



EAMar

Educação Ambiental Marinha

Um olhar multidimensional para a Década do Oceano

Maithê Kapor de Brito
Agatha Todam
Brenda Gulfier Sanchez Llonch
Giovanna Reis Silva
João Pedro Alonso Panho
Priscila Saviolo Moreira
Camila Negrão Signori

2. Oceanografia

ALPHA-CRUCIS

USP



INSTITUTO
OCEANOGRÁFICO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



Um olhar multidimensional para a Década do Oceano

Maitê Kapor de Brito
Agatha Todam
Brenda Gulfier Sanchez Llonch
Giovanna Reis Silva
João Pedro Alonso Panho
Priscila Saviolo Moreira
Camila Negrão Signori

Série: Educação Ambiental Marinha

2. Oceanografia

Instituto Oceanográfico, USP - São Paulo, 2022.



Revisão

Cláudia Guimarães
Gabriela Carvalho
Mariana Rodrigues dos Santos
Monique Lima
Priscila Silveira Correa
Sueli Aparecida Rodrigues

Diagramação

Maithê Kapor de Brito

A diagramação foi feita com a plataforma *Canva*, e algumas imagens utilizadas são de seu banco de imagens livres. É proibida a comercialização deste livro. A versão online deste livro está disponível no site: <https://www.eamarinha.com/>

Realização:



Instituições parceiras:



Apoio:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



O15o Oceanografia / Maithê Kapor de Brito ... [et al.]
São Paulo: Instituto Oceanográfico, 2022.
(Educação ambiental marinha; n. 2)

ISBN 978-65-997638-3-0

1. Educação ambiental 2. Oceanografia I. Título II. Série III.
Brito, Maithê Kapor de

CDD - 373

O Projeto - EAMar

O EAMAR é um projeto de educação ambiental, criado por alunos da graduação do Instituto Oceanográfico da USP que, de forma interativa e dinâmica, visa a abordar e apresentar os ecossistemas marinhos e processos oceânicos, incluindo curiosidades e problemáticas que envolvem o oceano.

A primeira versão do projeto foi desenvolvida por alunos da empresa júnior do IO USP, IO Júnior Consultoria e Educação Ambiental, ainda sob a presidência do oceanógrafo Leonardo Takase (*in memoriam*), e promoveu ações em escolas da capital e de Ubatuba, trabalhando com alunos do Ensino Fundamental e Ensino Médio.

Já a versão atual, teve o projeto adaptado por equipes do Laboratório de Oceanografia Microbiana do IO USP e do Parque Estadual da Ilha Anchieta, além do apoio financeiro do programa "Aprender na Comunidade", da Pró-Reitoria de Graduação da USP, e da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

2021 marca o início da Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (doravante Década do Oceano), liderada pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO (COI-UNESCO) e segue até 2030.

Sem dúvida, é um momento singular de difusão da Oceanografia, de desenvolvimento da Cultura Oceânica entre jovens estudantes e de articulação entre todos os setores da sociedade em prol de uma relação mais sustentável com o

oceano.

O projeto é direcionado a alunos do 2º ano do Ensino Médio das escolas públicas de Ubatuba e, através da capacitação de professores como mediadores do conhecimento, busca o desenvolvimento do protagonismo de todos os envolvidos nas questões ambientais relacionadas ao oceano e, principalmente, desses alunos, como jovens cientistas.

Serão trabalhadas, aqui, as cinco principais áreas da Oceanografia (Biológica, Física, Química, Geológica e Socioambiental), de forma expositiva, educativa e prática.

Também faz parte deste trabalho o projeto "Ciência Cidadã" que, através do engajamento de professores e alunos, tem por objetivo, utilizando método científico, estudar a erosão de praias, através do monitoramento fotográfico da linha de costa.

EAMar

Educação Ambiental Marinha

Considerações iniciais

Este livro é um produto do projeto EAMar, produzido no ano de 2021 por alunos de graduação do curso de Bacharelado em Oceanografia, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo e tem, por finalidade, oferecer material didático como suporte para professores e alunos participantes do projeto EAMar.

É o segundo livro da série "Educação Ambiental Marinha", e o conteúdo, aqui presente, traz uma introdução ao estudo do oceano e à ciência oceanográfica e tem, como principal objetivo, disseminar os princípios da cultura oceânica, contribuindo, dessa forma, com a Década do Oceano.

Na página seguinte, você encontrará os objetivos de aprendizagem de cada capítulo, as competências da BNCC, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, e os princípios da cultura oceânica atingidas pelo conteúdo do livro. E nas páginas finais, um glossário explicando o significado das palavras destacadas com o símbolo *, além das referências bibliográficas utilizadas.

Caso encontre qualquer erro, informe-nos pelo e-mail: eamar.iouusp@gmail.com, para que seja verificado e corrigido, a fim de oferecermos um ebook de educação ambiental marinha completo e coerente.

Que seu mergulho nesse mar de conhecimento seja extremamente agradável e te inspire a conhecer mais e mais sobre essa imensidão azul chamada OCEANO.

Boa leitura!

Objetivos de aprendizagem de cada tópico:

1. A Oceanografia possui cinco principais áreas de estudo, sendo elas, Geológica, Física, Química, Biológica e Socioambiental.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU atingidos:



Competências da BNCC:

1. Conhecimento;
2. Pensamento científico, crítico e criativo;
7. Argumentação;
10. Responsabilidade e Cidadania.

Princípios da Cultura Oceânica abordados:



2. O oceano e a vida marinha têm uma forte ação na dinâmica da Terra;



3. O oceano exerce influência importante no clima;



4. O oceano permite que a Terra seja habitável;



5. O oceano suporta uma imensa diversidade de vida e de ecossistemas.



Oceanografia

SUMÁRIO

| | | | |
|--|----|--|--|
| 1. Ciência Oceanográfica | 10 | | |
| 2. Oceanografia Geológica | | | |
| 2.1 Placas tectônicas | 12 | | |
| 2.2 Fundo Marinho: o relevo do oceano | 15 | | |
| 2.3 Nível do mar | 17 | | |
| 2.4 Zona costeira | 19 | | |
| 2.4.1 Intemperismo, erosão e sedimentação | 23 | | |
| 3. Oceanografia Física | | | |
| 3.1 Temperatura, densidade, pressão e luz: influência e distribuição da vida marinha | 29 | | |
| 3.1.1 Temperatura | 29 | | |
| 3.1.2 Densidade | 31 | | |
| 3.1.3 Pressão | 33 | | |
| 3.1.4 Luz | 34 | | |
| 3.2 Interação oceano/atmosfera | 36 | | |
| 3.2.1 Mudança de fase: evaporação e precipitação da água do mar | 36 | | |
| 3.2.2 Correntes oceânicas e a troca de calor com a atmosfera | 37 | | |
| 3.2.3 Giros Subtropicais | 38 | | |
| 3.3 Ondas e marés | 39 | | |
| 3.3.1 Ondas | 39 | | |
| 3.3.2 Marés | 42 | | |
| 3.4 Circulação termohalina | 44 | | |
| 3.5 Ressurgência | 46 | | |
| 4. Oceanografia Química | | | |
| 4.1 Origem dos elementos na água do mar | 48 | | |
| 4.2 Propriedades da água do mar | 50 | | |
| 4.3 Salinidade e sua distribuição vertical e meridional | 57 | | |
| 4.4 Gases dissolvidos | 58 | | |
| 4.5 O oceano como uma solução tampão | 61 | | |
| 4.6 Poluição marinha | 63 | | |



Banco de Microrganismos Aida & Kutner (IO-USP).
Foto: Flávia Saldanha-Corrêa

| | | | |
|--|----|---------------------------------------|-----|
| 4.6.1 Esgotos domésticos | 64 | 5.2.14 Ilhas oceânicas e | |
| 4.6.2 Petróleo e derivados | 64 | montes submarinos | 91 |
| 4.6.3 Metais pesados | 67 | 5.2.15 Florestas de Kelp | 93 |
| 4.6.4 Materiais radioativos | 67 | 5.3 Cadeia alimentar | 93 |
| 4.6.5 Poluentes orgânicos | 68 | 5.4 Produção primária | 96 |
| 4.6.6 Lixo marinho | 69 | 5.4.1 Fotossíntese | 96 |
| | | 5.4.2 Quimiossíntese | 98 |
| 5. Oceanografia Biológica | | 5.5 Conchas | 99 |
| 5.1 Os organismos planctônicos, pelágicos e bentônicos | 72 | 5.6 Relações ecológicas | 102 |
| 5.2 Ecossistemas marinhos | 74 | 5.6.1 Competição | 102 |
| 5.2.1 Praias e restingas | 75 | 5.6.2 Predação e herbivoria | 102 |
| 5.2.2 Costão rochoso | 77 | 5.6.3 Parasitismo | 103 |
| 5.2.3 Estuários e manguezais | 79 | 5.6.4 Comensalismo | 103 |
| 5.2.4 Gramas marinhas | 83 | 5.6.5 Mutualismo | 104 |
| 5.2.5 Marismas | 83 | 5.6.6 Simbiose | 104 |
| 5.2.6 Planície de maré | 84 | 6. Oceanografia Socioambiental | 105 |
| 5.2.7 Poças de maré | 85 | 6.1 Refugiados Climáticos | 105 |
| 5.2.8 Dunas | 86 | 6.2 Gestão pesqueira | 108 |
| 5.2.9 Recifes de corais | 86 | 6.2.1 Pesca artesanal | 111 |
| 5.2.10 Bancos de rodólitos | 88 | 6.3 Gerenciamento Costeiro | 113 |
| 5.2.11 Recifes de profundidade do talude continental | 89 | 6.3.1 Projeto ORLA | 114 |
| 5.2.12 Ambiente pelágico | 90 | 6.3.2 Unidades de Conservação | 114 |
| 5.2.13 Ambientes abissais | 90 | | |

1. Ciência Oceanográfica

Ao estudar o oceano, não podemos olhar somente de um ponto de vista. Por exemplo, estudar um organismo marinho, não é ter informações somente sobre ele, mas também como se relaciona com outros indivíduos e com o meio em que vive. Que fatores bióticos e abióticos o influenciam para que ele se encontre no local em que está? Que possíveis predadores e forçantes poderiam afastá-lo dali?

É aí que se encontra a Oceanografia, um ramo da ciência, considerado interdisciplinar, que estuda o oceano a partir da perspectiva de diversas áreas do conhecimento. De modo geral, podemos dizer que são cinco áreas: geológica, física, química, biológica e socioambiental.

No Estado de São Paulo

temos o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), criado em 1946. Em um primeiro momento seu foco era os estudos referentes à pesca e exploração de recursos naturais do litoral paulista.

Mais tarde, em 1951, foi incorporado à USP (Universidade de São Paulo) como Unidade de Pesquisa.

Em 1972 virou Unidade Universitária de Pesquisa, oferecendo cursos de pós-graduação na área de Oceanografia.

O curso de graduação foi, finalmente, aprovado pelo Conselho Universitário, com o grau de Bacharelado em Oceanografia em 2001, e o ingresso da primeira turma se deu no ano de 2002.

Isso posto, passemos para o assunto deste módulo: o que estuda cada uma

das cinco grandes áreas da Oceanografia?



Fig. 2.1 - Sede do Instituto Oceanográfico da USP, localizada no Campus Butantã, Cidade Universitária. (Fonte: <https://www.io.usp.br/index.php/infraestrutura/sede-iouusp.html>)

2. Oceanografia Geológica

A área geológica da Oceanografia tem como principal objetivo estudar a evolução do oceano ao longo do tempo; o fundo marinho (assoalho oceânico) e seu relevo (por exemplo, as diversas cadeias montanhosas, as fossas oceânicas profundas, os vulcões submarinos); as rochas e sedimentos; os depósitos minerais. Também é responsável pelo estudo dos processos costeiros e das feições das praias.

2.1 Placas tectônicas

Ao contrário do que se pensa, a superfície da Terra não é homogênea e estática.

Como já citamos no Módulo 1, a **Teoria da Tectônica de Placas** afirma que a superfície terrestre é composta por diferentes placas rígidas, as chamadas **placas tectônicas** (Figura 2.2) que

se movimentam e podem resultar na formação de cadeias de montanhas, fossas oceânicas, atividades vulcânicas, terremotos, tsunamis.

Os limites entre as placas tectônicas são classificados de acordo com seus movimentos (Figura 2.3), podendo ser do tipo **convergente**, **divergente** ou **transformante**.

O chamado **Limite convergente** ocorre quando a placa se move uma de encontro a outra.

A mais densa afunda e é destruída pela menos densa, que "fica por cima", formando, assim, zonas de subducção (Figura 2.4).

Se o encontro for entre duas placas oceânicas, forma-se uma fossa no local e a forte pressão sob o manto provoca o rompimento da placa de menor espessura, dando origem aos **arcos de**

ilhas vulcânicas.



Fig. 2.2 - Ilustração das principais placas tectônicas existentes na superfície do Planeta. (Fonte: geografiacriticanaveia.wordpress.com)

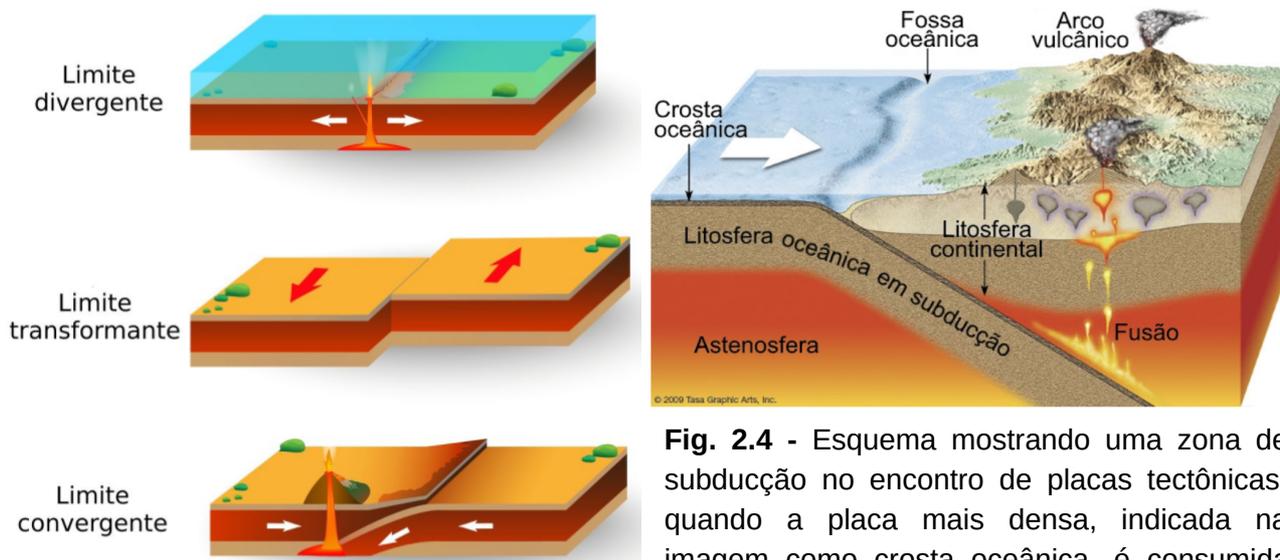


Fig. 2.3 - Ilustração mostrando as diferenças entre os encontros de placas tectônicas do tipo divergente, transformante e convergente. (Ilustração: Designua / Shutterstock.com)

Fig. 2.4 - Esquema mostrando uma zona de subducção no encontro de placas tectônicas, quando a placa mais densa, indicada na imagem como crosta oceânica, é consumida pela placa menos densa, indicada como litosfera continental. É possível observar que na fusão da placa subductada há formação de arcos vulcânicos que, se ocorrerem no oceano, podem resultar na formação de arcos de ilhas. (Fonte: por Tasa Graphic e pmlbird - traduzido).

