidade de Qingdao. Por outro lado, nem essa vendedora nem os moradores de Qingdao aceitariam se banhar nas marés verdes que cobrem toda a baía de Qingdao e que não incomodam em nada, e por outro lado, é um fenômeno que atrai muitos turistas, especialmente os que nunca viram o mar.

Podemos, portanto, fazer uma leitura complementar e mais antropológica da poluição a partir destes exemplos, e considerar a poluição como uma qualificação que as sociedades humanas atribuem num determinado momento, em determinadas circunstâncias, a um fenômeno.

Mary Douglas, que é uma famosa antropóloga britânica, considera que qualificar um fenômeno como poluição é antes de mais nada procurar atribuir uma responsabilidade, uma culpa, em relação a uma desordem social que se observa e que é perturbadora.

Pode-se dizer que esta maré verde, que ocorre na Bretanha, é uma poluição difusa, de origem agrícola, mas obviamente, nesta região agrícola, nem sempre é fácil associar a estrutura da economia e a estrutura da sociedade à poluição que parece ser de origem marinha.

17.3. Qual é hoje a nossa opinião sobre as marés verdes na Bretanha?

Em 2021, as marés verdes da Bretanha completaram 50 anos. Apesar da extensão desta experiência, se vê que entre a população coexistem visões muito divididas deste fenômeno, algumas das quais relativizam a gravidade, enquanto outras, pelo contrário, tendem a acentuar o carácter perigoso e inaceitável. A diferença entre estes 2 grupos reside muitas vezes na origem rural ou na proximidade do meio rural das pessoas que falam, ou está ligada ao fato de utilizarem ou não a praia como local de lazer, um pouco como fazem as populações urbanas quando vêm de férias para o litoral.

Estas diferenças persistem até hoje, mesmo que se tenha observado um ponto de viragem no final da década de 2000, com o destaque, por diversas associações, de um perigo para a saúde, associado à decomposição de algas lançadas nas praias.

As marés verdes, com o surgimento deste perigo para a saúde, já não são apenas nitratos que se tornam visíveis nas desembocaduras dos rios, já não são apenas um símbolo dos danos causados pela agricultura intensiva, mas estão a se tornar um perigo para a vida de outras pessoas, ocasionados por uma indústria sem escrúpulos.

Cada vez mais se observa uma apresentação simétrica de outros que não humanos, ou algas, porcos, animais domésticos, ao serviço de uma denúncia da indústria agroalimentar, da qual as algas verdes são produção direta.

Esta tensão entre o símbolo e a realidade quotidiana de viver com ele é, obviamente, uma abordagem política muito delicada, porque o fenômeno é divisionista, é inaceitável e resistente à ação humana. É também um teste, inclusive para os habitantes costeiros mais empenhados, que se encontram na fronteira entre dois mundos e que tentam dar sentido à sua luta.

Construir a história da poluição marinha significa construir a história de uma história humana da poluição marinha, que atravessa as escalas do tempo e do espaço, mas sempre com inúmeras elipses e numerosos pontos cinzentos (Fig.80).

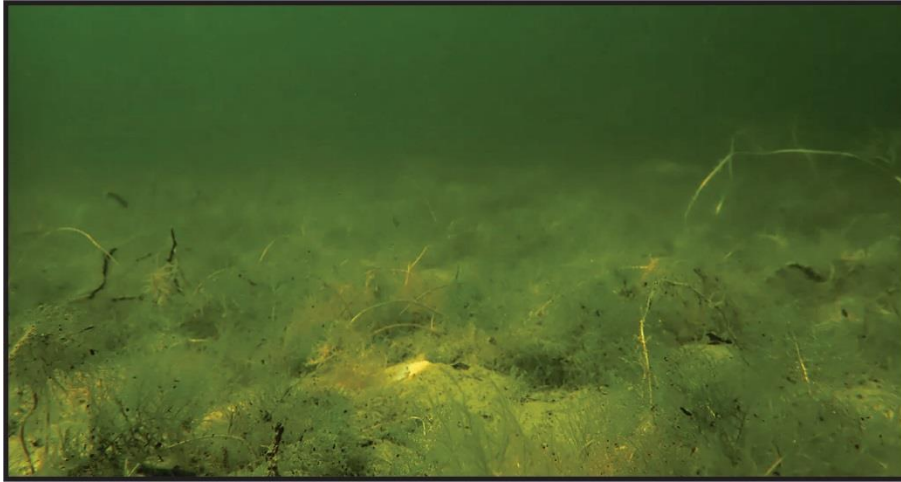


Figura 80 – Aumento da proliferação de microalgas verdes, conhecidas como fitoplâncton, nas regiões costeiras de todo o planeta. (foto: Proyecto Agua via Flickr)

XVIII. UMA ANTROPOLOGIA DAS RELAÇÕES COM O MAR: IMAGINAÇÕES PLURAIS E EM MOVIMENTO

O imaginário é um tema extenso por excelência. Além disso, a imaginação não se apresenta imediatamente ao antropólogo. É por isso que se abordará este tema sob o ângulo da relação com o elemento marinho, e mais precisamente sob o ângulo dos modos de apropriação dos espaços marítimos, que são uma das condições primordiais da atividade piscatória.

18.1. Multiplicidade de relações com o mar

A imaginação do mar por parte de um marinheiro nunca será a mesma de um marinheiro de água doce e vice-versa. Dependerá naturalmente, para os marinheiros, do enquadramento da sua atividade profissional. Para os terráqueos, dependerá de outros âmbitos de atuação. Todos, marinheiros e proprietários de terras, por outro lado, estarão expostos uns e outros, a discussões sobre o mar, sobre o seu estado e sobre o seu futuro.

18.2. Antropologia marítima: elementos metodológicos

A antropologia marítima está interessada na pesca e na sua dimensão sistêmica. Por mais que se interesse pela pesca, também se interessará por tudo o que esteja relacionado com o processamento, valorização, conservação e venda do pescado. Em suma, a tudo o que diz respeito ao mercado da pesca, muitas vezes ausente dos debates sobre a superpesca. A antropologia marítima considera que a pesca é um fato social total, caracterizado pelas suas componentes políticas, sociais, econômicas e simbólicas. A

apropriação social e técnica dos espaços marítimos, no contexto das atividades piscatórias, nunca passa sem apropriação simbólica. Também é importante seguir cuidadosamente os quadros regulamentares institucionais que regem a pesca onde essa será estudada. As condições de trabalho são um parâmetro muito importante a ter em consideração. Imaginem que não temos a mesma relação com o mar, no qual vamos trabalhar durante um dia na pesca costeira, ou se vamos embarcar durante várias semanas a bordo de um navio traineira. Estando a observação no centro da prática da antropologia marítima, os antropólogos que se interessam pelas sociedades de pescadores marinhos, procurarão sempre combinar práticas com discursos, a fim de confrontá-las entre si.

O mar é um ambiente, por natureza, em mudança, é o lugar do perigo, particularmente ligado ao aquecimento global, é o lugar do imprevisível. Atualmente o mar é alvo de múltiplos investimentos, verificando-se uma multiplicação e intensificação de atividades que se desenvolvem na superfície e nas profundidades, onde todos estes desenvolvimentos e todas estas novas situações, criarão e perturbarão a relação dos pescadores com o seu ambiente. Por fim, afirmar conhecer a pesca significa, no mínimo, conhecer perfeitamente uma sociedade para poder compreendê-la em todos os seus meandros e poder compará-la com outras sociedades. A produção deste conhecimento científico da antropologia marítima, requer uma imersão de longo prazo, aliada à competência linguística. Por último, a antropologia marítima é um campo de estudo que se desenvolveu no domínio da antropologia social na década de 1960, e que desde os seus primórdios prestou especial atenção às condições ambientais de desenvolvimento da atividade piscatória e que também se interessou particularmente pelas mulheres que desempenham um papel estratégico na organização da produção pesqueira.

18.3. Exemplo etnográfico 1: Ilhas Madalena e Saint-Pierre-et-Miquelon

O primeiro exemplo diz respeito ao trabalho de Geistdoerfer (1995), antropóloga marítima que comparou as sociedades pesqueiras das ilhas Madalena com as de Saint-Pierre e Miquelon, no Canadá (Fig.81). O que é particularmente interessante é que a autora nos mostra que para os pescadores de Saint-Pierre, o dóri, embarcação típica da região, é um elemento de identidade particularmente precioso, a ponto de pescadores quererem, há muito tempo, continuar a pescar a bordo dessas embarcações, mesmo para além da simples dimensão econômica e da importância econômica deste barco (Fig.82). Por outro lado, temos os pescadores da ilha Madalena (Fig.81) que vivem nas proximidades, e para

quem, pelo contrário, é a armadilha da lagosta que será o emblema de um profissional de identidade (Fig.83).



Figura 81 – Mapa de localização das ilhas Madalena e St. Pierre e Miquelon.
(modificado: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/Map_of_Gulf_of_Saint_Lawrence-No_names.png)



Figura 82 – Embarcação típica da região de Quebec no Canadá, denominada Dóri.
(foto: https://ehne.fr/sites/default/files/fondcolbert/18192_0.jpg)



Figura 83 – Armadilhas de lagosta, ilha Madalena – Canadá.
(fonte: <https://media.istockphoto.com/id/663160036/pt/foto/lobster-traps-and-fishing-boats.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=m9HDB92T7gb1WjSggUT7694MAcaZYr6NyUcuwbyPOXY=>)

18.4. Exemplo etnográfico 2: o arquipélago de Mergui em Mianmar

O segundo exemplo diz respeito à pesca em Mianmar através do trabalho de Boutry (2004). Nesse arquipélago, o que é interessante é que se está a lidar com uma atividade piscatória completamente recente, de acordo com uma injunção estatal (Fig.84). O que aconteceu é que populações que antes viviam do cultivo do arroz se voltaram, por liminar do Estado, para a atividade pesqueira e tiveram que desenvolver, em última análise, toda uma organização técnica, social e simbólica para se apropriarem deste novo ambiente.

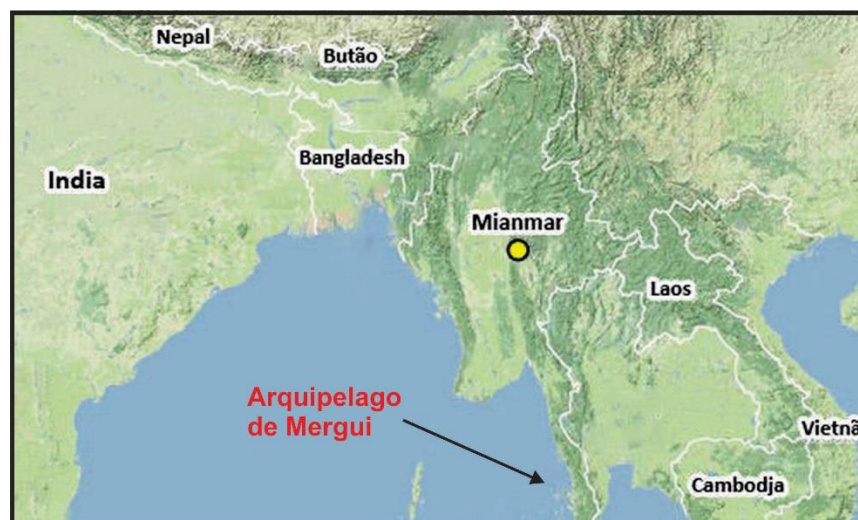


Figura 84 – Arquipélago de Mergui em Mianmar.
(modificado: <https://ogimg.infoglobo.com.br/in/3269411-fa7-2cf/FT1086A/mianmar.jpg>)

O interessante é que o barco materializou, verdadeiramente, a apropriação deste novo ambiente, que antes era considerado como um ambiente incerto, como um lugar de obstáculos. O que também é interessante é todo o lendário trabalho de composição que este novo produto iniciou, precisamente, a figura de Ma' Shimna', que é uma figura espiritual feminina, que outrora foi ribeirinha, e que hoje se tornou uma figura marinha.