Se o encontro for entre uma placa oceânica e outra continental, a primeira retorna ao manto formando fossas submarinas (ex. Fossa das Marianas, localizada no oceano Pacífico, é considerada o ponto mais profundo do oceano, atingindo mais de 11.000 metros de profundidade) e a segunda fica enrugada, formando "dobras" sobre o continente (ex. Cordilheira dos Andes).

Geralmente placas oceânicas são mais densas que as continentais.

Quando o encontro entre placas é do tipo **divergente** (Figura 2.5), significa que elas estão se afastando uma da outra, formando fendas e criando espaço para que o magma seja expulso do interior da Terra. Isso faz com que sejam formadas grandes cadeias montanhosas.

Quando ocorre no continente, provoca a criação de vales que, em estágios mais avançados, são cobertos pe-

lo mar, formando mares fechados ou interiores, por exemplo, o Mar Vermelho e o Golfo da Califórnia.

Quando ocorre no oceano, forma gigantescas cordilheiras submersas. O principal exemplo é a Dorsal Mesoaatlântica e se estende do Ártico até o sul da África.

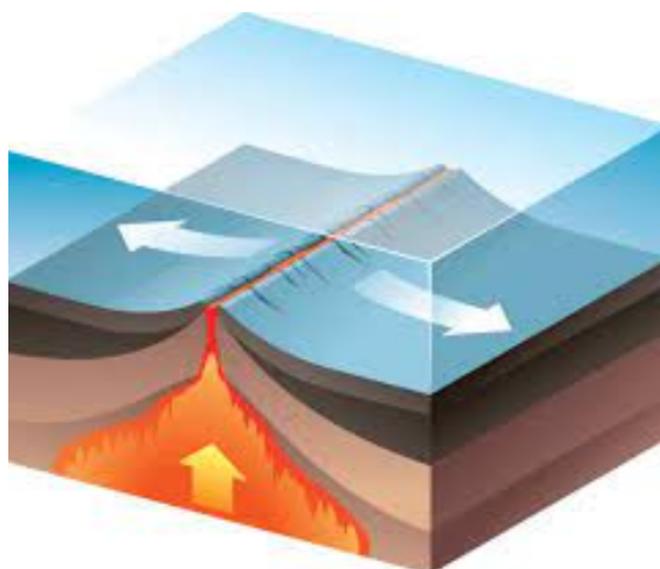


Fig. 2.5 - Esquema mostrando o encontro de placas tectônicas do tipo divergente (quando há escape de magma do centro da Terra para a superfície). (Fonte: jack0m / DigitalVision Vectors / Getty Images)

O encontro do tipo **transformante** (Figura 2.6) ocorre quando elas se movem, lateralmente, uma em direção a outra e não há destruição ou criação de placas. Esse tipo de movimentação não gera, por exemplo, vulcanismo,

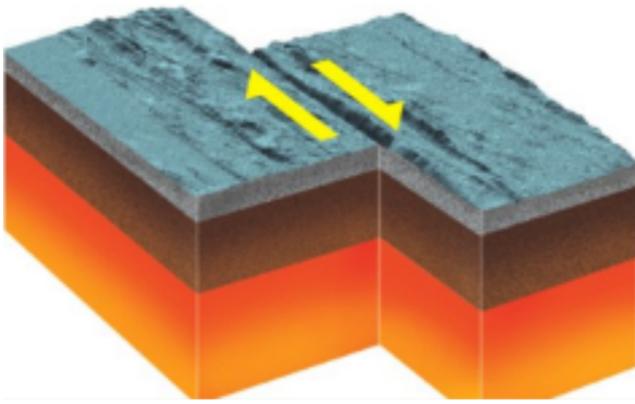


Fig. 2.6 Ilustração que representa o limite de placas tectônicas do tipo transformante. (Fonte: universodageografiablog.wordpress.com/)

mas costuma causar terremotos.

2.2 Fundo marinho: o relevo do oceano

Pode ser muito comum pensarmos no oceano como uma grande piscina que aumenta de profundidade conforme caminhamos.

Porém, assim como a parte terrestre do nosso planeta, o oceano também possui relevo variado, apresentando grandes planícies, depressões, ilhas e montanhas submarinas.

O assoalho oceânico está dividido em duas grandes províncias. A parte mais rasa e próxima do continente é denominada **margem conti-**

nental (Figura 2.7) e tudo que está para além dela, é denominado bacia oceânica (Figura 2.8).

1. Plataforma continental: zona de transição entre a região continental e o fundo do oceano. Apresenta aumento lento e gradativo da profundidade, chegando a cerca de 200 m e sua extensão pode variar entre 70 a 300 km.

2. Talude continental: zona estreita e com alta inclinação. Começa na borda da plataforma continental, atingindo profundidade que varia entre 3.000 e 5.000 m.

3. Elevação (ou sopé) continental: vasta planície submarina de sedimentos que ocorre na base do talude continental.

4. Planícies abissais: áreas mais planas da Terra, encontradas em profundidades de 3 a 5 km.

5. Ilhas vulcânicas: essas formações ocorrem, quando o magma do interior da Terra pressiona e rompe o solo,

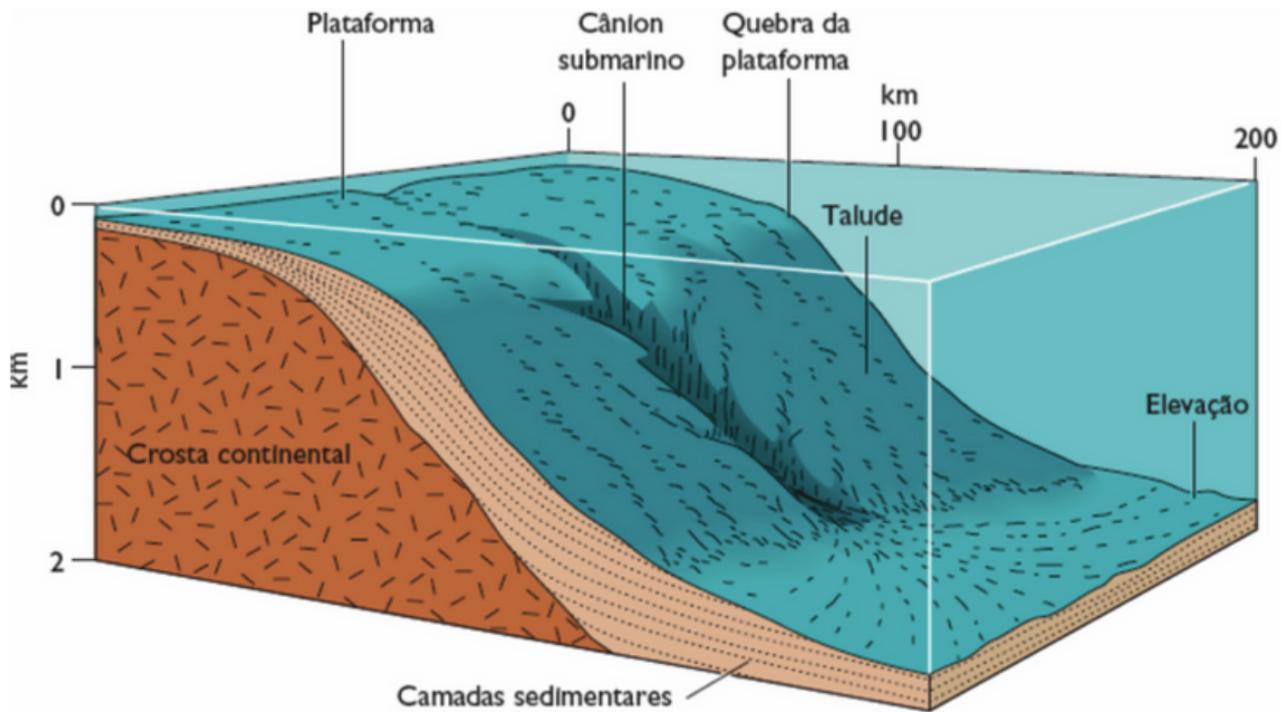


Fig. 2.7 Figura tridimensional da margem continental e suas subdivisões. (Adaptado de: Pinet, P.R. (2014)).

formando vulcões submarinos. Ao longo de milhares de anos, as lavas expelidas por esses vulcões esfriam e se acumulam. Ao ultrapassar a superfície da água, formam ilhas, como as de Fernando de Noronha, Trindade, São Pedro e São Paulo (Figura 2.9).



Fig. 2.9 - Localização das ilhas vulcânicas do Brasil; parte da plataforma continental que vai além de 200 milhas em azul escuro e a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) em azul mais claro que é a área além das águas territoriais em que a exploração dos recursos vivos e não-vivos é responsabilidade da gestão ambiental do país — marca a separação das águas nacionais e internacionais dos países costeiros. (Fonte: Poder Naval OnLine).

6. Fossas oceânicas: alojam-se em zonas profundas e originam-se do encontro entre duas placas tectônicas, onde uma, mais densa, entra por baixo de outra, menos densa.

A famosa **Fossa das Marianas**, no oceano Pacífico, é considerado o local mais profundo da Terra, com cerca de 11.034 m de profundidade.

7. Dorsais oceânicas: são grandes cadeias montanhosas encontradas no assoalho oceânico e originadas do magma que emergiu do interior da Terra com o afastamento de duas placas tectô-

tônicas.

A mais próxima do nosso continente é a **Dorsal Mesatlântica**, localizada entre as placas da África e América do Sul. Ainda hoje, continuam a se afastar cerca de 2 a 3 cm por ano.

2.3 Nível do mar

A Terra, durante toda sua história geológica, passou por diversas mudanças climáticas divididas em eras.

As **eras glaciais** ou **glaciações** são momentos em que as temperaturas estão muito baixas. São marcadas por densa cobertura de gelo

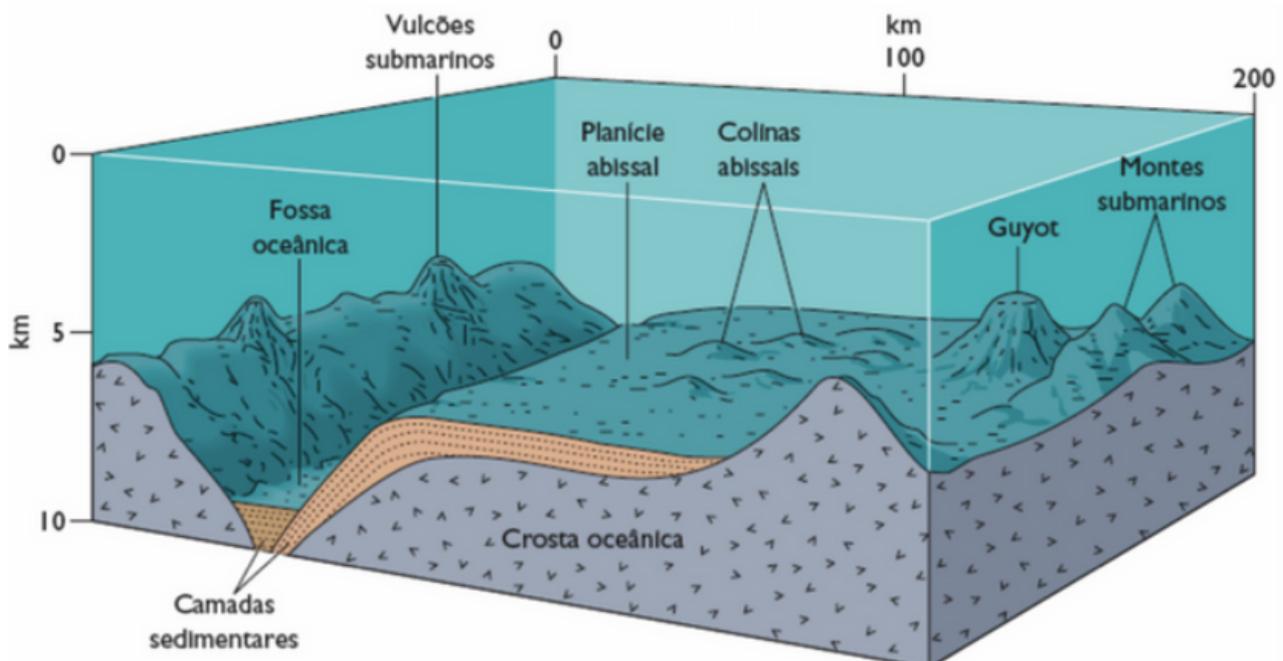


Fig. 2.8 - Figura tridimensional da bacia oceânica e suas diversas feições. Os guyots são montes submarinos de topo achatados. (Adaptado de: Pinet, P.R. (2014)).

todo o globo.

Já as **interglaciais** são momentos em que as temperaturas do planeta estão mais elevadas, como a que vivenciamos nos dias de hoje.

Essas eras se intercalam de forma natural ao longo do tempo, devido a mudanças no eixo de rotação da Terra, causadas pela influência de outros planetas do sistema solar. Contudo, a comunidade científica anda preocupada e quer saber se a atividade humana pode estar influenciando e acelerando o processo de elevação da temperatura, através do que chamamos "Aquecimento Global", e como isso se dá. O assunto será aprofundado mais adiante.

As consequências são desastrosas. O aumento da temperatura provoca o derretimento das geleiras dos polos e o aumento do nível do mar, trazendo prejuízos à população que vive em áreas

litorâneas (Figura 2.10).



Fig. 2.10 - Fotografia mostrando o avanço do nível do mar sobre uma rodovia em cidades litorâneas. (Crédito: Dave / Flickr Creative Commons / CC BY 2.0)

Alguns estudos estimam que o nível do mar poderá sofrer aumento de centímetros ou metros até 2100. Caso o cenário de aquecimento não mude, os prejuízos econômicos e socioambientais serão enormes, com mais famílias desabrigadas, além de portos e áreas agrícolas produtivas, inundadas.

Nessa questão, a Oceanografia Geológica é de grande valia. A análise de "testemunhos de sedimentos" (coletas de sedimentos feitas, no assoalho oceânico, através de instrumentos oce-

anográficos, como o box corer ou tubos de PVC (Figura 2.11)), pode avaliar as mudanças que ocorreram no planeta e até prever cenários futuros.

Através desses "testemunhos" pode-se recuperar a história geológica dos sedimentos, como informações sobre temperatura, salinidade, nutrientes e até massas de água e correntes que predominavam no ambiente em épocas passadas.

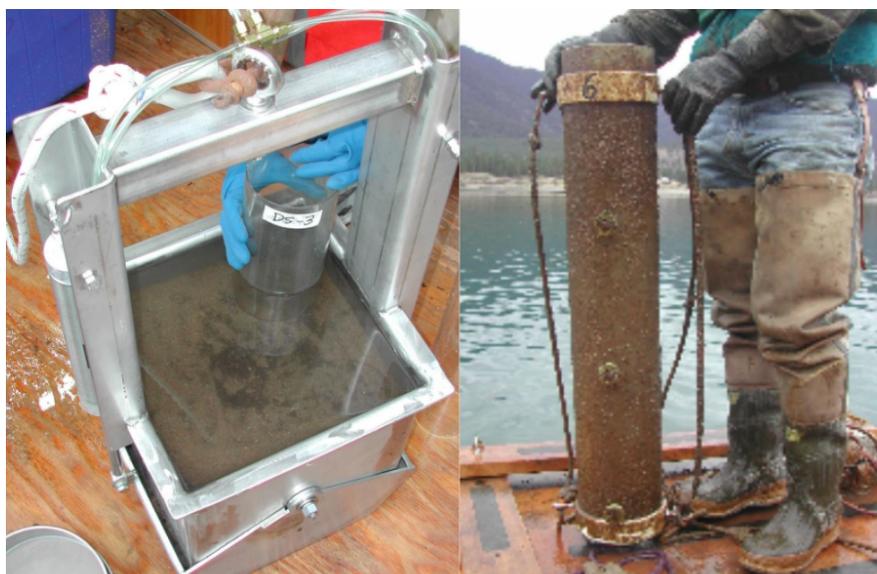


Fig. 2.11 - Exemplos de instrumentos oceanográficos usados para coletar testemunhos de sedimentos. A esquerda um box corer e a direita um tubo de PVC. (Fonte: BENT HICA LLC).

2.4 Zona Costeira

As limitações que envolvem o estudo do oceano, desde sempre, estão relacio-

nadas, principalmente, ao alto custo da aquisição ou aluguel de embarcações, à complexidade envolvida nas expedições *offshore* e à ausência de equipamentos capazes de desempenhar as funções necessárias.

É devido a isso que as zonas costeiras, ou seja, áreas próximas ao continente, são, até hoje, mais estudadas e melhor compreendidas se as compararmos às do oceano profundo.

A **região costeira**, também conhecida como **litoral**, é um ambiente de transição entre o continente e o oceano. Suas feições são decorrentes da separação do supercontinente Pangéia.

O soerguimento da Serra do Mar, no litoral paulista (Figura 2.12), por exemplo, ocorreu com a separação dos continentes

africano e sul-americano.

Trata-se de uma cadeia montanhosa do litoral brasileiro que se estende desde o estado do Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul.

A área de transição entre o oceano e o continente está dividida em **costa, praia e costa afora** (Figura 2.13).

Costa é a faixa que varia de poucos a dezenas de quilômetros e se estende do limite entre continente e mar, seguindo para o interior até as primeiras mudanças fisiográficas.

Costa afora vai desde a zona de arrebenção das ondas até a borda da plataforma continental.

Já as feições mais marcantes e conhecidas das áreas costeiras, as **praias**, são locais de acúmulo de sedimentos inconsolidados, onde não há movimentação da areia. Podem ser divididas em **face praial, antepraia e pós-praia** (Figura 2.13).

Antepraia é a porção en-



Fig. 2.12 - Parte da Serra do Mar em Ubatuba, formada a partir da separação do continente africano e sul-americano. No litoral norte de São Paulo, a Serra do Mar é bem próxima ao mar, enquanto na parte sul, as montanhas são mais afastadas das praias. (Fonte: infraestruturameioambiente.sp.gov.br/).

tre o nível da maré baixa (baixa-mar) e da alta (preamar).

A **face praial** localiza-se além da zona de arrebenção, estendendo-se do nível de maré baixa até a base da onda (profundidade em que esta não remexe mais o sedimento do fundo do oceano).

Pós-praia é, geralmente, a parte não alcançada pelas ondas, a não ser que haja tempestade ou marés mais altas que o normal.

No local, pode haver formação de terraços, conheci-

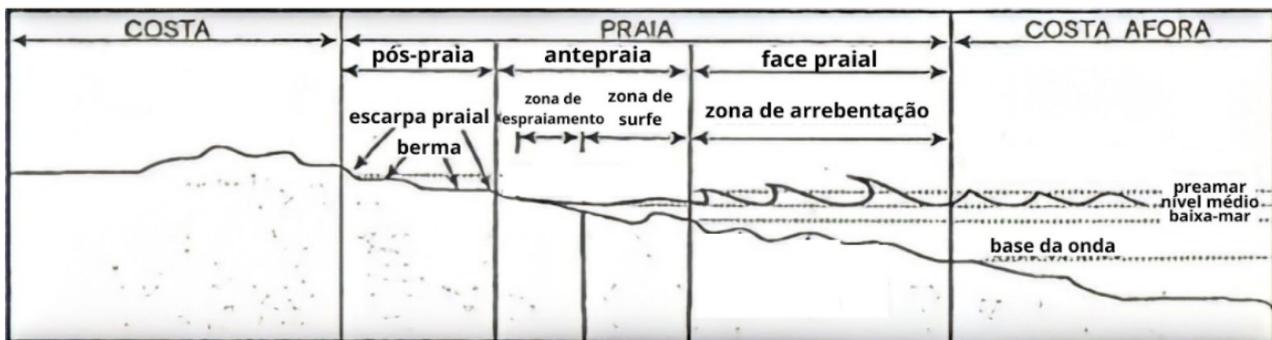


Fig. 2.13 - Ilustração com a caracterização das diferentes regiões de zona costeira, como: costa, praia, costa afora e pós-praia, antepraia e face praial. (Fonte: extraído de Suguio, Dicionário de geologia marinha. São Paulo, T.A Queiroz, 1992. 171 p (adaptado)).

dos como bermas (Figura 2.14), e são formados pela deposição de sedimentos, provocada por ação de ondas. Apresenta inclinação suave em direção ao continente e mais acentuada em direção ao mar.

Nessa região também é possível existir uma feição de maior e mais abrupta inclinação, chamada **escarpa praial** (Figura 2.14), causada pela ação de ondas muito altas.

Esse tipo de escarpa, temporariamente, também pode aparecer na região da antepraia, até ser removida pela maré.

Sempre importante ressaltar que a praia é um ambiente altamente dinâmico e, por isso mesmo, essas fei-

ções podem mudar de acordo com a dinâmica dos dias e das estações do ano.



Fig.2.14 - Evidências das feições berma e escarpa praial na praia Sununga em Ubatuba - SP. (Foto: Nadinho Pereira).

E são essas mudanças dinâmicas que, também, permitem classificar as praias de acordo com sua energia em: **refletiva**, **dissipativa** e **intermediária** (Figura 2.15).

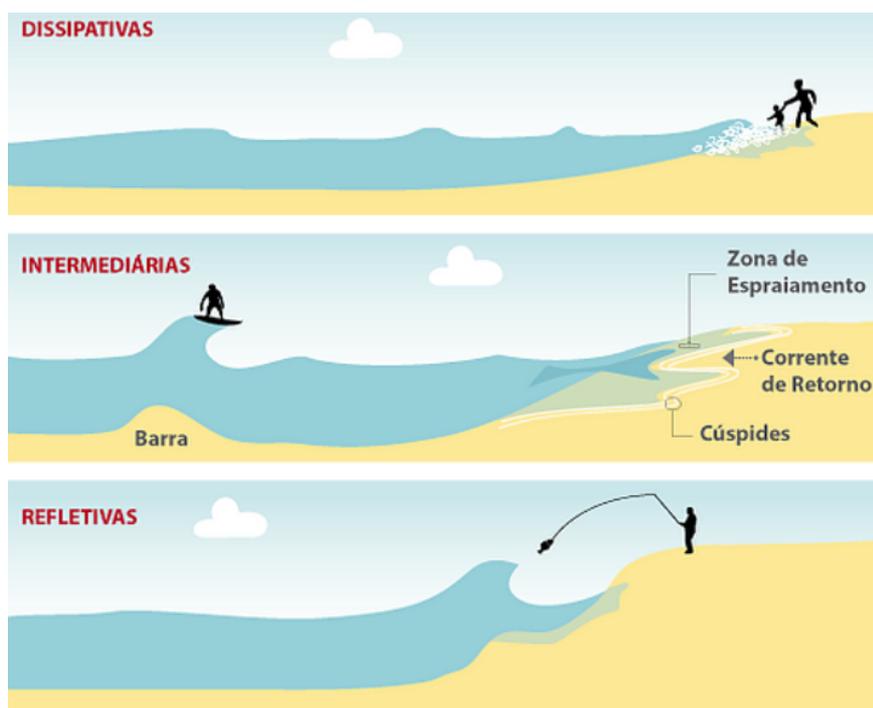


Fig. 2.15 - Ilustração mostrando as diferenças visuais entre as praias dissipativas, refletivas e intermediárias e algumas atividades humanas exercidas em cada uma. A figura ainda mostra a zona de espraçamento (região onde as ondas se dissipam na praia) e as correntes de retorno (muito comuns nas praias intermediárias). (Ilustração: Juliana Aleixo)

As **praias refletivas**, por exemplo a Praia da Sununga em Ubatuba - SP (Figura 2.16), são as que possuem ondas grandes e, geralmente, apresentam alta declividade (são mais inclinadas). Também são conhecidas como “praias de tombo”).

Esses fatores interferem na granulometria (tamanho do sedimento), já que as ondas, por terem mais energia, retiram os sedimentos mais finos, deixando os mais gros-

sos se acumularem na região do pós-praia.

Essa presença de sedimentos mais grossos é, inclusive, considerada uma característica das praias refletivas.

O oposto acontece, se a praia for **dissipativa** (como exemplo, a Praia do Lázaro em Uba-

tuba - SP (Figura 2.17). Ela é mais tranquila e, portanto, o lugar preferido de famílias com crianças pequenas.

São praias que possuem poucas e pequenas ondas de menor inclinação. A granulometria é mais fina, já que as ondas não possuem energia suficiente para carregar os sedimentos maiores.

Como na natureza nem tudo está fechado dentro de critérios predeterminados, há praias que não se incluem nos extremos dissipativos ou

refletivos e possuem características de ambos, sendo chamadas de **praias intermediárias**. Costumam ser propícias para a prática de surf, por exemplo a praia do Félix em Ubatuba - SP (Figura 2.18).



Fig. 2.16 - Fotografia da Praia da Sununga em Ubatuba - SP: exemplo de praia refletiva, ou seja, de alta energia e grande declividade. (Fonte: melhoresdestinosdobrasil.com.br)



Fig. 2.17 - Fotografia da praia do Lázaro em Ubatuba - SP: exemplo de praia dissipativa, ou seja, com baixa energia, menor inclinação e poucas e pequenas ondas. (Fonte: guia.melhoresdestinos.com.br)



Fig. 2.18 - Fotografia da Praia do Félix em Ubatuba - SP: exemplo de praia intermediária que possui características tanto de praia dissipativa, quanto de refletiva. (Foto: Agatha Todam).

2.4.1 Intemperismo, erosão e sedimentação

Importante considerar que nem tudo é “areia”.

Na geologia, **areia** é o conjunto de partículas de rochas degradadas que, de acordo com seu tamanho (medido em milímetros, segundo a escala de Wentworth (Figura 2.19)), pode ser classificada em: **argila, silte, areia, grânulo, seixo, bloco (calhau) e matacão**.

Dá-se o nome de **sedimento** às partículas orgânicas e inorgânicas inconsolidadas, presentes em uma bacia.

Para os oceanógrafos, o sedimento está diretamente

ligado ao ambiente marinho, enquanto os grãos, geralmente encontrados abaixo de nossos pés quando estamos no continente, é chamado de **solo**.

| CLASSE | DIÂMETRO DA PARTÍCULA (milímetros) |
|---------|------------------------------------|
| Matacão | > 256 |
| Calhau | 256 - 64 |
| Seixo | 64 - 2 |
| Grânulo | 4 - 2 |
| Areia | 2 - 0,062 |
| Silte | 0,062 - 0,004 |
| Argila | < 0,004 |

Fig. 2.19 Escala de Wentworth com as principais classificações de sedimento de acordo com o tamanho. (Fonte: Wentworth (1992)).

Já o **intemperismo** são as alterações físicas e químicas que as rochas sofrem, provocando seu desgaste.

Além de gerar sedimentos, esse desgaste é responsável pela criação de diversas feições naturais

Intemperismo físico (Figura 2.20) é a quebra ou desagregação dos minerais presentes nas rochas, fragmentando-os em partículas

menores (grãos) e separando-os da rocha originária.

Pode ocorrer devido à compressão e expansão das rochas, provocadas por variações bruscas de temperatura no dia ou estações do ano; pela ação das ondas, do vento ou até de geleiras.