18.5. Exemplo etnográfico 3: Vila Sucuriju no Brasil

O terceiro exemplo diz respeito à Vila Sucuriju, no Brasil, através da comparação e contraste de dois tipos de populações, segundo o trabalho de Sautchuk (2004) (Fig.85). Uma população que tem uma relação particular com o meio aquático em água doce, que pratica a pesca em ambiente lacustre, e por outro lado, os pescadores que trabalham em meio marítimo, os quais são denominados “pescadores”. Dois ambientes naturais muito diferentes e duas identidades completamente diferentes e únicas.

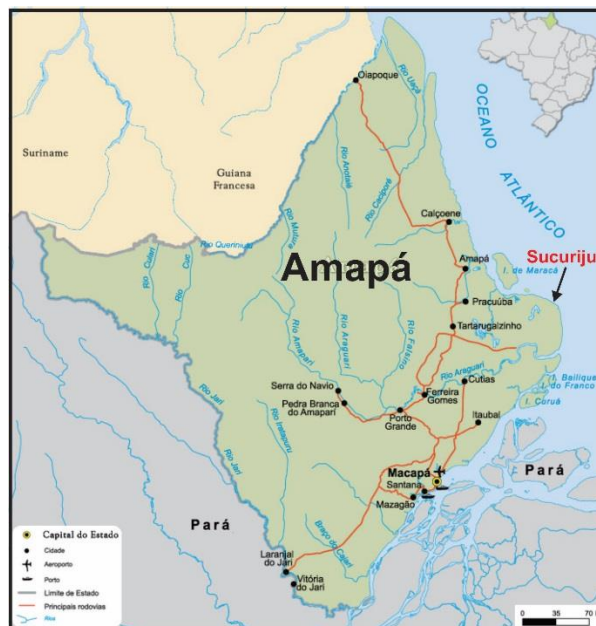


Figura 85 – Vila de Sucuriju no Amapá.
(modificado: <https://www.guiageo.com/pictures/mapa-amapa.jpg>)

No primeiro caso, na pesca lacustre, se tem pescadores profissionais que trabalham com arpões e que tem uma relação particular de conluio com o pirarucu, que é um peixe cobiçado. Com este animal é estabelecida uma verdadeira relação de troca, num mundo verdadeiramente investido pelo sobrenatural. Por outro lado, se tem a pesca marítima que, tal como é praticada, coloca os pescadores frente a frente com um mundo menos investido, em termos do sobrenatural, mas, por outro lado, nos mostrar que o

pescador deve se adaptar a este ambiente particularmente difícil e que realmente fará a sua identidade e a sua legitimidade ser a sua adaptação e a forma como ela se integrará no sistema de pesca, no sistema do barco, precisamente, o motor, o fluxo das marés e as demais artes de pesca que estão a bordo.

Temos portanto, em última análise, duas maneiras de aprender o elemento aquático. Por um lado, o elemento lacustre e por outro, o elemento marinho, e dois desenvolvimentos muito específicos de identidade cultural, baseados na mesma aldeia.

18.6. Exemplo etnográfico 4: Islândia

O último exemplo diz respeito à Islândia, onde a relação com o mar é, por outro lado, completamente ambivalente segundo o trabalho de Mariat-Roy (2015). Os islandeses são, historicamente, populações de camponeses, antigos proprietários de terras, e cujas atividades são particularmente terrestres, com uma atividade piscatória que nunca foi verdadeiramente autônoma e que, em escala de pesca comercial, sempre foi praticada por frotas estrangeiras e navegadores ingleses, dinamarqueses, noruegueses e alemães. Foi apenas nos séculos XIX e XX que os islandeses se especializaram na produção de peixe. O que é interessante é que depois da sua independência, os islandeses foram, a partir de 1944, conquistar e procurar conquistar um espaço marítimo muito maior, que se tornou a sua zona econômica exclusiva.



Figura 86 – Coroa Islandesa, moeda nacional da Islândia.
(fonte: https://d1o6h00a1h5k7q.cloudfront.net/imagens/img_m/5190/2117779.jpg)

No centro desta grande conquista marítima, o bacalhau teve um papel muito importante. O que é bastante notável é que o bacalhau, para os islandeses, se tornou uma moeda de troca, a qual pode ser comprovada através da moeda islandesa que traz em seu verso a imagem de um bacalhau (Fig.86).

Tem-se, também, o peixe que é consumido pelos islandeses, especificamente a arinca, que é consumida diariamente, e o linguado, que é consumido em ocasiões especiais, sendo, portanto, espécies que serão categorizadas constantemente de forma bastante diferente (Fig.87).

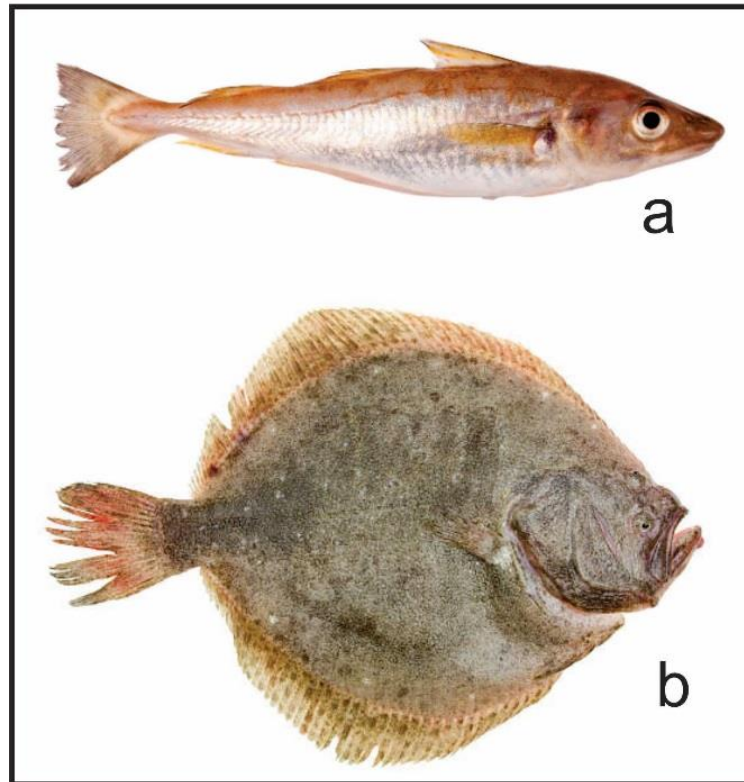


Figura 87 – Espécies de peixes consumidos pelos islandeses. a) arinca, b) linguado.
(fonte: a) https://fishcode.com.br/cdn/shop/files/haddock_2.png?v=1700763056, b) https://media.istockphoto.com/id/472876440/pt/foto/pregado-peixe.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=flcp6C_Plr7cAkEwznx6SvadHQ13fHj57jI0pUmMn34=)

É antes de tudo essencial, face a esta proliferação, mesmo que a tentação possa ser muito grande, não essencializar um tipo de relação com o mar, seja ela positiva ou negativa, porque se tem visto que as sociedades enfrentam numerosos perigos. Também não se deve generalizar espaços e espécies.

Vimos que a relação com o mar foi fruto de um processo histórico e social que se caracterizou pela sua dinâmica.

Vimos que a imaginação é, por excelência, o lugar do inacabado e do incompleto. Por fim, é fundamental situar e contextualizar a investigação de cada vez, porque o oceano, objeto de inúmeras investigações, objeto de regulamentações internacionais, nacionais, regionais, é único e vasto, mas é investido de forma muito variável, nos níveis social, político e simbólico, pelas sociedades.

XIX. ESTUDAR AS PESCAS DO PASSADO PARA ESCLARECER AS PRÁTICAS DE PESCA SUSTENTÁVEIS CONTEMPORÂNEAS.

A pesca no Mediterrâneo se encontra em crise nas últimas décadas, seus recursos estão sendo superexplorados. O rendimento máximo sustentável, ou seja, a capacidade de renovação do recurso foi ultrapassada em mais de 91% das espécies. O resultado desta corrida à produção é hoje, uma inversão das curvas, como se pode ver, na zona das ilhas Baleares ou do mar Jônico (Fig.88), onde a produção total hoje está caindo.

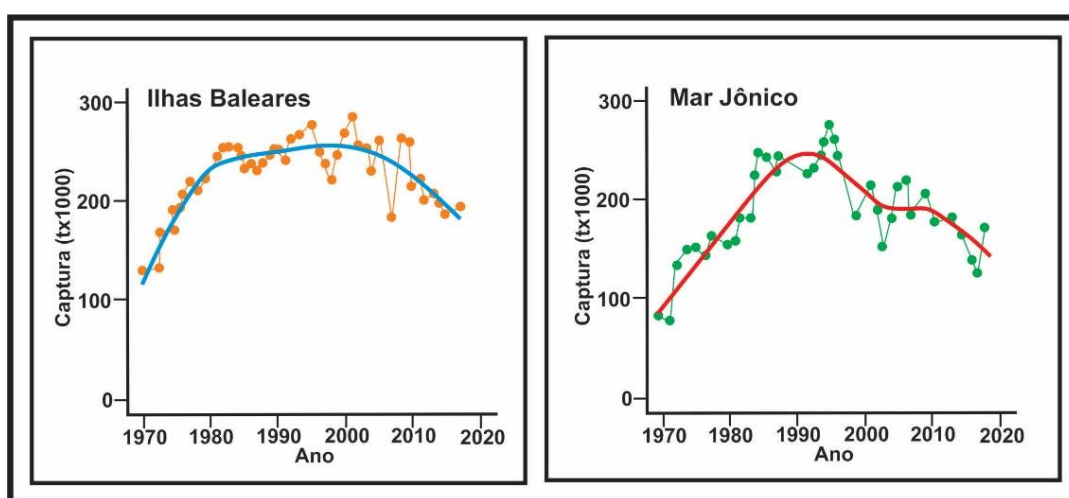


Figura 88 - Tonelagens de pesca nas zonas das ilhas Baleares e mar Jônico no período de 1970-2020.
(modificado: Dimarchopoulou, et al.,2021)

19.1. História da pesca no Mediterrâneo

Esta tendência de produzir cada vez mais no Mediterrâneo é uma tendência antiga, na verdade, as coisas começaram no final da Idade Média, com importantes inovações, invenções e novas técnicas. A rede de arrasto, a rede de deriva, o sardeal, que apareceram na bacia do Mediterrâneo Ocidental, resultaram em capturas crescentes até finais do século XVIII.

Este aumento nas capturas criou tensões no recurso, empobreceu o nível sublitoral, localizado entre 0 e 40 m de profundidade, a tal ponto que, dentro das populações piscatórias, havia um ódio crescente por aqueles que eram vistos como concorrentes da pesca, isto é, botos, golfinhos, delfins, focas, que foram literalmente exterminados no século XIX, por campanhas sistemáticas de destruição.

Se a pesca continuou até hoje no Mediterrâneo, é porque as técnicas permitiram ir cada vez mais longe na exploração do recurso, mais profundamente, para ativar também novas áreas de pesca, com o espaço colonial em particular. Construiu-se barcos cada vez mais bem equipados, motorizados, navios equipados com sonares e sondas de profundidade. Vivenciou-se a invenção da rede de náilon, na década de 1950, que foi extremamente eficaz, e depois todos os processos como câmaras frias e frio industrial instalado nos navios. Esta lógica, que foi finalmente seguida durante mais de 500 anos no Mediterrâneo, está hoje a chegar ao fim.

19.1.1. A pesca no Mediterrâneo hoje

O que é hoje o setor da pesca mediterrânica?

São cerca de 70.000 navios, 250.000 empregos, e uma divisão bastante acentuada entre os grandes navios, que são os arrastões e os cercadores, que representam 20% dos navios atuais, mas que representam 90% das capturas, e os pequenos navios, que representam hoje 80% dos navios de pesca que circulam no Mediterrâneo. Estes dois segmentos, a grande pesca e a pequena pesca, também estão em crise.

19.1.2. Rumo a uma pesca sustentável no Mediterrâneo

O que se pode fazer? Qual é a solução para encontrar o caminho para uma economia pesqueira sustentável?