Fig. 2.20 Intemperismo físico causando desagregação de partes da rocha. (Fonte: conceitosetemas.blogspot.com)

Por sua vez, **intemperismo químico** é a decomposição das rochas através de reações químicas.

O principal fator é a ação da chuva que, ao atingir a rocha, reage com o CO₂ presente na atmosfera, adquirindo caráter ácido e provocando a dissolução dos minerais presentes, podendo causar, inclusive, buracos (Figura 2.21).

A água do mar pode entrar na estrutura da rocha e alterá-la, devido a diversos compostos, como por exemplo, o ácido carbônico que se forma da interação do gás carbônico da atmosfera ao entrar em contato com o oceano.

Além dele, a **atividade biológica** de micro-organismos e de plantas podem, também, causar o intemperismo químico em rochas próximas ao mar.

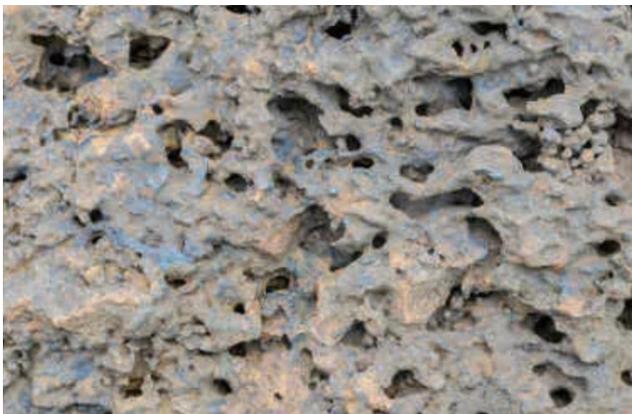


Fig. 2.21 Exemplo de rocha com buracos que mostram a ação da água da chuva no intemperismo químico.

(Fonte: escolakids.uol.com.br)

Os sedimentos podem chegar até o mar através da **erosão**, nome dado ao processo de deslocamento de sedimentos provocados por agentes de transporte, como

chuva, vento, geleira e pelo principal deles, os rios.

Essas partículas minerais, constituídas, principalmente, de quartzo e feldspato e transportadas por um agente, recebem o nome de **sedimentos terrígenos**, já que possuem origem continental.

Os **sedimentos marinhos** são os encontrados no oceano, geralmente constituídos por restos de organismos e suas carapaças, inclusive conchas que encontramos nas praias e que vão se quebrando e fazendo parte do sedimento. São formados, em sua maioria, por carbonato de cálcio e sílica.

A área ocupada pelo fundo oceânico possui diferentes espessuras na camada de sedimento que variam de acordo com a taxa de sedimentação.

O processo de **sedimentação** refere-se ao afundamento de partículas, devido à ação da gravidade, ou seja,

devido a seu próprio peso.

Então, quanto maior o tamanho (Figura 2.22), mais facilmente será sedimentado. Partículas menores, (Figura 2.22), demoraram mais tempo para sedimentar, ou mesmo, dependendo do ambiente, podem ficar indefinidamente suspensas.

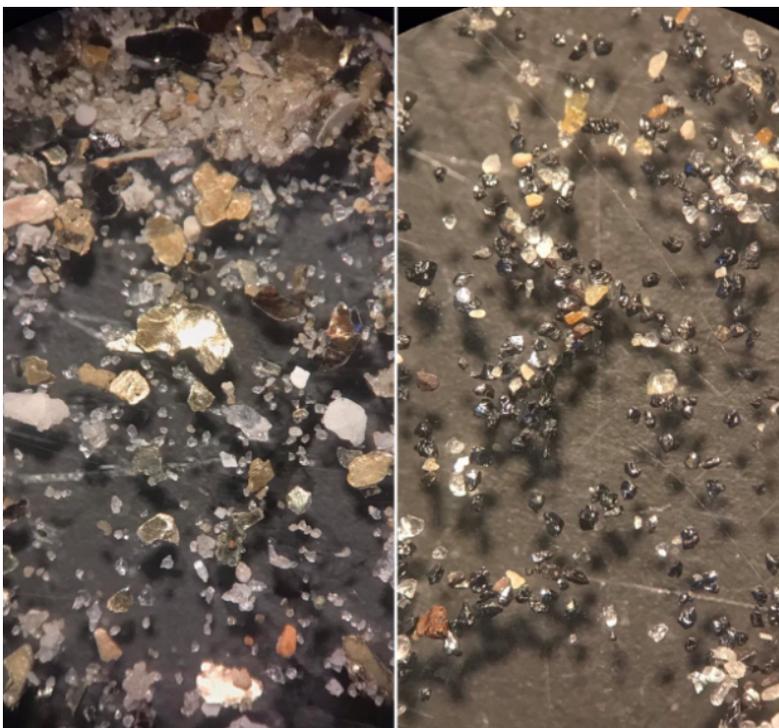


Fig. 2.22 - A visão de sedimentos na lupa, mostrando os diferentes tamanhos das partículas. (Foto: Agatha Todam)

Isso também está diretamente ligado à **energia** do ambiente. Os de alta energia costumam apresentar sedimentos maiores, enquanto pequenas partículas (como siltes e argilas) indicam ambi-

ente de baixa energia, conforme já explicado, anteriormente, no item 2.1.4, sobre classificação de praias dissipativas e refletivas.

Ao entendermos os processos que ocorrem com os sedimentos no oceano, podemos compreender melhor um problema que afeta diver-

sas praias no mundo: a **erosão**.

Em todas elas, existe o **balanço sedimentar**, isto é, a variação de sedimento que chega e sai da praia.

Se o balanço é negativo, significa que a praia perde mais sedimento do que recebe, caracterizando o que chamamos de

erosão costeira.

Tal processo, natural, costuma ocorrer ao longo de milhares de anos, provocado pela ação de ondas e ventos que transportam os sedimentos para longe das praias.

No entanto, alguns pesquisadores têm observado maior aceleração desse processo natural, devido à ação antrópica, por exemplo, a retirada de areia para construção civil e ocupação de áreas muito próximas ao mar.

Outro fator importante que influencia a erosão é o aumento do nível do mar. Nos dias de hoje, esse fator torna-se mais preocupante ainda, devido ao aquecimento global, provocado por ações irresponsáveis do ser humano.

A erosão altera a linha de costa e causa a diminuição da faixa de areia das praias, causando imensos prejuízos econômicos e sociais. Por exemplo, na praia do Massaguaçu, em Caraguatatuba (SP) (Figura 2.23), por diversas vezes, o mar invadiu a via pública, carregando partes da calçada e afetando o trânsito local. Desastres como esse também acontecem na rodovia Rio-Santos.

Também não podemos nos esquecer dos transtornos e prejuízos das famílias que têm de abandonar suas casas, quando o mar bate à porta, como acontece na região de Ilha Comprida (SP) (Figura 2.24).



Fig. 2.23 - Erosão costeira que atingiu a praia do Massaguaçu na cidade de Caraguatatuba - SP e causou prejuízos na calçada e rodovia Rio-Santos. (Foto: João Mota/TV Vanguarda).



Fig. 2.24 - Erosão costeira que atingiu a região de Ilha Comprida - SP e fez com que famílias deixassem suas casas quando o nível do mar chegou até elas. (Foto: Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa.)

Mesmo com obras de restauração ou tentativas de mi-

tigação desse processo nem sempre o problema é resolvido. E isso se deve à ocupação de áreas muito próximas ao mar (casas, prédios, rodovias), ou a alterações na desembocadura de rios que, ao interferir na paisagem, intensificam a erosão, quando bloqueiam o transporte de sedimentos para as praias.

O problema da erosão costeira vem crescendo nas últimas décadas e a necessidade de um monitoramento da linha de costa é cada vez mais urgente.

Pensando nesse aspecto, uma das propostas do projeto EAMar é a instalação de pontos fixos, ou "totens" (Figura 2.25), em algumas praias de Ubatuba, com o objetivo de iniciar um monitoramento fotográfico da linha de costa.

Através da metodologia de Ciência Cidadã, os próprios moradores ou visitantes podem tirar as fotografias que servirão de base de dados para análises futuras. Esse monitoramento, a longo prazo, pode ajudar pesquisadores e gestores locais a entender a dinâmica geomorfológica dessas praias e tomar medidas para prevenir ou mitigar possíveis processos de erosão costeira.



Fig. 2.25 Exemplo de totem instalado em uma praia, para que os visitantes possam encaixar a câmera ou o celular no local indicado e tirar fotografias da linha de costa sempre na mesma direção. (Fonte: North Era Beach, #CoastSnapEra, Royal National Park. Credit: Michael Kinsela/DPIE).

3. Oceanografia Física

A área da Física, dentro da Oceanografia, estuda as propriedades físicas do oceano, como temperatura, densidade e salinidade do mar. Estuda, também, a dinâmica do oceano, através da observação e caracterização de fenômenos, como, movimentação das correntes, ondas e marés.

A partir desses estudos, o conhecimento sobre fenômenos naturais é ampliado e disseminado, de modo a contribuir com as atividades humanas, como navegação, construção costeira e **off-shore***.

3.1 Temperatura, densidade, pressão e luz: influência na distribuição da vida marinha

Algumas propriedades físico-químicas têm significativa importância para a exis-

tência de vida nas águas do mar, além de influenciar a distribuição da biota marinha.

3.1.1 Temperatura

A **temperatura** da água do mar depende da quantidade de energia solar (insolação) que recebe, do calor que perde através do processo de evaporação e de condução. Também varia de acordo com a profundidade no oceano (distribuição vertical) e zonas de mesma temperatura conforme a latitude (distribuição horizontal).

A temperatura superficial do oceano apresenta **isotermas** (linhas de mesma temperatura) que variam de 28°C em áreas de baixa latitude (região do Equador), a -2°C em altas latitudes (região dos polos), (Figura 2.26.)

Com relação à **distribuição vertical** da temperatura,

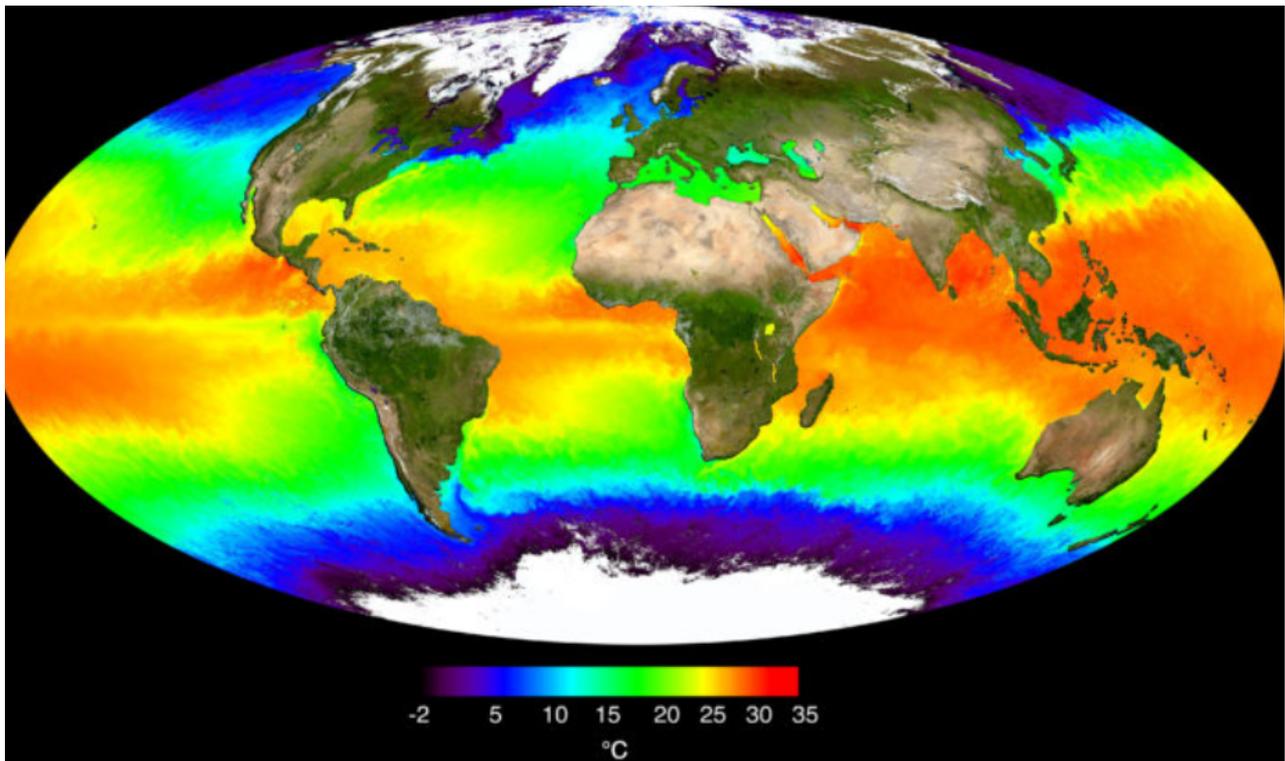


Fig. 2.26 - Variação latitudinal da temperatura no oceano em relação à distribuição na camada de mistura. (Disponível em: <https://wattson.pt/2018/11/06/8213/>.)

é possível dividir os perfis de profundidade em três camadas: de **mistura**, a **termoclina** e **profunda** (Figura 2.27).

A **camada de mistura** vai da superfície até, aproximadamente, 100 metros de profundidade e corresponde à zona que possui o limite da penetração da luz solar na coluna de água. Em vista disso, apresenta uma taxa elevada de atividade biológica devido a processos fotossintéticos.

Já a **termoclina***, localizada a partir da camada de

mistura, pode ser encontrada até cerca de 1000 metros de profundidade e se caracteriza por apresentar grande variação de temperatura na coluna d'água.

Pode ser classificada em: **permanente** ou **sazonal**.

É denominada **sazonal** quando, em latitudes médias (ou, ocasionalmente, altas), ocorre um aquecimento diferenciado na superfície oceânica, entre os meses de primavera e verão, a ponto de modificar algumas características da termoclina (Figura

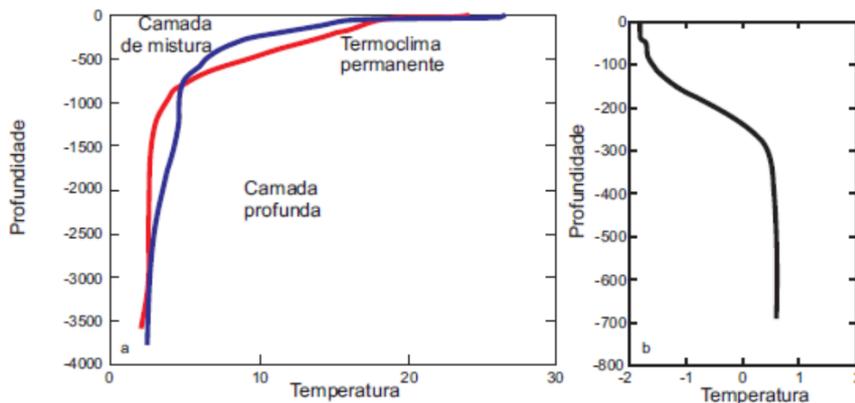


Fig. 2.27 - O gráfico à esquerda mostra o comportamento da temperatura (°C) em relação ao aumento de profundidade (m), no Oceano Atlântico, em baixas latitudes (perfil azul) e médias latitudes (perfil vermelho). O gráfico à direita, apresenta o perfil relacionado a altas latitudes. (Fonte: World Ocean Database (2009)).

2.28).

Já a permanente aparece com mais frequência em baixas latitudes e não apresenta alteração de suas características ao longo das estações.

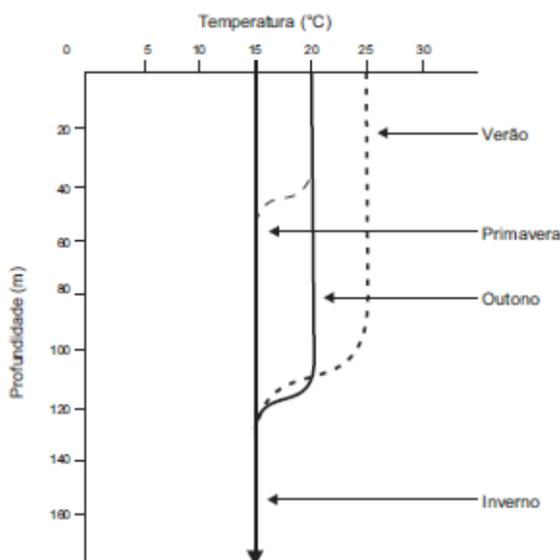


Fig. 2.28 - Mudança da termoclina em médias latitudes, ao longo das estações. Fonte: Suckow et al.(1995).

Por último, abaixo da termoclina, há a camada profun-

região pouco conhecida, situada entre 200 e 11 mil m de profundidade, caracterizada por apresentar temperatura praticamente constante e mais baixa que a da superfície, devi-

do à ausência de luz.

3.1.2 Densidade

A **densidade** corresponde à razão entre a massa de água e o volume que ocupa e está intimamente relacionada à temperatura e salinidade.

A unidade de medida mais comum para a densidade é gramas por centímetro cúbico (g/cm^3) e, no caso específico da água do mar, pode ser representada pela letra grega ρ (chamada de Rô).

De modo geral, pode-se dizer que a variação da densidade está relacionada à variação da salinidade e da temperatura.

A água pura possui uma

propriedade anômala: a densidade muda de comportamento ao aproximar-se da temperatura de 4°C (essa anomalia será tratada na seção 3.3.2 *Propriedades da água do mar*).

Para a água do mar, contudo, esse valor apresenta-se levemente alterado, devido à presença do sal, que influencia o valor do ponto de congelamento.

Com relação à distribuição vertical no oceano, é possível notar que a densidade também aumenta conforme aumento da profundidade.

O aquecimento e a evaporação na superfície do oceano ocorrem, de forma geral, em águas com alta temperatura e densidade menor, enquanto camadas mais pro-

fundas apresentam baixa temperatura e alta densidade.

Assim como há termoclina no perfil de temperatura, o de densidade possui uma zona que também apresenta alteração abrupta desse parâmetro, denominada **picnoclina**.

Como a densidade está intimamente ligada à temperatura, em algumas regiões, a picnoclina coincide com a zona onde a termoclina se encontra. E, quando ocorre a termoclina sazonal, também há modificações na picnoclina.

Após a picnoclina, já na camada profunda, o valor da densidade mantém-se praticamente constante. (Figura 2.29).

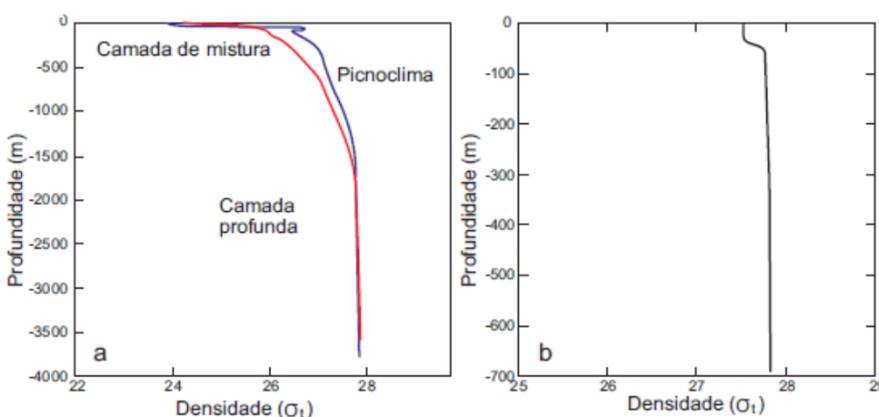


Fig. 2.29 - O gráfico à esquerda apresenta o comportamento da densidade em relação ao aumento de profundidade (m), no Oceano Atlântico Sul, em baixas latitudes (perfil azul) e médias latitudes (perfil vermelho). O gráfico à direita, mostra o perfil relacionado a altas latitudes.

(Fonte: Castello, 2015)

3.1.3 Pressão

Pressão pode ser definida como a relação entre uma força aplicada e a área de determinada superfície e pode ser representada pela seguinte fórmula:

$$P = \frac{F}{A}$$

onde **P** equivale à pressão (em pascal), **F** representa a força (em newtons) e **A** equivale à área (em metros quadrados).

Pressão hidrostática pode ser definida como a força exercida pela coluna d'água que é, por sua vez, influenciada tanto pela densidade quanto pelo aumento da profundidade.

A pressão atmosférica na superfície do mar é igual a 1 atm (atmosfera) e, em geral, a cada dez metros de profundidade, há um aumento de cerca de 1 atm. Assim, pode-se concluir que, em lugares com centenas de metros de profundidade, a pressão é extremamente elevada.

Essas altas pressões que

ocorrem no ambiente marinho acarretam consequências importantes para algumas características do oceano e para a vida dos seres aquáticos.

Por exemplo, se não houvesse pressão sobre a água no mar, ou seja, se ela fosse incompressível, o nível do mar estaria cerca de 37 metros mais alto que o atualmente observado.

Além disso, é preciso considerar que a existência de vida em ambientes profundos só é possível devido a adaptações dos seres que ali vivem, para suportar elevadas pressões - maiores que 1 atm. (Figura 2.30 a e b)



Fig. 2.30 (a) - Peixe Gota encontrado na superfície.

(Fonte: Wikimedia Commons)

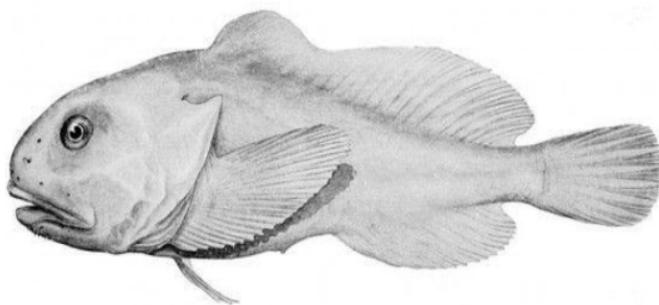


Fig. 2.30 (b) - Peixe Gota no oceano profundo.
(Fonte: Alan Riverstone McCulloch no
WikiMedia Commons)

3.1.4 Luz

Ao tratar da incidência da luz solar sobre a superfície marinha, observa-se que uma parcela dela é logo refletida e volta para a atmosfera, enquanto a outra penetra no oceano.

Ao atravessar a superfície oceânica, a luz é drasticamente atenuada, devido a efeitos de absorção e dispersão (Figura 2.31).

A **absorção** de luz ocasiona mudança nas moléculas de água, fazendo-as vibrar e convertendo a energia luminosa em calor.

Já a **dispersão** ocorre à medida que ela encontra moléculas de ar, de água ou de partículas em seu trajeto.

Esse processo provoca

desvios dos raios luminosos e perda de intensidade, até serem absorvidos pelo oceano. Por esse motivo, a luz de regiões costeiras penetra em menor profundidade, devido à maior turbidez da água, produzida por matéria orgânica e detritos em suspensão, com concentrações mais altas do que em oceano aberto.

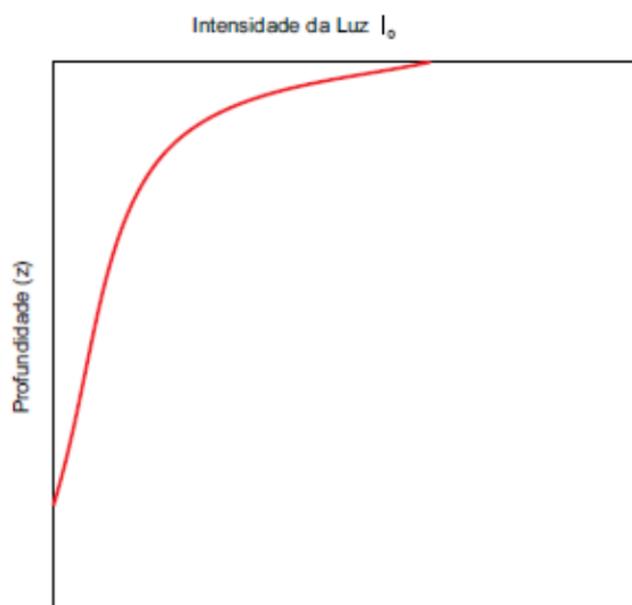


Fig. 2.31 - Intensidade de luz atenuada exponencialmente até sua extinção, em função do aumento da profundidade.

(Fonte: Lalli e Parsons (1997).)

A camada da superfície, onde a luz consegue penetrar, é chamada de **zona fótica** (Figura 2.32).

Em média, essa área apresenta profundidade de 100 metros, podendo atingir

600 metros em águas tropicais claras.

Apesar de ser considerada pequena em relação à profundidade média do oceano, essa zona é de extrema importância para a existência da vida marinha, pois toda produção de organismos fotossintéticos ocorre nessa camada.

Também ocorrem as trocas gasosas com a atmosfera e a transferência de calor devido à incidência de raios solares nessa zona. Por isso, grande parte da vida marinha é encontrada ali.

Nessa região, a energia luminosa de certas cores é absorvida em uma área mais próxima à superfície do que a energia de outras. Essa diferença de absorção se relaciona a diferentes valores do comprimento da onda de cada cor.

Assim, no primeiro metro de profundidade, aproximadamente, toda radiação infravermelha e cerca de 71% da

luz vermelha são absorvidas por apresentar maior comprimento de onda.

Já o espectro luminoso azul penetra mais profundamente na coluna d'água e se propaga o suficiente para ser espalhado e retornar à superfície, dando às águas claras oceânicas essa tonalidade característica.

Abaixo da zona fótica, há a região denominada **afótica**, isto é, sem presença da luz solar.

Essa camada é, majoritariamente, escura e a única luz existente é a produzida por organismos vivos.



Fig. 2.32 - A luz penetra até a camada denominada zona fótica. A partir de uma certa profundidade há ausência de luz e passa a ser chamada zona afótica. (Foto: Cristian Palmer no Unsplash.)

3.2 Interação oceano/atmosfera

A atmosfera, que envolve a Terra e é composta por gases, vapor d'água e partículas que se encontram suspensas no ar, está intimamente interligada ao oceano (Figura 2.33).

Entre esses dois componentes, há troca livre de gases e água, resultando em benefícios para a vida no planeta.

Enquanto os gases provenientes do oceano têm efeitos sobre o clima, aqueles que entram no ambiente marinho podem influenciar na deposição de sedimentos, na distribuição da vida marinha e em algumas das características físicas da água do mar.

As condições meteorológicas que influenciam diariamente a vida de seres vivos, são moldadas a partir da interação entre vento e água.

O estado da atmosfera em um determinado momento e local é caracterizado co-

mo tempo, enquanto o padrão médio das condições atmosféricas, a longo prazo e em determinada área, é chamado de **clima**.

A existência do tempo e do clima, a partir da interação do oceano com a atmosfera, é ocasionada a partir de alguns fenômenos físicos.



Fig. 2.33 - Nuvens formadas na atmosfera, acima do Oceano Atlântico, próximo à Ilha da Madeira, Portugal. (Foto: Colin Watts no Unsplash).

3.2.1 Mudança de fase: evaporação e precipitação da água do mar

O **vapor d'água** é proveniente do solo, das plantas e dos ecossistemas aquáticos, como a superfície do mar. Ocupa cerca de 4% do volume do ar e, por isso, este nunca se encontra completa-

mente seco.

É possível identificar pequenas gotículas em estado líquido nas nuvens ou neblina, embora seja mais comum apresentar-se em estado gasoso e não visível a olho nu.

O **tempo de residência*** da água na atmosfera em forma de vapor (**evaporação**) é de aproximadamente 10 dias.

A partir desse tempo, a água passa por uma transformação, mudando o estado gasoso em líquido (**condensação**), caindo sobre a superfície do planeta (Figura 2.34) na forma de orvalho, chuva ou até mesmo neve (**precipitação**).



Fig. 2.34 - Precipitação sobre o mar, próximo ao arquipélago de Florida Keys, Estados Unidos. (Foto: Brian Cook no Unsplash.)

3.2.2 Correntes oceânicas e a troca de calor com a atmosfera

O fluxo de massa de água no oceano é conhecido como **corrente oceânica** e um dos motivos da ocorrência desse fenômeno se deve à relação entre água do mar e atmosfera.

Trata-se também de um mecanismo importante para que o oceano possa absorver, armazenar e transferir calor.

As **correntes superficiais** são movimentos conduzidos pelo vento (Figura 2.35) e exercem influência muito importante tanto na distribuição de calor ao redor do mundo, quanto na determinação do clima.