Não houve uma era de ouro da pesca no Mediterrâneo. Nada seria mais falso do que afirmar que uma reativação de técnicas antigas seria, em última análise, suficiente para repor os recursos e preservar a indústria pesqueira. A preservação dos recursos exige, em primeiro lugar, uma regulamentação mais forte do setor das pescas e também uma redução da supercapacidade. Isso vale para as embarcações de grande porte, aquelas que hoje capturam principalmente atum, peixe-espada ou pequenos pelágicos, como sardinha e anchova. Estes grandes navios devem agora ser mais bem controlados no âmbito dos planos plurianuais de gestão das pescas no Mediterrâneo. Um pouco à semelhança do que aconteceu, a partir da década de 2010 com o atum, onde, sob a égide da União Europeia, foram fixadas quotas drásticas, que permitiram reconstituir em poucos anos a biomassa do atum no Mediterrâneo, com a contribuição, sem dúvida, de oscilações naturais que hoje são difíceis de medir com precisão.

A preservação das pescas mediterrânicas deve implicar num esforço das pequenas pescarias, as quais também devem ser reformadas através de uma melhor consideração da dinâmica das espécies, e também através da aceitação do papel positivo das organizações, na preservação do recurso. Mas não esqueçamos que estas pequenas pescarias constituem talvez uma das chaves para o desenvolvimento sustentável das pescas no Mediterrâneo, porque são versáteis, mostraram ao longo da História a sua capacidade de adaptação, e assim, hoje, enquanto estamos num momento de mudança global, finalmente a preservação destas pequenas pescarias pode ser uma vantagem para o futuro. Estas pequenas pescarias se inserem em circuitos curtos, produzem pouco carbono e mantêm, através das suas atividades, uma vasta gama de produtos disponíveis para consumo, o que evita a concentração do esforço de pesca em poucas espécies-alvo. Estas pequenas pescarias se adaptaram às novas espécies introduzidas no Mediterrâneo.

19.2. A pesca no Brasil

A pesca é uma das atividades mais antigas e importantes da humanidade. No Brasil, a pesca tem uma grande relevância social, econômica e ambiental, pois envolve milhares de trabalhadores, gera renda e alimento para a população e contribui para a conservação da biodiversidade marinha e continental.

19.2.1. A pesca no período colonial

No Brasil a pesca começou com os povos indígenas que habitavam o litoral e o interior do país, antes da chegada dos colonizadores europeus. Eles utilizavam técnicas simples, como fechas, redes, armadilhas e arpões, para capturar peixes, crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos. A pesca era uma atividade complementar à agricultura e à caça, e fazia parte da cultura e da religião desses povos (Fig.89).

Com o início da colonização portuguesa, a partir do século XVI, a pesca passou a ter uma maior importância econômica, pois era uma fonte de alimento e de comércio para os colonos. Os portugueses trouxeram consigo novas técnicas e equipamentos de pesca, como barcos, velas, cordas e salga. Eles também introduziram novas espécies de peixes na costa brasileira, como o bacalhau e a sardinha.

A pesca no período colonial era praticada, principalmente, no litoral, onde se concentravam as principais cidades e vilas. No interior, a pesca, era mais restrita, devido às dificuldades de acesso e transporte. O processo da pesca era realizado por pescadores

livres ou escravizados, que vendiam ou trocavam seus produtos nos mercados locais ou nas feitorias.

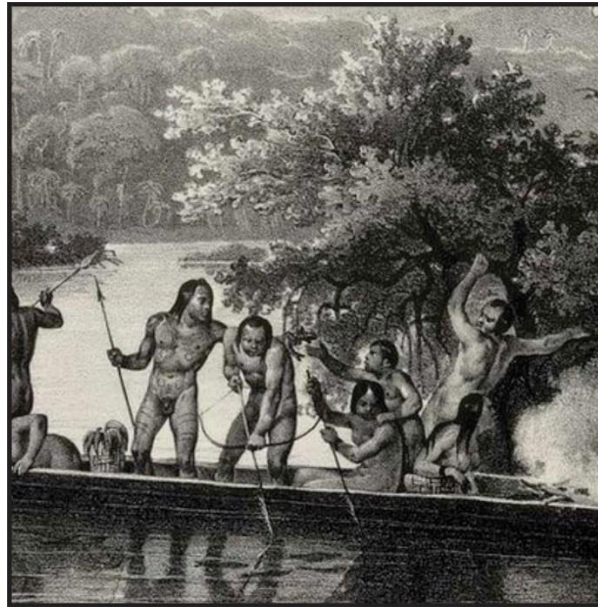


Figura 89 – Pesca efetuada por indígenas antes da colonização do Brasil.

(fonte: https://conteudo.imguol.com.br/c/noticias/b6/2020/07/20/relatos-registrados-ao-longo-da-historia-do-brasil-apontam-para-o-uso-proposital-de-doencas-como-armas-biologicas-1595248501374_v2_3x4.jpg)

19.2.2. A pesca no período imperial

No período imperial (1822-1889) a pesca continuou sendo uma atividade importante, mas sem grandes mudanças em relação ao período colonial. Nesse período, a pesca também foi marcada pela influência de imigrantes europeus que vieram para o Brasil em busca de melhores condições de vida. Alguns desses imigrantes trouxeram consigo novas técnicas e conhecimentos sobre a pesca, como os espanhóis que introduziram a traineira, um tipo de barco usado para a pesca de arrasto (Fig.90). Outros imigrantes se dedicaram à aquicultura, como os japoneses que iniciaram o cultivo de ostras na baía de Santos.



Figura – 90 Traineira usada para pesca de arrasto.

(fonte: https://mestredomar.com/wp-content/uploads/2021/12/8637101_CZE2F.jpeg)

19.2.3. A pesca no período republicano

No período republicano (1889-atualmente), a pesca passou por grandes transformações, especialmente a partir da segunda metade do século XX. A pesca deixou de ser apenas uma atividade artesanal e passou a ser também uma atividade industrial, com o uso de embarcações maiores e mais equipadas, redes mais eficientes e sistemas de refrigeração e conservação. A pesca também se diversificou em termos de modalidades, espécies e ambientes.

A pesca no período republicano foi impulsionada por vários fatores, como o aumento da demanda por pescado, o desenvolvimento dos meios de transporte e comunicação, a expansão das áreas urbanas e litorâneas, a criação de instituições de pesquisa e ensino sobre a pesca e a aquicultura, a participação do Brasil em acordos internacionais sobre o uso dos recursos marinhos e a implementação de políticas públicas voltadas para o setor. A pesca também enfrentou vários desafios, como a escassez e a degradação dos recursos pesqueiros, a competição e o conflito entre os diferentes segmentos da pesca, a falta de ordenamento e fiscalização da atividade, a informalidade e a precariedade do trabalho, a baixa qualidade e valorização do produto, a dependência de importações e a vulnerabilidade às mudanças climáticas e ambientais.

19.2.4. A pesca no Brasil hoje

A pesca no Brasil hoje é uma atividade complexa e diversificada, que envolve diferentes atores, interesses e desafios. A pesca é praticada tanto no mar quanto nas águas continentais, tanto de forma comercial quanto não comercial, tanto de forma artesanal quanto industrial, tanto de forma extrativa quanto cultivada. A pesca é responsável por gerar emprego, renda e alimento para milhões de brasileiros, além de contribuir para a conservação da biodiversidade e da cultura dos povos da pesca. Esta também é uma atividade que precisa de mais apoio, reconhecimento e valorização. A pesca precisa de mais investimentos em infraestrutura, tecnologia e inovação, bem como de mais informações, dados e estatísticas sobre a produção, o consumo e o comércio de pescado. Precisa de mais ordenamento, gestão e fiscalização da atividade, com base em critérios técnicos, sociais e ambientais. Precisa de mais participação, cooperação e integração entre os diferentes segmentos da pesca, bem como entre os setores público, privado e civil.

É importante lembrar que qualquer reforma das pescas hoje deve ser realizada dentro de um quadro geral e ecossistêmico, seja ela no Mediterrâneo ou no Brasil. Não se

trata de acusar os pescadores de serem responsáveis por todos os males que ocorram. Os pescadores perderam parte do controle do espaço marítimo, enfrentam a concorrência da pesca recreativa que terá de ser regulamentada rapidamente. São também vítimas da destruição de habitats de recursos: urbanização, construção de portos e destruição de tapetes de ervas marinhas. Na verdade, são vítimas, como todos nós, do esgotamento e da poluição das águas, que também desempenham um papel importante no desaparecimento de espécies e recursos.

XX. ENTRE RISCOS E COMODIDADES, AS QUESTÕES DAS DESIGUALDADES E DA JUSTIÇA AMBIENTAL NAS ZONAS COSTEIRAS.

As zonas costeiras constituem locais de vida, de trabalho e também de lazer extremamente ricos em fontes de múltiplas comodidades, mas também expostas a numerosos perigos ou riscos ambientais.

20.1. Justiça ambiental

O que é justiça ambiental? É um quadro das ciências sociais que se desenvolveu a partir da década de 1980 nos Estados Unidos, e que se propõe a explicar as desigualdades ambientais, ou seja, os males ambientais que afetam as populações mais pobres e as pessoas de cor, seja nos países do norte ou do sul. No contexto da justiça ambiental, as desigualdades ambientais são definidas como desigualdades na exposição a riscos, no acesso a comodidades e recursos naturais, mas também no impacto que se tem no ambiente através dos modos de vida, produção e consumo, ou mesmo das capacidades que se tem de assumir a responsabilidade pelas políticas ambientais, inclusive para proteger o ambiente. Se aplicarmos agora essa rede às zonas costeiras, se pode dizer que ela permite compreender melhor as assimetrias e desigualdades plurais que existem entre os utilizadores costeiros.

Mas voltemos agora à divisão apresentada para nosso problema, especificamente para quem se apropria dos recursos de desenvolvimento costeiro, em detrimento de quem e com que consequências sociais e ambientais. Em outras palavras, quais são as desigualdades ambientais que podem ser observadas nas zonas costeiras?

20.2. Litoral: um lugar de vida

No detalhamento, começemos pelo “Lugar onde moramos”. A questão da residência é muito interessante porque é frequentemente citada como contraexemplo de desigualdade ambiental, na medida em que são as populações mais ricas que, para se beneficiarem das comodidades do litoral, estão mais expostas aos perigos ou riscos ambientais, como a submersão marinha ou erosão. No entanto, os estudos realizados na costa das Índias Ocidentais, mostram que a vulnerabilidade aos riscos é muito maior porque a faixa costeira desta região é ocupada por uma população mais pobre e predominantemente negra. Portanto, é verdade que estas desigualdades também podem ser observadas no Brasil ou em qualquer outro país do mundo, mesmo que a maioria da população seja mais rica e, acima de tudo, mais protegida legalmente. Pode-se ver desigualdades de acordo com as populações dos municípios, mas também de acordo com os grupos sociais que se pode observar no litoral.

20.3. Litoral: um espaço de trabalho

O local onde trabalhamos, levanta a questão do acesso aos recursos haliêuticos, mas também a questão conjunta do esforço ambiental, ou seja, o esforço que deve ser feito em relação à contribuição que é solicitada para proteger os recursos naturais. Dois exemplos podem ser citados: O do Parque Nacional de Calanques, em Marselha-França, e o de Sainte-Rose, na costa leste da ilha da Reunião, onde foram criadas zonas de proibição de captura, ou seja, áreas onde não é permitida a captura, a pesca e a colheita (Fig.91). Estas zonas de proibição de captura representam, a priori, contribuições coletivas iguais que todos os utilizadores do mar devem respeitar, para participar na renovação do recurso.

No entanto, estas contribuições representam um esforço desigual dependendo dos pescadores terem ou não contribuído anteriormente para a definição destas zonas de proibição de captura e, portanto, dependendo de terem ou não sido consultados, e mais ainda, de acordo com o seu grau de dependência econômica. Assim, os pescadores profissionais serão muito mais procurados ou sofrerão muito mais consequências do que os pescadores recreativos ou amadores, e entre os primeiros o esforço será desigual dependendo das profissões exercidas, dependendo do tamanho do barco, ou mesmo dependendo se foi ou não amortizado. Assim, os exemplos que citamos permitem realçar o fato deste esforço ser menos proporcional ao impacto da atividade na biodiversidade do

que, em última análise, à capacidade dos atores se organizarem coletivamente, e de fazerem ouvir as suas vozes, ou de encontrar alternativas econômicas.