A água quente existente nos trópicos é, por meio de correntes marítimas, direcionada para latitudes maiores, transferindo calor para o ar dessas regiões.

Essa água é, então, resfriada e, ao retornar a latitu-

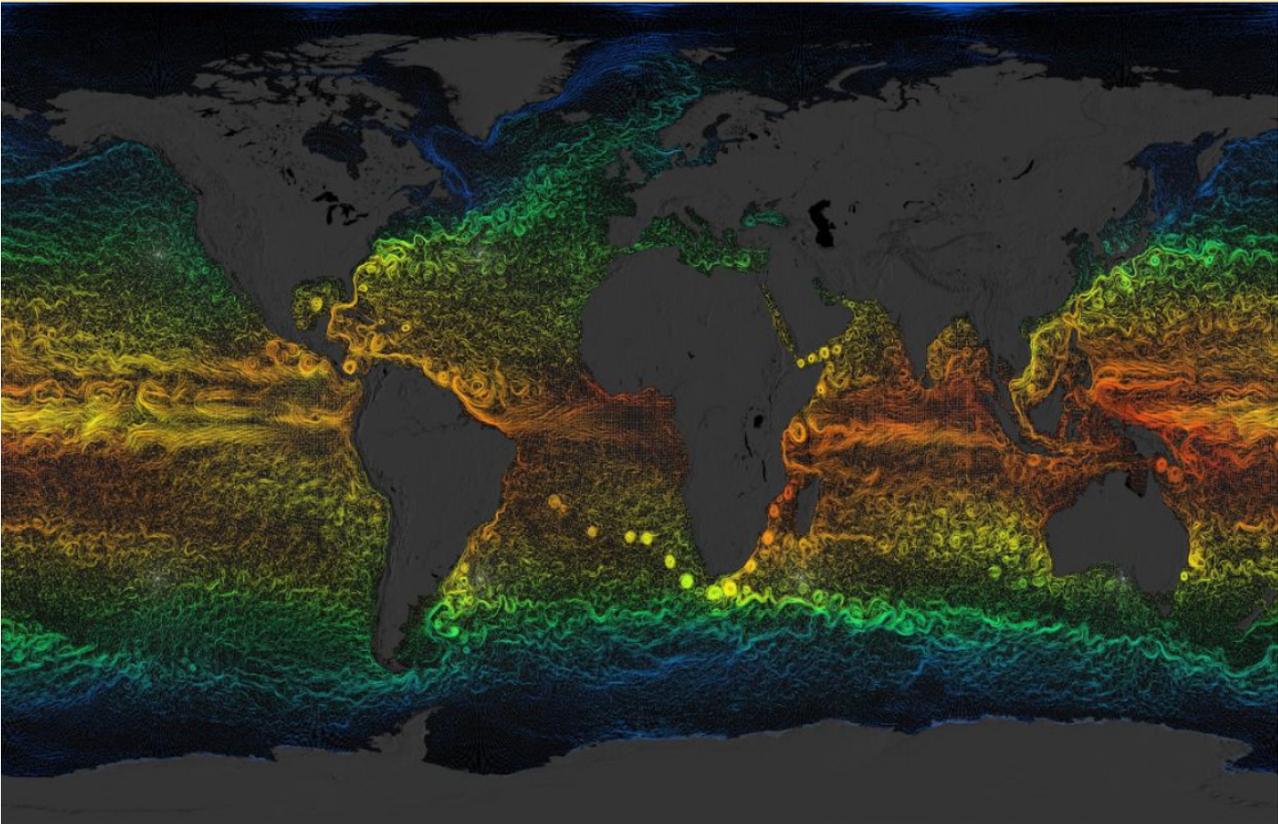


Fig. 2.35 - Correntes oceânicas produzidas pelo vento na camada superficial. Cores mais avermelhadas representam temperaturas mais quentes da água, enquanto que cores mais próximas ao azul sinalizam temperaturas mais frias. (Original de: NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio.)

des menores, absorve novamente calor, recomeçando, assim, o ciclo.

3.2.3 Giros Subtropicais

Como descrito anteriormente, existem no oceano, fluxos de água que se deslocam, conhecidos por correntes marítimas. As mais superficiais, formadas pela ação dos ventos, percorrem o globo e ao encontrar o continente, sofrem um desvio de seu

caminho original, a chamada deflexão.

No entanto, como o planeta não é somente coberto por água nem possui superfície homogênea, essas correntes sofrem sequências de deflexões, gerando sistemas rotatórios, conhecidos como **giros subtropicais**.

Possuem seus centros entre os trópicos 30°N/ 30°S e são formados por 4 componentes de correntes: duas

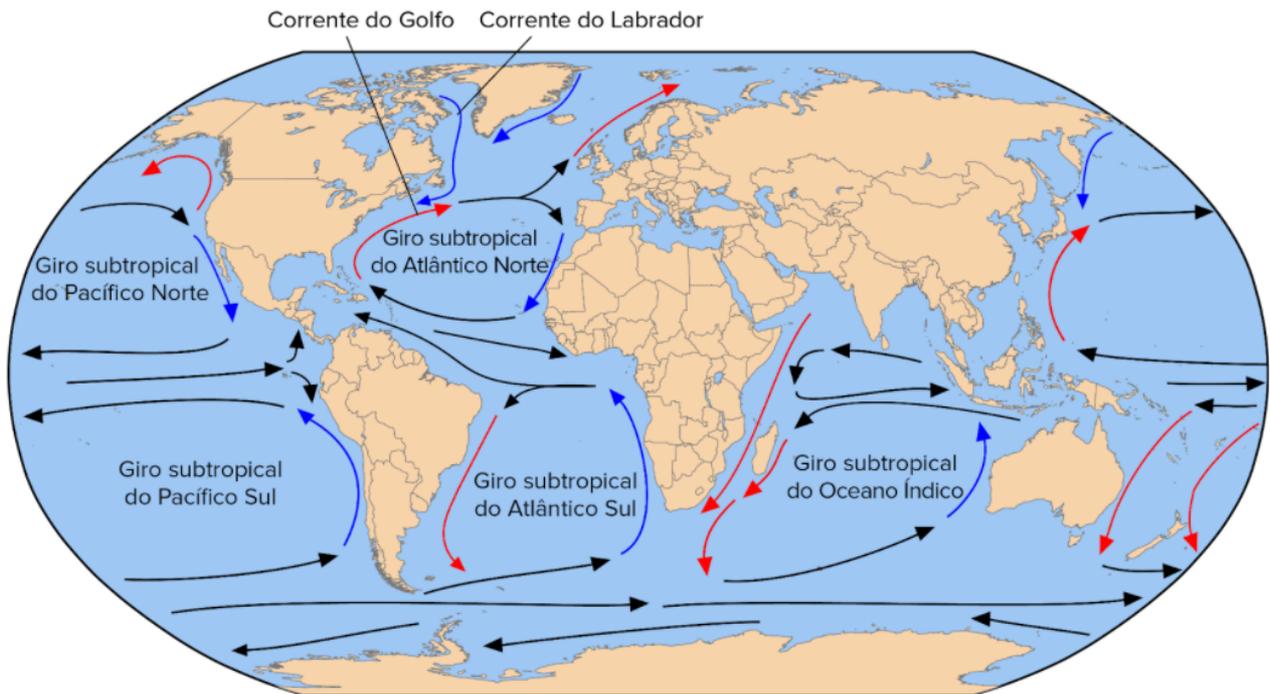


Fig. 2.36 Giros subtropicais ao longo do globo. (Imagem modificada de "Corrientes oceanicas" (Corrientes oceânicas), por Popadius (domínio público)).

correntes de contorno (leste e oeste) e duas em sentido transverso (para leste e para oeste) fechando o círculo (Figura. 2.36).

3.3 Ondas e marés

3.3.1 Ondas

O vento, ao entrar em contato com a superfície da água, transfere energia, formando assim, as **ondas oceânicas** (Figura 2.37).

Esses elementos, embora tenham como característica transportar energia para outros lugares, não carregam as águas adjacentes nem impul-

sionam as massas d'água.

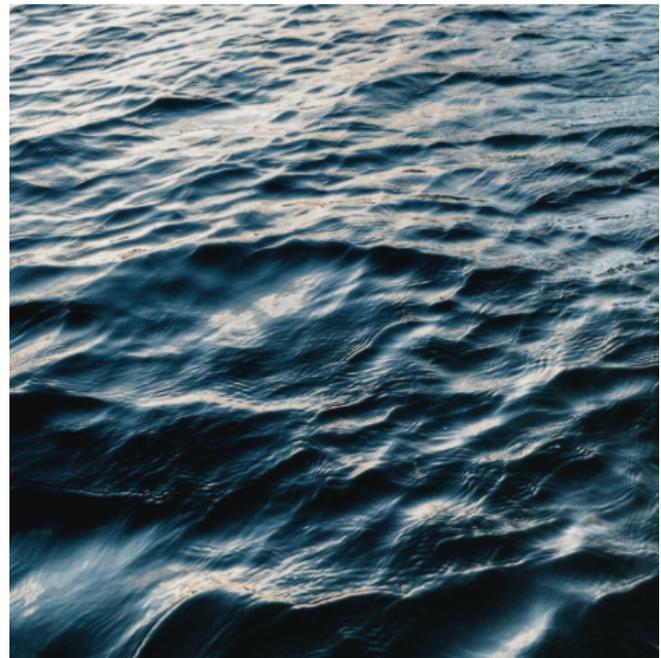
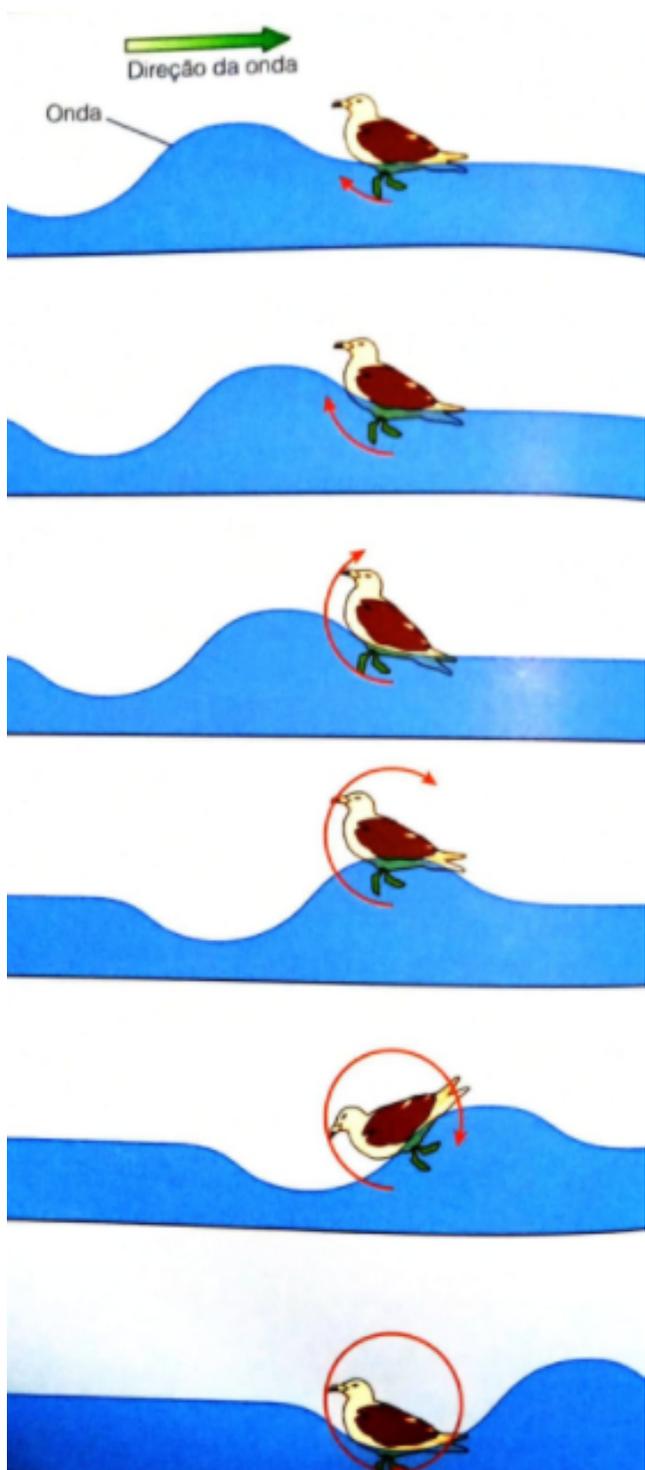


Fig. 2.37 - Formação de ondas a partir do vento. (Foto: Jonathan Borba no Unsplash.)

Dessa forma, os objetos que se encontram flutuando na superfície tendem a permanecer no mesmo lugar,

realizando uma espécie de movimento circular, movendo-se para cima e para frente, quando a onda se aproxima e, para baixo e para trás, quando ela passa por eles. (Figura 2.38).



Também é importante tratar aqui de alguns conceitos sobre ondas, de modo a facilitar sua compreensão (Figura 2.39).

A **crista de onda** é a parte que alcança o maior valor de altura em relação ao nível médio de água, enquanto o **vale de onda** é o nível de altura mais baixo, inferior ao nível médio. Por sua vez, o **comprimento de onda** refere-se à distância entre duas cristas, ou dois vales sucessivos.

Na prática, a profundidade máxima do movimento da água equivale à metade do comprimento da onda. Abaixo disso, um mergulhador não perceberia a passagem de uma onda oceânica.

Em relação ao tempo, o **período de onda** refere-se à

Fig. 2.38 - Ilustrações de uma ave boiando na água e uma onda vindo em sua direção. Enquanto a onda passa pela ave, é possível notar uma espécie de movimento circular realizado pela animal. Essa sequência demonstra que as ondas não transportam matéria, como a ave e até mesmo a própria água. Fonte: Extraído do livro Fundamentos de Oceanografia (2016).