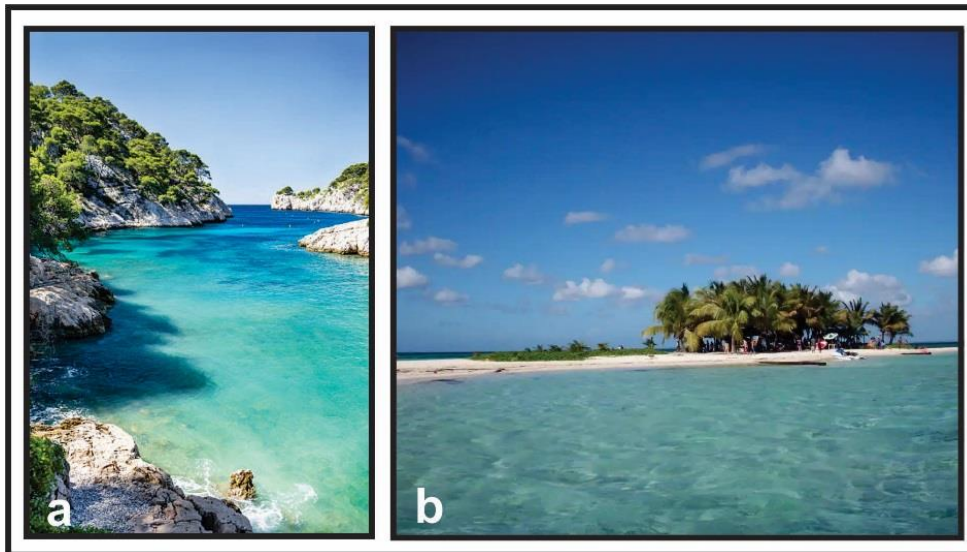


Figura 91 – Parques onde foram criadas zonas de proibição de pesca e captura. a) Parque Nacional de Calanques, Marselha-França, b) Parque Nacional Sainte Rose, ilha de La Réunion.

(fontes: a) [https://media.istockphoto.com/id/503226143/fr/photo/calanque-de-cassis.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=DF43y5VNF-a2P16wko7h7qilh9ZAC7pLoaz2Umj7Wvs=](https://media.istockphoto.com/id/503226143/fr/photo/calanque-de-cassis.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=DF43y5VNF-a2P16wko7h7qilh9ZAC7pLoaz2Umj7Wvs=;)); b) <https://photo980x880.mnstatic.com/416dc6da8a7966ecfe86fb5c5a629a68/isla-caret-7309127.jpg>)

20.4. Litoral: um espaço recreativo

Partindo da recreação, podemos levantar a questão das desigualdades no acesso às comodidades e à conservação da natureza, como duas faces da mesma moeda. Sobre isso temos exemplos em todos os países inclusive o Brasil. Os estudos têm demonstrado que a massificação contribui, em última análise, ao aumentar a tensão entre a atratividade, por um lado, e a vulnerabilidade, para direcionar o esforço necessário para os usos populares da natureza e para as populações mais carentes. Por “uso popular da natureza” se entende práticas como os piqueniques ou as barracas na praia, ou o turismo de massa, muitas vezes visto como práticas fáceis e desvalorizadas face às práticas de contemplação vistas como mais respeitadoras da natureza e mais merecedoras.

As medidas regulatórias implementadas parecem consistentes com uma lógica de conservação. Consistem em tentar limitar o que atualmente chamamos de hiperlotação, tornando, por exemplo, cobrança de estacionamento em áreas protegidas, ou desenvolvendo práticas de ecoturismo, mais elitistas e mais respeitadoras da natureza.

Mas, ao fazê-lo, também tendem a obscurecer práticas de apego à natureza mais populares, que contribuíram na história de proteger a natureza, e permitem que se desenvolvam paralelamente práticas de apropriação muito mais excludentes, como o

desenvolvimento exponencial das embarcações de recreio ou da gentrificação do litoral que, no entanto, são contrárias às políticas de preservação e conservação da natureza.

A gestão dos riscos costeiros e a proteção da biodiversidade no litoral têm dependido fortemente, histórica e atualmente, de públicos que têm sido influentes, tanto para combater riscos como a submersão marinha ou o que chamamos de hiperatendimento. Estes grupos influentes, cada vez mais integrados em políticas ambientais participativas, são também aqueles que têm maior impacto através das suas práticas de consumo ou da sua forma de residir no litoral. À luz dos estudos, se pode afirmar que não considerar as desigualdades ambientais nas políticas costeiras, levanta questões éticas, mas também levanta riscos de impasse na luta contra as mudanças globais.

XXI. Representação dos riscos pelas populações costeiras. Uma perspectiva psicossocial

Todo mundo conhece o oceano e tem uma imagem deste em sua memória. Imagens vêm à mente quando se fala do oceano, do mar, ou de qualquer outro ambiente. Tudo isso, todas essas imagens na verdade, remetem a representações que se constrói do mundo que nos rodeia. É uma das abordagens da psicologia social, a qual concentra seu interesse no estudo dessas representações.

21.1. Questões e riscos associados às zonas costeiras

Os litorais do mundo podem ser considerados como uma fonte de desafios. Uma casa perto da água é um sonho, o destino preferido dos brasileiros continua a ser o mar, como mostra muitos relatórios publicados. Nas regiões costeiras, a população de residentes está a aumentar acentuadamente durante o período de verão. Observa-se, também, que a população de residentes fixos está aumentando.

Existem outras questões, como obviamente questões econômicas. Há também desafios para o turismo, que é uma das principais atividades destas comunidades costeiras, mas também há atividade industrial e atividade pesqueira.

A outra questão importante é o dinamismo desses municípios costeiros que estão a ver a sua população de residentes secundários aumentar muito acentuadamente, e mesmo a sua população de aposentados, com cada vez menos pessoas ativas, e portanto

um risco de declínio da atividade econômica, questões de conservação do litoral, de preservação da fauna, da flora, e outras atividades.

Estas múltiplas atividades sociais, econômicas e ecológicas geram questões políticas, questões de poder: todos procuram se apropriar deste território e como resultado, as regiões costeiras são densamente povoadas. Cada vez mais pessoas trabalham lá, cada vez mais pessoas vivem lá, e quanto mais nos aproximamos do mar, da costa, mais aumenta a densidade populacional. São pessoas com interesses e necessidades muito diferentes e que por isso valorizam este território de forma diferente. A esta experiência, que é muito diferente, se acrescenta a ideia de que a zona costeira é um bem comum e, portanto, não diz respeito apenas às pessoas que nela vivem.

Estas questões, o seu número, a sua diversidade, constituem um fator precipitante do surgimento de riscos. Estes riscos são muito variados e estão distribuídos de forma muito diferente pelo território. Os riscos não são identificados como iguais em todos os lugares. Existem riscos socioeconômicos, como: envelhecimento da população, declínio da atividade econômica, riscos domésticos, industriais etc. Existem riscos naturais, que nos preocupam mais particularmente: sismos, incêndios florestais, maremotos, deslizamentos, etc. Mas também existem riscos costeiros, ligados em particular à submersão e à erosão, que são ainda mais importantes com a subida do nível do mar.

21.2. Objetivo da psicologia ambiental

Pela multiplicidade destas questões no litoral, este espaço se torna verdadeiramente um espaço propício ao estudo dos fenômenos sociais e das representações sociais. Por quê? Porque a psicologia social considera os riscos como uma construção social, que dependerá, em particular, da valorização destas questões, pelas pessoas ou grupos envolvidos. Existem muitas maneiras de estudar o risco e, para a psicologia social ou a psicologia ambiental, o objetivo é estudar como esse risco é socialmente construído, ou seja, estudar as diferentes representações que as pessoas que vivem nestes territórios têm dos riscos e destes espaços, de forma mais ampla. Resumidamente, o que é psicologia social ou ambiental? A psicologia já é o estudo do comportamento dos indivíduos ou de um indivíduo e seus modos de pensar. Segundo a definição de Moscovici (1984), a psicologia social é o estudo dos fenômenos da ideologia, das cognições e das representações sociais, e o estudo dos fenômenos de comunicação. Em outras palavras, envolve estudar as interações sociais para compreender como o

conhecimento social é construído. A psicologia ambiental, por sua vez, é uma psicologia social que focará seu interesse nas interações entre o indivíduo e seu meio ambiente. No seu ambiente está o grupo, que é a dimensão social, que acabamos de ver com a psicologia social, mas também existe a dimensão física, espacial e temporal. O indivíduo está, portanto, no centro das preocupações. O objetivo é estudar seu comportamento, suas representações de acordo com as pessoas e grupos ao seu redor, levando em consideração o ambiente em que vive. Este ambiente pode estar localizado em diferentes escalas espaciais. Pode-se ter a escala da casa, com os fenômenos da intimidade, da vizinhança, das relações de vizinhança, da cidade ou do município, dependendo do espaço estudado, que é um espaço partilhado, do país, do planeta, que é um espaço muito mais global, um espaço de bem comum.

21.3. Conceito de vulnerabilidade sistêmica

O estudo das representações sociais dos riscos, e em particular, a representação dos riscos costeiros que nos preocupa mais particularmente, não pode ser feito sem ter em conta esta dimensão interacional entre o homem e o seu ambiente. Isso é algo que se tenta implementar em pesquisas interdisciplinares com geógrafos, geólogos, economistas, advogados etc. Esta pesquisa se concentra na vulnerabilidade sistêmica.

Na literatura, a vulnerabilidade é geralmente estudada com base em duas dimensões principais: perigo e questões, o que se valoriza ou o que se corre o risco de perder. Esses dois elementos constituem o risco. No contexto da vulnerabilidade sistêmica, e em particular, em relação aos riscos de erosão e submersão, no contexto dos riscos costeiros, teremos também em conta a gestão, ou seja, todos os regulamentos que existem ao nível dos riscos e do litoral, em particular. Se leva em conta as representações que as pessoas têm destes riscos, mas, de forma muito mais ampla, se estuda as representações sociais das pessoas, do seu ambiente de vida e do seu ambiente de vida costeiro. Estaremos, portanto, interessados, como psicólogos sociais, em conceitos como a apropriação do espaço, a identidade ou a ligação ao lugar, e o conceito de representação social ou representação social de riscos, e não necessariamente apenas de riscos costeiros.

XXII. Lei de poluição marinha e ordenamento do espaço marinho.

22.1. Definição e caracterização da poluição marinha

A poluição marinha é definida pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) da UNESCO, como a introdução, direta ou indireta, de substâncias ou energia no ambiente marinho que causarão efeitos deletérios, incluindo danos aos recursos biológicos, perigos para a saúde humana, obstáculos às atividades marítimas, incluindo a pesca, a deterioração da qualidade da água do mar para seu uso e a redução de possibilidades no campo da recreação.

Existem três formas de poluição: poluição química, após derramamento de substâncias químicas, metais pesados, detergentes, hidrocarbonetos, biocidas; poluição física, aqui o meio ambiente será transformado em sua estrutura física após uma descarga sólida, líquida ou radioativa; e finalmente poluição biológica ocasionada por microrganismos, germes, bactérias, vírus, fungos, patógenos e no caso de introdução de uma espécie em uma área marinha onde não deveria estar e se desenvolver (Fig.92). Na maioria das vezes, o mesmo ambiente suporta vários tipos de poluição.



Figura 92 – Formas de poluição marinha. a) química, b) física e c) biológica

(fonte a: <https://www.fatosdesconhecidos.com.br/wp-content/uploads/2019/10/petroleo.jpg>)

(fonte b: <https://p2.trrsf.com/image/fget/cf/774/0/images.terra.com/2023/08/08/poluicao-1hv2rjt6b2wc8.jpg>)

(fonte c: <https://super.abril.com.br/wp-content/uploads/2018/07/56575b9a0e21633304001a0fmare-vermelha-como-se-da-esse-fenomeno1.jpeg?w=1200&h=900>)

22.2. Poluição marinha e lei

O fenômeno da poluição marinha é bastante amplo, mas se vê que pode ser analisado e dividido por diferentes disciplinas, por exemplo a ecologia ambiental, bem como a geografia, e até a disciplina jurídica. No final, os poluentes se fundem e interagem entre si para degradar o ambiente do receptáculo e, em qualquer caso, transformá-lo.

Este é um fenômeno que a lei pode resolver?