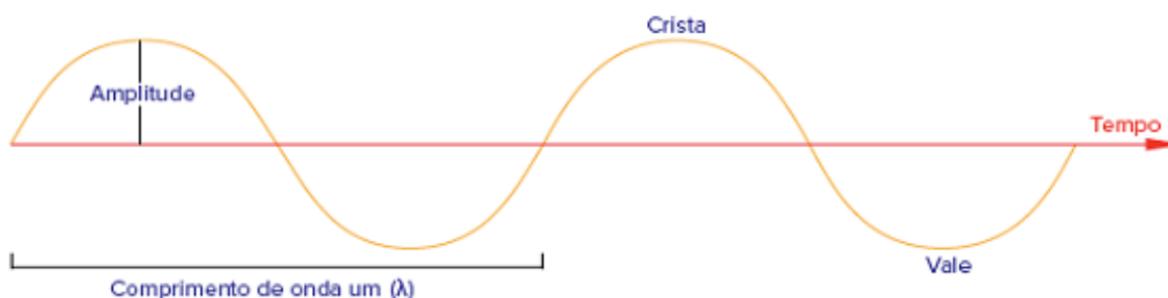


Fig. 2.39 - Conceitos importantes para o estudo de ondas na área da Física. (Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/9-ano/materia-e-energia-as-ondas/ondas-luz/a/a-luz-e-as-ondas-eletromagneticas>. Acesso 29/06/2021 - 15:30)

duração para se mover a distância de um comprimento de onda, enquanto a frequência de onda equivalente à quantidade de ondas que passa por um ponto fixo, por segundo.

As características das ondas oceânicas são dependentes da relação entre o comprimento da onda e a profundidade do local (Figura 2.40).

As órbitas que as moléculas de água realizam são

definidas pelo seu tamanho (definido pelo comprimento de onda) e pelo formato (determinado pela profundidade).

Assim, ondas que se movem em regiões com profundidade maior que a metade de seu comprimento são conhecidas como ondas de águas profundas e apresentam trajetória de partículas circulares.

Já em regiões costeiras, a proximidade com o fundo ma-

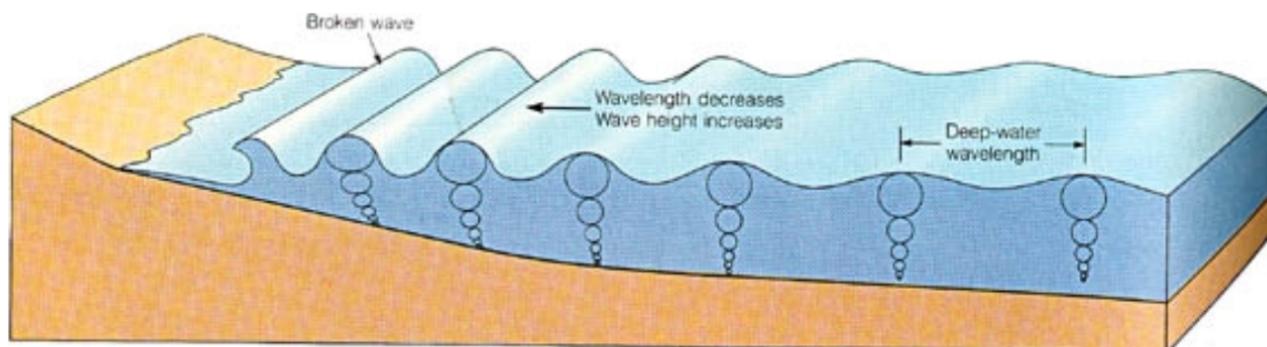


Fig. 2.40 - Esquema com as características de ondas oceânicas de acordo com a profundidade local. À direita, ondas com profundidade maior que a metade de seu comprimento. Em direção à esquerda, a profundidade vai diminuindo e ocasionando mudanças do comprimento e da altura da onda. (Disponível em: <https://surfguru.com.br/conteudo/a-influencia-das-aguas-rasas-nas-ondas-que-chegam-a-uma-praia-2017-01-19-15329.html> - acesso 30/06/2021)

rinho propicia o achatamento das órbitas e, ao atingirem profundidade equivalente a 1/20 de seu comprimento, formam as ondas de águas rasas (Figura 2.41).



Fig. 2.41 - Ondas de águas rasas em Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brasil
Foto: Jonathan Borba no Unsplash.

A velocidade de onda ocorre em função do comprimento de onda. De modo geral, para determiná-la, em águas profundas, pode-se usar a seguinte fórmula:

$$C = \sqrt{\frac{L}{T}}$$

onde C equivale à velocidade (em metros/segundo), L re-

3.3.2 Marés

Geradas pela combinação dos movimentos da Terra e pela da força de gravidade da Lua e do Sol, as marés são enormes ondas com comprimento equivalente à metade da circunferência terrestre, com mudanças periódicas de 12 a 24 horas.

Nesse período, quando a água sobe, é chamada de **preamar** ou **maré alta** e, quando desce, é chamada de **baixa-mar** ou **maré baixa** (Figura 2.42).

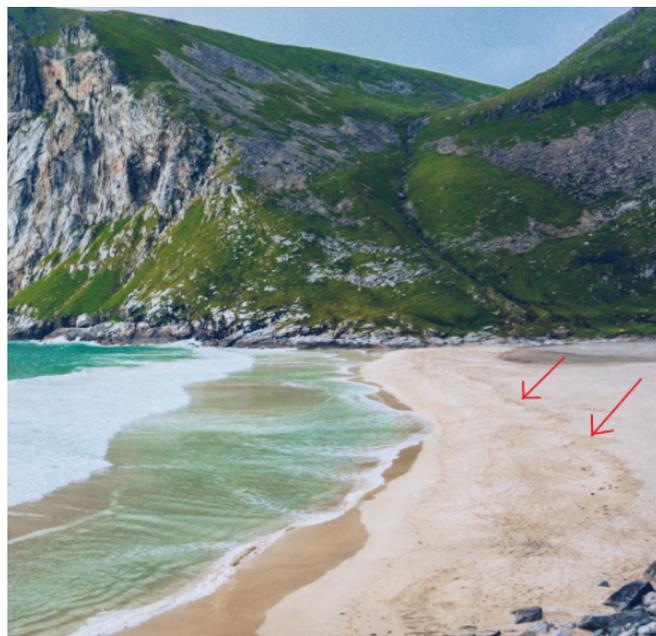


Fig. 2.42 - É possível notar, por meio das setas vermelhas, rastros na areia da praia devido à preamar em Kvalvika Beach, Moskenes, Noruega. (Foto: Martine Jacobsen no Unsplash.)

Já em regiões com de-

sembocadura de rios e baías longas, a preamar é denominada maré enchente e a baixa-mar, maré vazante. A origem desse fenômeno está ligada à ação simultânea de duas forças.

A primeira, a **Lei de Atração Gravitacional** ocorre, quando a atração entre dois corpos é diretamente proporcional a sua massa e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre ambos.

Pode ser demonstrada pela seguinte fórmula:

$$F = G \times \frac{M \times m}{D^2}$$

onde **F** equivale à força (medida em newtons), **G** representa a constante gravitacional universal, **M** e **m** são equivalentes ao valor da massa dos corpos (em quilogramas) e **D** é a distância entre os corpos (medida em metros).

Já a segunda força, a **Centrífuga** (ou **Inércia**), ocorre devido ao movimento

da Terra-Lua em torno de um centro comum de massa.

O Sol e a Lua são os dois astros que influenciam a existência desse fenômeno em nosso planeta. Mas, mesmo possuindo massa extremamente menor, a Lua, por estar bem mais próxima, exerce atração gravitacional maior sobre as marés.

Explicando melhor o processo, observa-se que a Lua puxa a maré do lado da Terra que está mais próximo a ela, enquanto a ação da força centrífuga, do outro lado do planeta, atrai as águas na direção contrária. Desse modo, observa-se maré alta nesses dois bulbos e maré baixa nas regiões entre eles.

Quando Terra, Sol e Lua se encontram em alinhamento linear, ocorrem marés altas maiores e marés baixas menores. São chamadas **marés de sizígia** e que acontecem nos períodos de luas cheia e nova.

Quando Sol e Lua for-

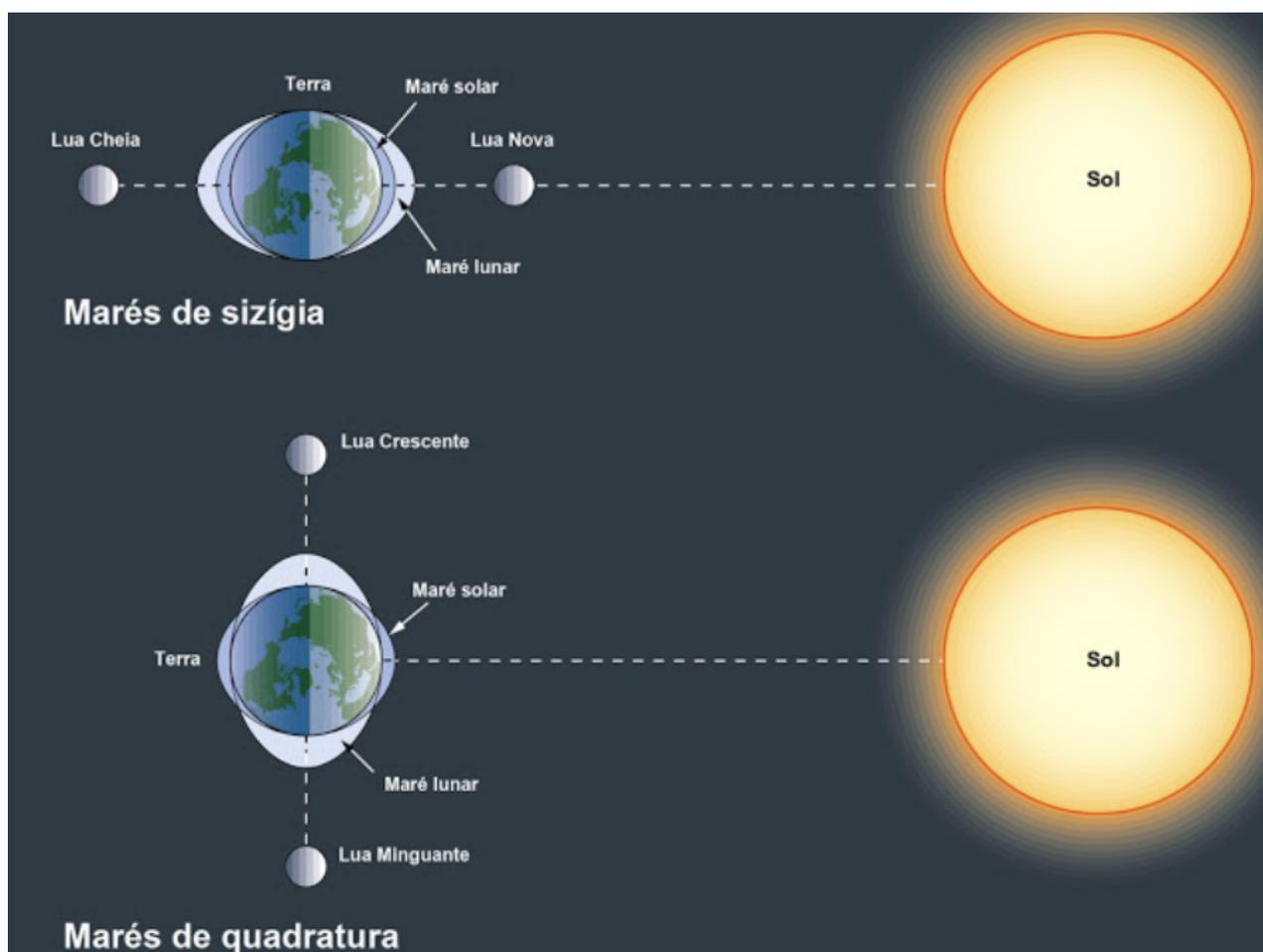


Fig. 2.43 - Ilustração sobre as posições relativas da Terra, do Sol e da Lua. Nas luas nova e cheia, as marés se somam e as marés se tornam muito maiores e muito menores, sendo denominada de Marés de Sizígia. Nas luas crescente e minguante, as marés altas se tornam mais baixas e as marés baixas se tornam maiores, sendo denominadas Marés de Quadratura. (Ilustração feita por: Richard Cardial).

mam um ângulo reto, as marés altas e as baixas têm amplitude menor, mais próxima das médias. Esses eventos correspondem a marés de quadratura e ocorrem nos períodos de luas crescente e minguante (Figura 2.43).

3.4 Circulação termohalina

Além das correntes marinhas superficiais, há as cor-

rentes marinhas profundas.

Originadas por diferença de densidade da água, essas correntes são formadas a partir de alterações de temperatura e salinidade presentes nas regiões oceânicas, como visto anteriormente.

Correntes termohalinas são formadas por diferença de densidade, provocada por variação de temperatura e

salinidade.

Essas variações estão relacionadas a fatores como: resfriamento ou aquecimento das águas, evaporação mais intensa que a precipitação, ou até mesmo pela formação glacial que resulta em aumento de salinidade das águas vizinhas.

A circulação termohalina é caracterizada como um fluxo vertical de água superficial, mais frio e mais denso, que afunda ao atingir a camada de mistura (com densidade diferente), passando, então, a deslocar-se horizon-

talmente nas áreas mais profundas do oceano, migrando para outras regiões.

Em geral, a formação dessas correntes ocorrem em altas latitudes, já que são locais mais favoráveis à mudança de densidade, com o fluxo horizontal seguindo em direção ao Equador (Figura 2.44).

Essa circulação é extremamente importante por direcionar altas taxas de oxigênio para águas profundas. Contudo, um fator faz com que essa ocorrência não seja frequente.