Sim, mas as duas respostas que veremos se neutralizam, sem serem totalmente contraditórias. Em primeiro lugar, temos analistas científicos da saúde do ambiente marinho e juristas que têm estado interessados em compreender os ataques ao ambiente marinho através da lei, por isso, utilizámos a lei para prevenir a ocorrência de danos ecológicos, limitando os riscos de ocorrência de poluição. Também tem sido utilizada para aplicar sanções, dissuadir comportamentos degradantes e garantir reparação, mas também temos razões legais para o fato dos oceanos do século XXI estarem sob tanta pressão antropogênica. É a legislação nacional que se aplica ativamente ao território terrestre e ao litoral, que permitiu a emissão de poluição terrestre. E é o direito internacional do mar que, ao organizar metodicamente a distribuição dos direitos econômicos sobre os espaços marítimos, legalizou os usos do mar que são usos impactantes.

22.3. Respostas jurídicas: tipologia da poluição

Em termos de respostas jurídicas, a primeira delas foi estabelecer uma tipologia de poluição (Fig.93). Temos a poluição por navios, ou a poluição marítima, a poluição por operações de despejo voluntário, o despejo de resíduos, temos a poluição telúrica, aquela que vem da terra, temos a poluição por exploração ou pela exploração mais grave do solo e subsolo marinho. Temos também diferentes formas de poluição a monitorizar de perto devido à presença de áreas frágeis, os ecossistemas únicos ou vulneráveis ou espécies emblemáticas. Por fim, temos uma série de poluições diversas e variadas numa categoria onde encontraremos a poluição por erosão costeira e poluição atmosférica, por exemplo.



Figura 93 – Tipologia de poluição marinha.

22.4. Camadas de instrumentos jurídicos ligados à poluição marinha

Hoje nos beneficiamos de estratos de instrumentos de prevenção e gestão de riscos de poluição com a seguinte metodologia: Primeiro, se tem as convenções universais que são depois divididas em convenções regionais, o direito nacional ou interno dos Estados e os acordos de cooperação que celebram. Podemos citar aqui a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, que entrou em vigor em 1994 e que inclui a Parte XII sobre a proteção do meio marinho. O Brasil ratificou a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, através do Decreto N° 1.530, de 12 de junho de 1995 (Fig.94).

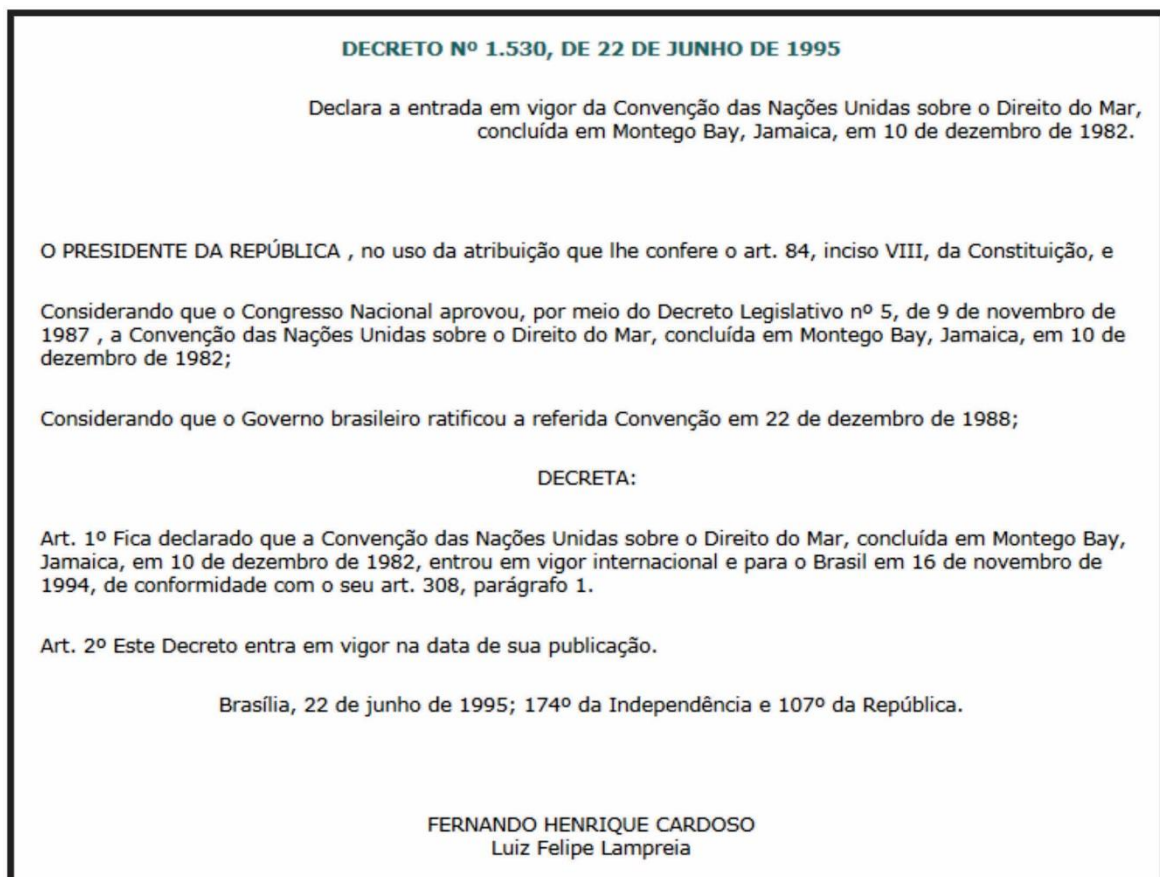


Figura 94 – Decreto de ratificação da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, pelo Brasil.

Tem-se o sistema de convenções-quadro, que é complementado por protocolos adicionais e modificado por alterações e se tem um exemplo muito importante, que foi a Convenção para a Prevenção da Poluição Marinha por Despejo de Resíduos, esta é também chamada de Convenção de Londres, ou LC72, e que está em vigor desde 30 de agosto de 1975, sendo acompanhada também por um protocolo muito importante, que entrou em vigor em 24 de março de 2006. Este protocolo nos legou o fato de termos de lidar com resíduos que também provêm da terra, o que a 1ª Convenção de Londres não

fez. Deixou também o princípio da lista inversa, ou seja, as partes devem se abster de despejar quaisquer resíduos não listados, e não fazer o que fizeram antes, autorizar o despejo de resíduos perigosos listados na forma de categorias.

Temos um ordenamento jurídico internacional que hoje admite, embora o regule, a função de deposição no mar, o que pode ser lamentável e assim pode ser rejeitado todo o tipo de resíduos, materiais orgânicos de origem natural, lamas de esgoto, materiais geológicos inertes, inorgânicos, fluxos de CO₂ provenientes de processos de captura de CO₂, por exemplo, mas também grandes objetos construídos em materiais como ferro, aço, concreto, em situações onde não existem locais de descarte. O sistema jurídico também define melhor certos objetos que são fontes de poluição, como naufrágios (Fig.95).

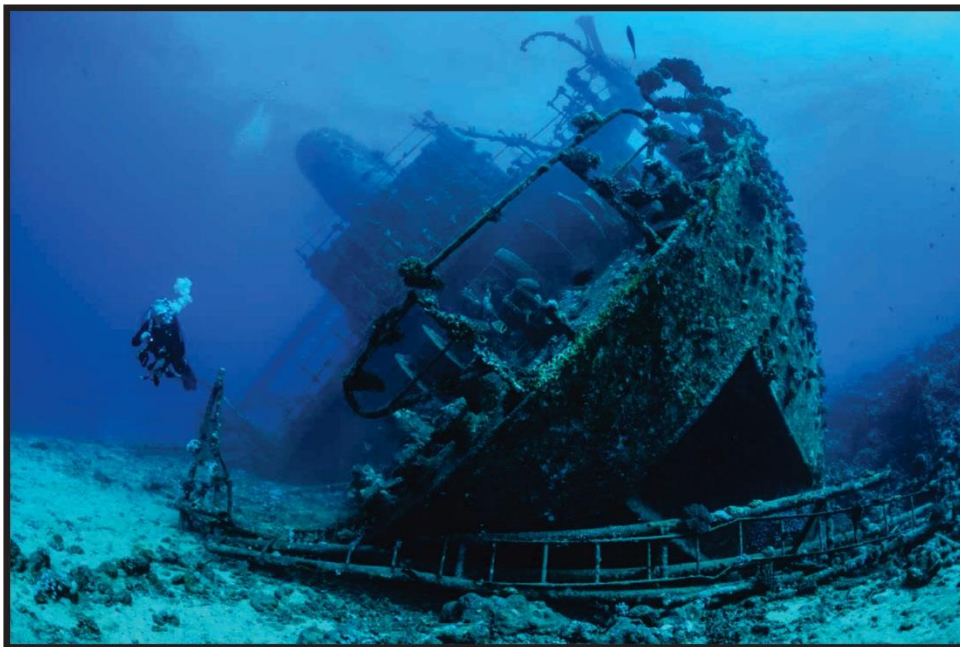


Figura 95 -Naufrágios do Gianni D, no mar Vermelho, fonte de poluição marinha
(fonte: <https://www.egiptoexclusivo.com/wp-content/uploads/2022/03/pacio-Giannis-D-egipto.jpg>)

22.5. Áreas de desenvolvimento da resposta jurídica à poluição marinha

Existem duas grandes áreas nas quais a gestão jurídica se desenvolveu. A primeira é a do direito da navegação marítima, que visa muito especificamente a poluição marítima. Temos três elementos aqui: em primeiro lugar, as convenções internacionais para o exercício das atividades marítimas, em segundo lugar, recomendações da Organização Marítima Internacional (OMI), que são de grande importância porque aproximam as regulamentações e os usos técnicos da navegação, por conseguinte, incentivam os mais elevados padrões possíveis de segurança marítima. Tem-se também Estados, como os EUA ou organizações como a União Europeia, que possuem um

conjunto de regras relativas à segurança marítima e portuária, as quais são mais severas do que a OMI, o que é possível.

Em termos de direito ambiental marinho, o Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUMA) e o Programa de Ação Regional dos Mares (PARM), sobre os oceanos, dos quais são 18, desenvolveram toda a sua ação com convenções dedicadas. Deve-se também acrescentar outras convenções ambientais, como a Convenção de Minamata (CM), sobre mercúrio de 2013, em vigor desde 16 de agosto de 2017. Se nos concentrarmos em uma das Convenções Marítimas Regionais, talvez a Convenção para a Proteção do Meio Ambiente Marinho (CPMAM), ou a Convenção Costa do Mediterrâneo, que é a Convenção de Barcelona para a Proteção do Mediterrâneo (CBPM), composta por 21 estados fronteiriços no Mediterrâneo, incluindo 8 estados da União Europeia e a própria União Europeia, é acompanhado por 7 protocolos que formam um sistema complexo, o sistema Barcelona. Destes 7 protocolos, 5 são dedicados ao combate à poluição marinha.

22.6. Ordenamento do espaço marinho

Se olharmos agora para o planeamento, barrando comportamentos ilegais ou dissimulados, a atividade poluente não ocorre fora do conhecimento do Estado e fora do controlo da lei. O Estado está informado, alocou esses espaços. Vê-se, portanto, pegadas espaciais fixas ou móveis, que se desenvolvem desde a costa até ao oceano. Acreditava-se que a poluição difusa não moldaria os ecossistemas marinhos. Regras para o desenvolvimento destes espaços, que exportam riscos para o meio ambiente, são cada vez mais necessárias atualmente. Tem-se novos conceitos como o ordenamento do espaço marítimo, outros estão atualmente a ser discutidos no âmbito da ONU, lhes denominamos instrumentos de gestão de área para locais de alto mar. Entretanto o planeamento num ambiente líquido não é uma ação idêntica ao planeamento terrestre ou costeiro, concebido por aqueles que estão no poder e implementado pelos administradores.

Então, o sistema é aperfeiçoável? Sim obviamente. Mas será necessário avaliar melhor as falhas na gestão legal da poluição marinha. Deve-se também olhar para o desempenho das infraestruturas portuárias e *offshore* destinadas a apoiar as atividades de transporte marítimo. Temos que reduzir este hábito de mencionar obrigações que constituem hoje um direito perfeitamente capaz de reduzir os riscos de derramamento, mas que adia os prazos de ação de prazo em prazo. É necessário avaliar a atuação do

Estado na aplicação da lei contra a poluição, e auxiliar as secretarias das Convenções Marítimas Regionais (CMR), para isso. Isto pressupõe o desenvolvimento de sistemas sustentáveis de monitorização da qualidade da água e de tecnologias de controlo da poluição marinha. Será também necessário se empenhar no planeamento espacial marinho, que inclua um zoneamento mais ecológico, em vez de se concentrar apenas no planeamento ou programação industrial. Em qualquer caso, temos de aumentar as sanções penais nacionais para a poluição ambiental e temos de comprimir as emissões na fonte, as emissões antigas, como o problema dos metais pesados, ou as novas emissões, como os plásticos, os fluxos de CO₂, etc.

Reduzir ou eliminar a poluição, uma vez espalhada nas águas, nos fundos marinhos e nos organismos vivos, seria um esforço tecnológico, administrativo e financeiro que quase todo o mundo não é capaz de empreender.

XXIII. COMO TORNAR AS ÁREAS MARINHAS PROTEGIDAS ACEITÁVEIS E EFICAZES?

Devemos preservar os oceanos através de políticas de conservação. Alguns são territorializados com o estabelecimento de áreas marinhas protegidas, como pode ser visto na figura 96.

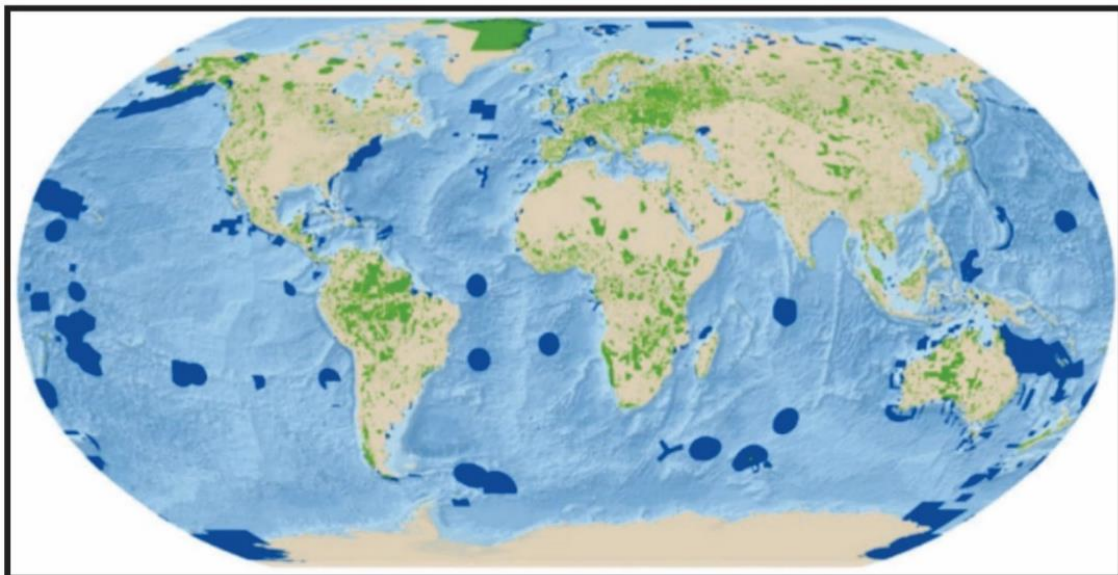


Figura 96 – Mapa de localização das áreas marinhas protegidas segundo dados das Nações Unidas, 2018
(fonte: <https://journals.openedition.org/confins/docannexe/image/45109/img-2-small580.png>)

Na realidade o mapa nos mostra apenas as áreas maiores. Precisamos nos aproximar um pouco mais, por exemplo, como o do mapa da figura 97, que mostra as

áreas marinhas de interesse de proteção do Brasil, onde se vê que não são muito numerosas e de tamanhos diversos.

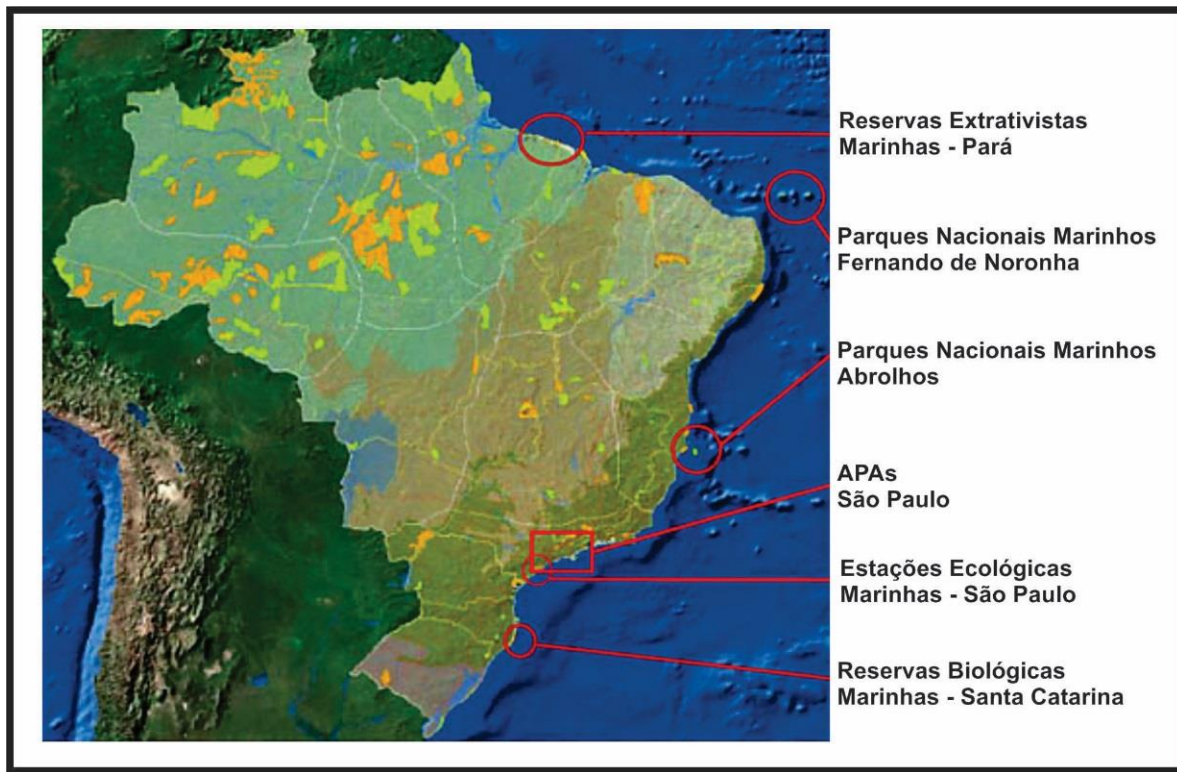


Figura 97 – Mapa de localização das áreas marinhas de interesse de proteção do Brasil.
(fonte: https://oeco.org.br/wp-content/uploads/oeco-migration//images/stories/set2009/oceanos_esquecidos_grafico_gr.jpg)

23.1. Definição e tipologia de Áreas Marinhas Protegidas

A maioria das áreas marinhas protegidas no mundo são costeiras e marítimas e têm como alvo áreas de alto risco. Pode-se definir área marinha protegida como um espaço geográfico delimitado, portanto um perímetro, consagrado por um estatuto, gerido por todos os meios eficazes, legais ou não, com o objetivo tanto da conservação da biodiversidade, mas também dos serviços dos ecossistemas associados e valores culturais associados. Existem um certo número de categorias de áreas protegidas que vão desde a zona natural de recursos geridos, que tem muito poucas restrições, até áreas de reservas completas onde existem muito mais restrições e se deseja excluir as atividades humanas. Depraz (2008), nos diz que passamos de uma fase de preservação, onde queríamos excluir as atividades humanas das áreas protegidas, para uma fase de conservação onde as aceitamos, mas onde tentamos supervisioná-las com planos de gestão.

23.2. Rumo cada vez maior as AMP? A contribuição das ciências humanas e sociais

As Áreas Marinhas Protegidas (AMP), se tornaram, em cerca de trinta anos, uma das principais políticas de conservação dos oceanos. Na verdade, passámos de 0,65% dos mares do mundo classificados como áreas marinhas protegidas, para 7,6% no início de 2020. Este é um crescimento contínuo, que está ligado a objetivos internacionais muito ambiciosos. Este crescimento pode ser questionado, porque existem trabalhos científicos que tendem a mostrar que a eficácia das áreas marinhas protegidas é muito variável. Alguns trabalhos recentes tendem a mostrar que quanto mais regulamentações tivermos, mais eficaz será. Isto coloca um certo problema, porque na realidade os regulamentos encontram oposições. Quando se quer introduzir regulamentos, ou se tem projetos que não têm sucesso, ou se tem projetos que são largamente revistos em termos de objetivos. Daí a questão colocada aos cientistas sociais, que é a seguinte: "Como construir AMP que sejam aceitáveis para aqueles que lá vivem, e que vivam dos recursos que lá existem, e eficazes para a conservação?" Quando se volta às avaliações de eficácia, elas mobilizam muito pouco das ciências humanas e sociais, que, de um modo geral, são hoje muito pouco mobilizadas nas áreas marinhas protegidas. O que se pensa é que precisamos nos mobilizar para irmos mais longe, para estudarmos caso a caso quais são os determinantes da eficácia, na forma como são configurados e geridos. É o que se faz com estudos de caso, análises comparativas, onde se procura identificar esses determinantes.

23.3. Questão da governança

A governança é definida por Ray-Valette *et al.* (2014), como um processo de aprendizagem e coordenação, que visa a construção coletiva de objetivos e ações, e que envolve atores com múltiplas identidades. São pescadores, clubes de mergulho, além de dirigentes eleitos e agentes administrativos. Assim, tanto atores públicos como privados que juntos, devem construir a ação pública.

Este trabalho revela os determinantes da qualidade da governança (Fig.98). Isto diz respeito à estabilidade do sistema, à continuidade da ação do AMP e aos recursos investidos, especificamente em termos de recursos humanos. É o fato do sistema estar aberto a diferentes formas de se expressar e de se envolver em ações. Isto permitirá que diferentes intervenientes se apropriem deste sistema de governança. É também a capacidade da AMP criar proximidade entre os seus membros, especificamente através

de espaços informais de diálogo. As proximidades são objeto de estudo na economia da proximidade, que se interessa pelo que permitem em termos de coordenação entre atores. Parece-nos muito importante mobilizá-lo, sabendo que, quando se observa o que se passa nas AMP, na realidade, nos mecanismos de consulta e participação estudados, se percebe que alguns permitem realmente construir proximidade, outros apenas permitem uma certa troca de informações entre as partes interessadas, mas não vai muito além. Portanto, este é um elemento a observar que determina a eficácia tanto da governança como do AMP.



Figura 98 – Determinantes da qualidade de governança.

23.4. Questão dos conflitos

Os conflitos são objeto de estudo da geografia social. Nas AMPs, muitas vezes se procura evitar conflitos, porém, Cadoret (2011), com base em estudos de caso, mostra que o conflito pode ser muito interessante, porque reúne atores que devem se coordenarem, e que muitas vezes não falam entre si, porque explicar problemas que, se não forem explicados, não serão abordados. Isso porque estimula a inovação, a partir do momento em que há conflitos, temos que encontrar novas soluções para sair deles.

Quando se observa um certo número de AMPs, se percebe que o conflito está omnipresente nas trajetórias de institucionalização destas AMPs, e também se observa que, em certos casos, provoca bloqueios duradouros. Em outros casos, as AMPs elaboram diagnósticos de conflitos, procuram identificar os conflitos, compreender as motivações dos protagonistas e implementar meios de regulamentação adequados, que permitirão aproveitar esses conflitos para os tornar construtivos. É claro que o que se propõe não é criar conflitos, mas sim lidar com esses conflitos de forma eficaz e sensata.

23.5. Questão da aceitação

O último elemento é a questão da aceitação. Aceitação é um conceito que tem sido trabalhado principalmente por geógrafos como Laslase *et al.* (2014). A aceitação é uma coisa, mas na realidade, nas AMPs, é difícil vislumbrar uma certa eficácia sem ter mais do que uma aceitação, uma apropriação real da área marinha protegida, por um certo número de atores, sem cuja contribuição as coisas são difíceis. Isto nos leva a distinguir vários níveis de aceitação. O mínimo é a demissão, sendo essa uma aceitação forçada. Então, se temos consentimento, é uma aceitação passiva, depois temos o apoio e, finalmente, a apropriação, onde os atores realmente se apropriarão e apoiarão esta política. Parece-nos que esta rede de análise de aceitação deve ser absolutamente utilizada porque é um elemento determinante da eficácia das áreas marinhas protegidas.



Ordenamento do espaço marítimo

(fonte: <https://marmadeira.madeira.gov.pt/wp-content/uploads/2021/02/ilustracao.jpg>)

XXIV. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Beuret, J.E. & Cadoret, A. 2023. La diversité des aires marines protégées masque un modèle générique : est-il soluble dans des réalités diversifiées? *Mondes en développement*, 203: 33-57. <https://www.cairn.info/revue-mondes-en-developpement-2023-3-page-33.htm?contenu=resume>.
- Boutry, M. 2004. Un système symbolique en construction: l'exemple du bateau birman, *Techniques & Culture*, p.43-44. <https://journals.openedition.org/tc/1263>.
- Boyd, P.W., Claustre, H., Lévy, M., Siegel, D., & Weber, T. 2019. Multi-faceted particle pumps drive carbon sequestration in the ocean. *Nature*, 568(7752): 327-335. DOI: 10.1038/s41586-019-1098-2.
- Boyen, C. & Jaouen, P. 2015. Les Biotechnologies Marines dans le Grand Ouest. Travaux d'un groupe de reflexion au sein de l'Europole Mer sur le thème des biotechnologies marines. 61 p. <https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/insu-01164013>.
- Brown, E., Coiling, A., Park, D., Phillips, J. & Rother, D. 2001. *Ocean circulation*, The Open University, second edition, 287p. Paperback ISBN: 9780750652780, eBook ISBN: 9780080537948.
- Carlton, J.T., Chapman, J.W., Geller, J.B., Miller, J.A., Carlton, D.A., McCuller, M.I., Treneman, N.C., Steves, B.P., & Ruiz, G.M. 2017. Tsunami-driven rafting: Transoceanic species dispersal and implications for marine biogeography. *Science*. 357(6358): 1402-1406. DOI: 10.1126/science.aao1498.
- Chavez, F.P., Bertrand, A., Guevara-Carrasco, R., Soler, P., & Csirke, J. 2008. The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. *Progress In Oceanography*, 79: 95-105. DOI: 10.1016/j.pocean.2008.10.012
- Claeys, C., Giuliano, J., Megnifo, H.T., Fissier, L., Rouadjia, A., Lizée, C., Geneys, C. & Marçot, N. 2017. Une analyse interdisciplinaire des vulnérabilités socioenvironnementales: le cas de falaises côtières urbanisées en Méditerranée. *Natures Sciences Sociétés*, 25: 241 - 254. <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2017-3-page-241.htm>.
- Deldrève, V. 2020. La fabrique des inégalités environnementales en France: Approches sociologiques qualitatives. *Revue de l'OFCE*, 2020/1. 165: 117 - 144. <https://www.cairn.info/revue-de-l-ofce-2020-1-page-117.htm>.
- Depraz S., 2008, *Géographie des espaces naturels protégés: genèse, principes et enjeux territoriaux*, Armand Colin, Paris, 320 p.

- Dima, M., Lohmann, G. 2010. Evidence for two distinct modes of large-scale ocean circulation changes over the last century. *AMS*. 23 (1): 5–16. doi:10.1175/2009JCLI2867.1
- Dimarchopoulou, D., Keramidas, I., Sylaios, G., & Tsikliras, A.C. 2021. Ecotrophic Effects of Fishing across the Mediterranean Sea. *Water*, 13: 482. <https://doi.org/10.3390/w13040482>
- Duarte, C.M., Holmer, M., Olsen, Y., Soto, D., Marbà, N., Guiu, J., Black, K., Karakassis, I., 2009. Will the Oceans Help Feed Humanity? *BioScience*, 59(11): 967–976. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.8>
- Faget, D. & Bertrand, R. 2019. *Marseille et la mer: hommes et environnement marin (XVIIIe-XXes)*. Presses Univ. de Provence, France. 394 p.
- FAO, 2010. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2010*. FAO Fisheries Department. Food and Agriculture Organization, Rome. 197p.
- FAO, 2011. *Fishery and Aquaculture Statistics*. FAO Yearbook, 2009. FAO Fisheries Department. Food and Agriculture Organization, Rome. 81p.
- FAO. 2020. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- Galletti, F. 2023. L'État en développement et le nouvel "Instrument international juridiquement contraignant sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique marine des zones ne relevant pas de la juridiction nationale. *Mondes en développement*. 203: 11 à 31. <https://www.cairn.info/revue-mondes-en-developpement-2023-3-page-11.htm>.
- Gascuel, D., Tremblay-Boyer, L., Pauly, D., 2009. EcoTroph (ET): a trophic-level based software for assessing the impacts of fishing on aquatic ecosystems. *Fisheries Centre Research Reports* 17(1), University of British Columbia [ISSN 1198-6727], 83 p.
- Geistdoerfer, A. 1995. Des lions, des mouettes et des fauvelles. Etude des patronymes des doris de Saint-Pierre. Des rapports entre les pêcheurs et la mer, *Annales de Normandie*, 26: 193-204. https://www.persee.fr/doc/annor_0570-1600_1995_hos_26_1_2263.
- Gruber, N., Clement, D., Carter, B.R., Feely, R.A., van Heuven, S., Hoppema, M., Ishii, M., Key, R.M., Kozyr, A., Lauvset, S.K., Monaco, C.L., Mathis, J.T., Murata, A., Olsen, A., Perez, F.F., Sabine, C.L., Tanhua, T. & Wanninkhof, R. 2019. The oceanic sink for anthropogenic CO₂ from 1994 to 2007. *Science*, 363(6432): 1193-1199. DOI: [10.1126/science.aau5153](https://doi.org/10.1126/science.aau5153).

- Laslaz L., Gauchon, C., Duval, M., Héritier, S. 2014. Les espaces protégés. Entre conflits et acceptation, Belin, coll. Mappemonde, Paris.
- Levain A., 2013. Faire face aux marées vertes, penser les crises du vivant, Ethnographiques.org , 27, <https://www.ethnographiques.org/2013/Levain>.
- Mariat-Roy, E. 2015. Le poisson pêché à la ligne est le meilleur entre tous, Ethnographie de stratégies professionnelles de valorisation d'une marchandise à forte valeur ajoutée en Islande, 5: 55-71. <http://riethno.org/wp-content/uploads/2015/11/5-MARIAT-ROY-Poisson-le-meilleur-pp.55-71.pdf>.
- Mariot-Roy, E. 2009. Comptes rendus. Rob van Ginkel, Braving Troubled Waters: Sea Change in a Dutch Fishing Community, Amsterdam University Press, 344 p.
- Michel-Guillou, E. 2017. Le rôle de l'incertitude dans la construction sociale des problématiques environnementales. Bulletin de psychologie. 548: 83-86. DOI: [10.3917/bupsy.548.0083](https://doi.org/10.3917/bupsy.548.0083)
- Mongruel, R., Kermagoret, C., Carlier, A., Scemama, P., Le Mao, P., Levain, A., Ballé-Béganton, J., Vaschalde, D. & Bailly, D., 2018. Milieux marins et littoraux : évaluation des écosystèmes et des services rendus. Rapport de l'étude réalisée pour le compte du programme EFESE, IFREMER – UBO – AFB, 354 pages + Annexes. DOI: [10.13140/RG.2.2.20268.21122](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20268.21122).
- Mongruel, R., Méral, P., Doussan, I. & Levrel, H. 2016. L'institutionnalisation de l'approche par les services écosystémiques : dimensions scientifiques, politiques et juridiques. Valeurs de la biodiversité et services écosystémiques. p. 191-216. <https://www.cairn-sciences.info/valeurs-de-la-biodiversite-et-services-ecosystemiq--9782759224425-page-191.htm>.
- Mooney, H.A. 1983. Carbon-gaining capacity and allocation patterns of mediterranean-climate plants. Ecological Studies. 43: 103-119. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-68935-2_6.
- Moscovici, S. 1984. Introduction. Le domaine de la psychologie sociale. In: S. Moscovici (Ed.), Psychologie sociale. p. 5-22. Paris.
- Oliver, E.C.J.; Burrows, M.T.; Donat, M.G.; Sen Gupta, A.; Alexander, L.V.; Perkins-Kirkpatrick, S.E.; Benthuisen, J.A.; Hobday, A.J.; Holbrook, N.J.; Moore, P.J.; Thomsen, M.S.; Wernberg, T.; & Smale, D.A. 2019. Projected Marine Heatwaves in the 21st Century and the Potential for Ecological Impact. Front. Mar. Sci. 6:734. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00734>

- Olmos, M., Payne, M. R., Nevoux, M., Prévost, E., Chaput, G., Du Pontavice, H., Guitton, J., Sheehan, T., Mills, K., & Rivot, E. 2020. Spatial synchrony in the response of a long range migratory species (*Salmo salar*) to climate change in the North Atlantic Ocean. *Global Change Biology*, 26: 1319–1337. DOI: [10.1111/gcb.14913](https://doi.org/10.1111/gcb.14913).
- Pearce D., 2007. Do we really care about biodiversity?. *Environmental and resource economics*, 37(1): 313-333. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-007-9118-3>
- Rahmstorf, S. 2006. Thermohaline Ocean Circulation. In: *Encyclopedia of Quaternary Sciences*, Edited by S. A. Elias. Elsevier, Amsterdam.
- Rahmstorf, S., Box, J.E., Feulner, G., Mann, M.E., Robinson, A., Rutherford, S., Schaffernicht, E.J. 2015. Exceptional twentieth-century slowdown in Atlantic Ocean overturning circulation. *Nature Climate Change*. 5 (5): 475–480. ISSN 1758-678X. doi:10.1038/nclimate2554.
- Rey-Valette H., Chia, E., Mathé, S., Michel, L., Nougaredes, B., Soulard, C., Maurel, P., Jarrige, F., Barbe, E., & Guiheneuf, P.Y. 2014. Comment analyser la gouvernance territoriale? Mise à l'épreuve d'une grille de lecture. *Géographie, économie, société*. 16(1): 65-89.
- Salvatteci, R., Schneider, R.R., Blanz, T., & Mollier-Vogel, E. 2019. Deglacial to Holocene Ocean Temperatures in the Humboldt Current System as Indicated by Alkenone Paleothermometry. *PANGAEA*, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.897239>.
- Sandulli R. 2012. Biocostruzioni del Mar Mediterraneo: un patrimonio poco conosciuto. *Uomo e Natura*, 4: 25-38. <https://www.researchgate.net/publication/268503660>
- Sautchuk, C. 2004. Laguistas et pescadores l'apprentissage de la pêche dans une région côtière de l'Amazonie (Vila Sucuriju, Brésil), *Techniques & Culture*, p.45.
- Trenberth, K.E., Zhang, Y., Fasullo, J.T. & Cheng, L. 2019. Observation-based estimates of global and basin ocean meridional heat transport time series. *Journal of Climate*, 32: 4567–4583. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0872.1>.
- von Schuckmann, K.; Cheng, L.; Palmer, M.D.; Hansen, J.; Tassone, C.; Aich, V.; Adusumilli, S.; Beltrami, H.; Boyer, T.; Cuesta-Valero, F.J.; Desbruyères, D.; Domingues, C.; García-García, A.; Gentine, P.; Gilson, J.; Gorfer, M.; Haimberger, L.; Ishii, M.; Johnson, G.C.; Killick, R.; King, B.A.; Kirchengast, G.; Kolodziejczyk, N.; Lyman, J.; Marzeion, B.; Mayer, M.; Monier, M.; Monselesan, D.P.; Purkey, S.; Roemmich, D.; Schweiger, A.; Seneviratne, S.I.; Shepherd, A.; Slater, D.A.; Steiner, A.K.; Straneo, F.; Timmermans, M.L.; & Wijffels, S.E. 2020. Heat stored in the Earth system: where does

the energy go?, *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 2013–2041, <https://doi.org/10.5194/essd-12-2013-2020>.

World resource Institute 2019. Creating a sustainable food future. A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050 World resources report . Synthesis report. 96p. https://research.wri.org/sites/default/files/2019-07/WRR_Food_Full_Report_0.pdf

XXV. LEITURAS RECOMENDADAS

Barsano, P.R., Barbosa, R.P., Viana, V.J. 2014. Poluição ambiental e saúde públicas. Ed. Saraiva. 128 p. ISBN: 9788536506128.

Calixto, R.J. 2000. Poluição Marinha: origens e gestão. Ed. Ambiental, BH. 240 p. ISBN: 9788587417046.

Coelho, C.O. 2018. Poluição Marinha por hidrocarbonetos e responsabilidade civil. Ed. Almedina. 270 p. ISBN: 9789724031279.

Wallner-Kersanach, M., Patchineelam, J., Baptista Neto, A. 2008. Poluição Marinha. Ed. Interciência. 412p. ISBN: 9788571932067.

XXVI. ABREVIATURAS

AMOC – Circulação Meridional do Atlântico
AMP – Áreas Marinhas Protegidas
BGP – Bomba Gravitacional Biológica
BRMS – Nível de Biomassa
CBPM – Convenção de Barcelona para a Proteção do Mediterrâneo
CHS – Ciências Humanas e Sociais
CICES - Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos
CID – Carbonato Inorgânico Dissolvido
CO – Custo Operacional
COI – Comissão Oceanográfica Intergovernamental
COP₂₈ – Vigésima oitava Conferência das Partes, realizada pela ONU, em 2023, em Dubai.
CPMAM – Convenção para a Proteção do Meio Ambiente Marinho
ENSO – El Niño – Oscilação Sul
EPCI – Estabelecimento Público de Cooperação Intermunicipais
EUA – Estados Unidos da América
FRMS – Ponto Máximo de Captação para uma Intensidade de Pesca
FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
GEE – Gás de Efeito Estufa

IFREMER - Instituto Francês de Pesquisa para a Exploração do Mar.
IPCC – Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas
IUCN – União Internacional para a Conservação da Natureza
LC72 – Convenção de Londres
mgC/m²/dia – miligramas de carbono orgânico por metro quadrado por dia
MP - microplástico
NASA - Administração Nacional Aeronáutica e Espacial.
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMI – Organização Marítima Internacional
ONU – Organização das Nações Unidas
PARM – Programa de Ação Regional dos Mares
PCAET – Plano Territorial de Energia Climática e Aérea
PCBs – Poluentes orgânicos persistentes
PIPs – Bomba de Injeção de Partículas
PMC – Ponto Máximo de Captura
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RMS – Rendimento Máximo Sustentável
RPP – Regulamento da Política das Pescas
UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza
UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

XXVII. GLOSSÁRIO

Abiótico - são os elementos não vivos do ambiente, porém que afetam os organismos vivos da biota.

Adesivo – substância que apresenta aderência a uma superfície.

Algas - são seres que frequentemente são confundidos com plantas. Entretanto, esses seres vivos são agrupados no Reino Protista, juntamente aos protozoários. Elas são organismos fotossintetizantes e eucariontes, normalmente unicelulares, mas existem representantes pluricelulares.

Algoritmo - é uma sequência de instruções bem definidas, normalmente usadas para resolver problemas de matemática específicos, executar tarefas, ou para realizar cálculos e equações.

Aquicultura - ramo da Zootecnia que estuda a produção racional de organismos aquáticos, como peixes, moluscos, crustáceos, anfíbios, répteis e plantas aquáticas para uso do homem

Anóxica - é a ausência de oxigênio

Artrópodes - filo de animais invertebrados que possuem exoesqueleto rígido e vários pares de apêndices articulados, cujo número varia de acordo com a classe. Compõem o maior filo de animais existentes, representados por animais como os gafanhotos, as aranhas, os caranguejos, as centopeias e os piolhos-de-cobra.

Autótrofo - organismo que produz compostos orgânicos complexos usando carbono de substâncias simples, como dióxido de carbono, geralmente usando energia da luz ou reações químicas inorgânicas.

Axônios - são prolongamentos únicos especializado na condução de impulsos, que transmitem informações do neurônio para outras células (nervosas, musculares, glandulares).

Azoico - expressão usada em geologia, para descrever a fase em que não existia vida

Bioinspiração - é uma ciência que a partir da observação da natureza e imitação dos processos, estratégias e estruturas funcionais de organismos vivos, busca soluções para os problemas humanos.

Biomimética - é a área da ciência que estuda as soluções e estratégias usadas pela natureza com o objetivo de aplicá-las em outras áreas de conhecimento como a biologia, medicina, robótica, agricultura, arquitetura, entre outras.

Cacofonia - são sons desagradáveis ao ouvido.

Ciclina - é uma família de proteínas que controla a progressão de uma célula através do ciclo celular pela ativação de enzimas quinase dependentes de ciclina ou grupo de enzimas necessárias para a síntese do ciclo celular.

Conotoxinas - são um grupo de peptídeos neurotóxicos, isolados a partir do veneno de caracóis marinhos do gênero *Conus*.

Crustáceos - animais invertebrados artrópodes. Entre eles estão alguns dos animais mais comuns que conhecemos, como siris, caranguejos, tatuzinhos-de-jardim, lagostas, cracas e camarões.

Demógrafo - cientista que se ocupa da demografia; estudioso dos fenômenos populacionais.

Ecoinovação – é a inovação com a incorporação da dimensão ambiental.

Ecossistema - é o nome dado a um conjunto de comunidades que vivem em um determinado local e interagem entre si e com o meio ambiente, constituindo um sistema estável, equilibrado e autossuficiente.

Eucarionte - tipo de célula que se caracteriza pela presença de núcleo verdadeiro, ou seja, possui envoltório nuclear envolvendo o material genético.

Eufótica - é a camada mais superficial de um ecossistema aquático, que recebe incidência de luz solar suficiente para a realização da fotossíntese.

Exploração - é um termo técnico usado para referir a retirada, extração ou obtenção de recursos naturais, geralmente não renováveis, para fins de aproveitamento econômico, pelo seu beneficiamento, transformação e utilização.

Fitoplâncton – é o conjunto dos organismos aquáticos microscópicos que têm capacidade fotossintética e que vivem dispersos flutuando na coluna de água.

Gastrópode - é uma grande classe taxonômica do filo Molusca que agrupa os caracóis, lesmas, lapas e búzios.

Genoma - é a sequência completa de DNA (ácido desoxirribonucleico) de um organismo, ou seja, o conjunto de todos os genes de um ser vivo.

Genômica - campo da ciência que estuda os genomas, avaliando a interação entre os genes e o meio ambiente.

Giro - em oceanografia, é qualquer grande sistema de correntes marinhas rotativas, particularmente as que estão relacionadas com os grandes movimentos do vento.

Glaucophyta - grupo de algas de água doce, considerada no nível taxonômico de divisão, que se distingue devido à presença de cianelas, um tipo de cloroplastos que retêm características típicas das cianobactérias e estão ausentes dos plastos do resto das algas e plantas.

Haliêutico – relativo a pesca

Heterotrófico - seres vivos que não possuem a capacidade de produzir seu próprio alimento. Sua alimentação é através da ingestão de compostos orgânicos, sendo então, dependente de seres vivos autotróficos ou de outros heterotróficos para obtenção destes compostos.

Insidiosa - que arma ciladas, que induz em erro.

Intrínseca - que é inerente ou essencial a alguém ou algo.

Inuítes - membros da nação indígena esquimó que habitam as regiões árticas do Canadá, do Alasca e da Groenlândia. Os inuítes da Groenlândia são descendentes das migrações Thule do Canadá por volta de 1100 d.C.

Laurencia - gênero de algas vermelhas pertencente à família Rhodomelaceae com distribuição natural nas regiões costeiras das regiões tropicais a temperadas de todos os oceanos.

Leveduras - são tipos de fungos unicelulares, que não fazem fotossíntese e, de modo geral, se reproduzem de modo assexuado.

Metapopulação - consiste em um conjunto de subpopulações de uma mesma espécie que não se encontram ligadas entre si, mas que possuem diversos processos em comum e cujos indivíduos se movem de uma população para outra.

Mesopelágica - é a camada da zona pelágica que se estende dos 200 aos 1.000 metros de profundidade abaixo da superfície do oceano. Embora alguma luz penetre nesta profundidade, ela é insuficiente para ocorrer fotossíntese.

Mixomiceto - microrganismos protistas eucariotos pertencentes ao Filo Amoebozoa. Podem ter formas e cores muito diversas e alguns são de uma beleza surpreendente.

Nutracêutico - é um suplemento rico em cromo, que auxilia no metabolismo de proteínas, carboidratos e gordura. Seu uso é importante na dieta e durante a prática de exercícios físicos, podendo ser utilizado para emagrecer.

Oligossacarídeos - são hidratos de carbono que resultam da ligação glicosídica de dois a dez monossacarídeos.

Omnipresente - que está ao mesmo tempo em toda a parte.

Pandorina - gênero de algas cujos indivíduos se agregam em conjuntos de 8, 16 e por vezes 32 células, unidas na base e formando uma colônia globular rodeada por mucilagem. As células são ovoides ou em forma de pera.

Paradoxo - pensamento, proposição ou argumento que contraria os princípios básicos e gerais que costumam orientar o pensamento humano, ou desafia a opinião consabida, a crença ordinária e compartilhada pela maioria.

Pastador – animal que se alimenta praticamente de toda a biomassa da planta no processo de alimentação.

PCBs _ são poluentes orgânicos persistentes, o que significa dizer que são tóxicos, bioacumulam nas cadeias tróficas, podem ser transportados a longas distâncias e não são facilmente degradados.

Piscatória – relativo a pesca.

Polímero - é um material ou substância composta por moléculas muito grandes conhecidas como macromoléculas que, por sua vez, são compostas de várias unidades repetíveis, os monômeros, que são capazes de reagir consigo mesmas, ou com outros monômeros em alguns casos, como vários tipos de nylon.

Polissacarídeos - são carboidratos formados a partir da polimerização de vários outros açúcares menores.

Pluricelular - organismo formado por mais do que uma célula. São seres constituídos por diversas células com diferentes funções e que tem diferenciação entre elas, fazendo assim com que seja capaz de formar tecidos

Profilaxia - é o termo utilizado para denominar as medidas utilizadas na prevenção ou atenuação de doenças.

Protista - é um grupo muito diverso, sendo que seus integrantes apresentam características que se assemelham às de outros reinos, como o dos animais e o das plantas.

Protozoário - organismos unicelulares e microscópicos que pertencem ao reino Protista. Eles podem ser encontrados em diversos ambientes, como água doce e salgada, solo, e até mesmo no interior de outros organismos, como no trato intestinal de animais.

Piscatória – relativo a recursos pesqueiros: peixes, crustáceos, moluscos, sal e algas, esta extração é feita a partir de rios, mares, lagos e viveiros.

Quimiossíntese - é a produção de matéria orgânica através da oxidação de substâncias minerais, sem recorrer à luz solar.

Radiolários - são protistas planctônicos amplamente distribuídos pelos oceanos modernos e do passado geológico. Esta vasta abrangência temporal e espacial permite que estes organismos sejam utilizados na resolução de diversos problemas geológicos.

Redox - é uma reação que envolve a transferência de elétrons entre espécies químicas.

Sistêmico - relativo a sistema ou a sistemática, próprio de um sistema, de forma coerente.

Socioecossistema - oferecem propriedades emergentes muito inspiradoras para entender as relações pessoas-natureza, frutos da combinação dos sistemas sociais e dos ecossistemas, e como um influencia o outro.

Termohalina - refere-se à circulação oceânica global movida pelas diferenças de densidade entre as massas de água no oceano. Tais diferenças ocorrem em função de pequenas variações na temperatura e/ou na salinidade da água.

Trófico – relativo a alimentação

Unicelular - organismo que consiste em apenas uma célula

Ziconotide - é um agente analgésico atípico para a melhora de dores intensas e crônicas.