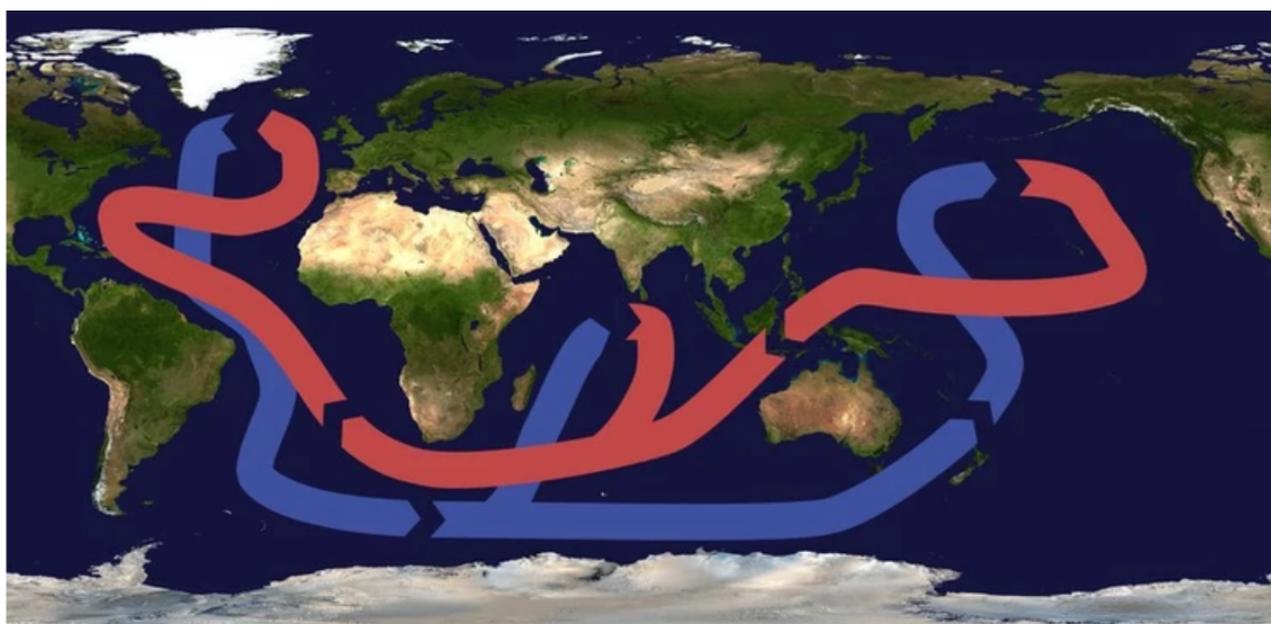


Fig. 2.44 - Representação da circulação termohalina no oceano. As correntes frias e profundas são representadas pela cor azul e as correntes quentes e superficiais, pela cor vermelha. Nas latitudes mais altas, há a formação de águas profundas que geram as correntes termohalinas. (Fonte: WikiMedia Commons.)

A velocidade dessas correntes é relativamente baixa, ficando próxima de 1 cm por segundo. Assim, ao se aplicar o conceito do tempo de residência, seriam necessários de 500 a 1000 anos para renovar toda a água de fundo do Oceano Atlântico.

3.5 Ressurgência

O vento gera o movimento horizontal da água e, ocasionalmente, pode gerar um movimento vertical na coluna d'água. Dependendo do fluxo pode ser subsidente ou ressurgente.

Essa descendência verti-

cal é conhecida como subsidência e não possui efeitos diretos sobre o clima ou a produtividade primária de regiões costeiras.

Já o movimento vertical ascendente é denominado ressurgência. É ele que transporta uma carga de água profunda, fria e, normalmente, rica em nutrientes para a superfície.

Ocorre especialmente na região de costa ou próximo à linha do Equador, sendo, conforme o caso, denominado **ressurgência costeira** ou **ressurgência equatorial** (Figura 2.45).

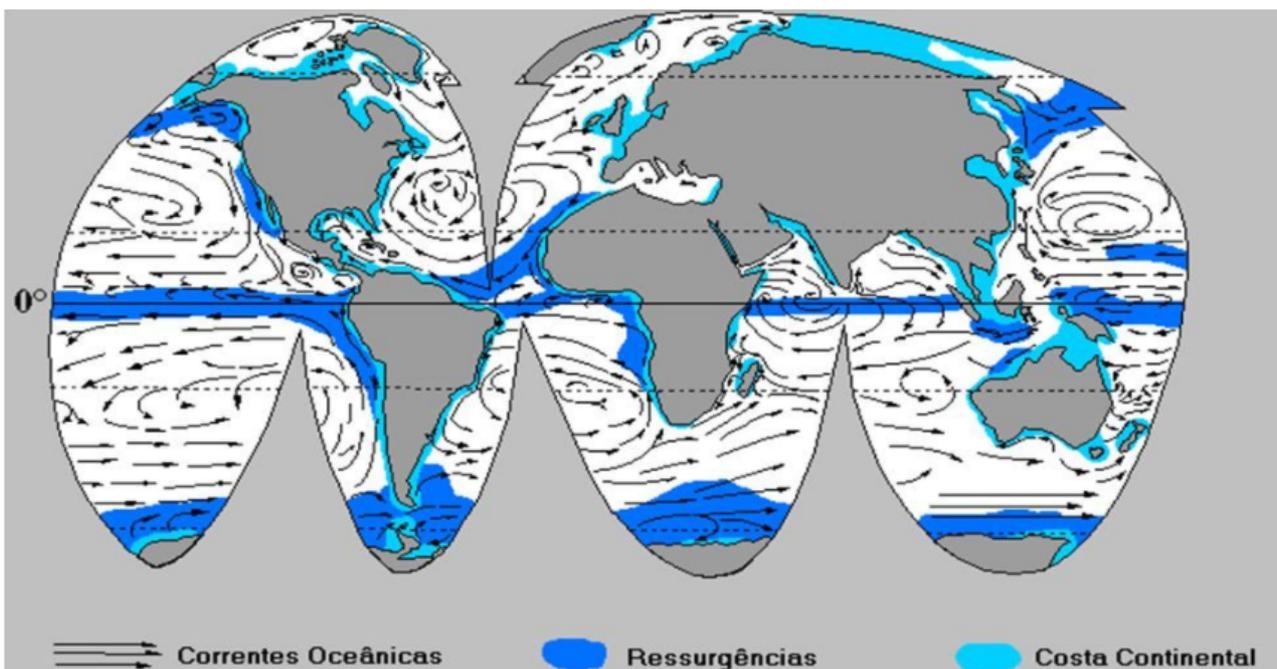


Fig. 2.45 - Representação das localizações das áreas de ressurgência no oceano. (Disponível em: <https://nerdprofessor.com.br/o-fenomeno-da-ressurgencia/>)

Esse fenômeno possui significativa importância para a produtividade biológica, já que a água, na maioria dos casos proveniente da faixa abaixo da pycnoclina, transporta os nutrientes necessários para o crescimento de organismos marinhos.

Uma das ressurgências mais conhecidas é a da Corrente do Peru, que ocorre em períodos de três a oito anos, sendo responsável pela acentuada produtividade biológica nas Costas do Peru e do Chile em anos de El Niño.

Na costa brasileira, pode-se observar esse fenômeno associado aos meses de primavera - verão, em locais como Cabo Frio (RJ). Nesse período, os ventos de NE "retiram" parcela superficial da água, transportando-a em direção ao oceano. Para manter o equilíbrio, águas profundas e ricas em nutrientes ascendem próximo ao continente, aumentando a produtividade local.

4. Oceanografia Química

A água do oceano pode ser comparada a uma solução extremamente complexa, em que é possível encontrar, evidentemente em diferentes concentrações, todos os elementos químicos existentes na tabela periódica.

Por sua vez, a presença desses elementos desencadeia diversas reações químicas que interferem diretamente no oceano, afetando, inclusive, organismos marinhos.

A área da **Oceanografia Química**, então, tem como foco identificar e quantificar os componentes orgânicos e inorgânicos da água do mar, além de analisar as reações químicas e a forma como interação com o meio marinho, por exemplo através de variações de densidade, pH e concentração de sais e gases.

É também competência do

oceanógrafo que atua nessa área investigar fluxos e ciclos dos elementos químicos presentes no oceano, como por exemplo o carbono e o oxigênio, analisando as principais fontes e sua interação com a água do mar.

4.1 Origem dos elementos na água do mar

A água do oceano é composta basicamente de sais, nutrientes e gases dissolvidos. Por isso, o oceano apresenta todos os elementos da tabela periódica em sua composição (Figura 2.46), estejam eles em quantidades mais abundantes, denominados **elementos conservativos**, ou em menores concentrações (inferiores à 0,01%), os **elementos traço**.

Esses elementos podem ou não ser essenciais para a manutenção da vida no oceano.

The Periodic Table of the Elements

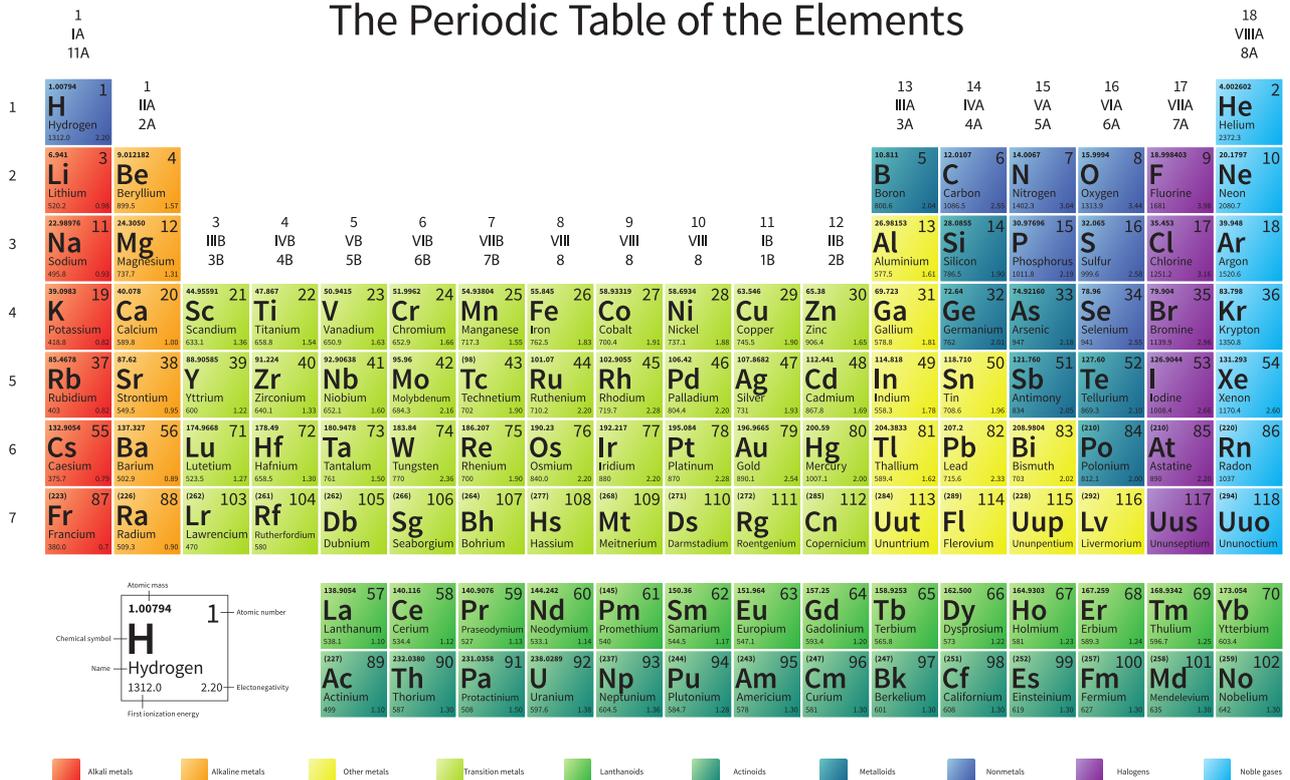


Fig. 2.46 - Tabela periódica, todos os elementos presentes na tabela existem no oceano em alguma concentração, mesmo que mínima.

ano.

Um exemplo de elemento essencial para as atividades metabólicas dos organismos marinhos é o carbono, base para a formação de moléculas orgânicas.

Por ter tal característica, esse elemento, juntamente com nitrogênio, oxigênio e silício são considerados **nutrientes**.

Mas afinal, de que forma esses elementos surgiram no oceano?

Uma das possíveis causas é o excesso de substâncias

voláteis em suspensão na atmosfera e que entram no oceano pela precipitação.

Outro fator importante é o **intemperismo** das rochas terrestres. Esse processo faz com que os sais das rochas sejam dissolvidos na água das chuvas e transportados até as bacias oceânicas pelos rios. Um exemplo de sal encontrado no oceano por efeito do intemperismo é o **silício**.

Além do citado, outros sais podem ter sua origem no próprio oceano.

No assoalho marinho há as chamadas **fontes hidrotermais**, ou **fumarolas submarinas** (Figura 2.47), ou seja, fissuras na crosta, de onde emergem os **fluidos geotermiais***, carregados de materiais como enxofre, ferro e sulfatos.

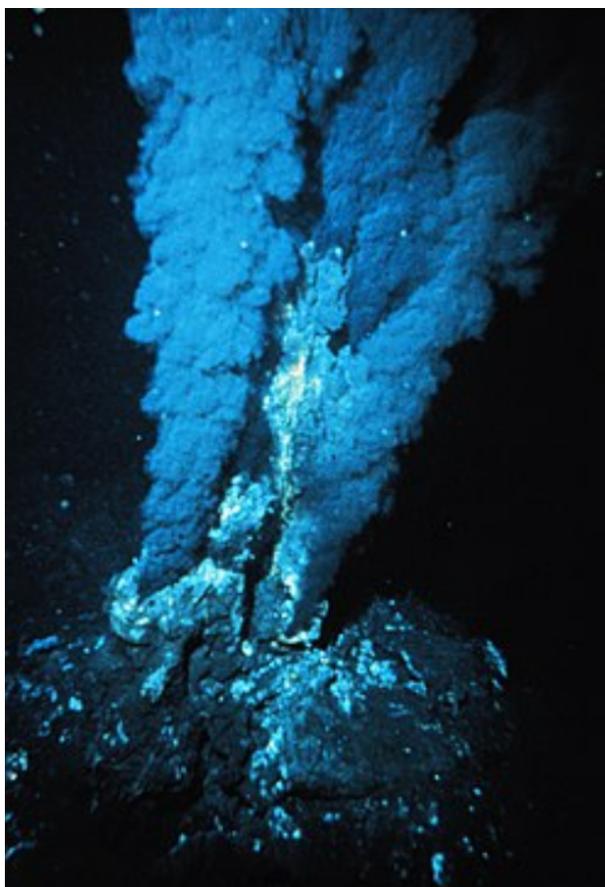


Fig. 2.47 - Fonte hidrotermal localizada na dorsal Mesoatlântica. (Fonte: P. Rona / OAR/National Undersea Research Program (NURP); NOAA - NOAA Photo Library)

4.2 Propriedades da água do mar

Como já descrito no Módulo 1, a água teve sua ori-

gem, no período de resfriamento do planeta, a partir de um processo de desgaseificação, quando os vulcões passaram a expelir gases (hidrogênio) e vapor de água (oxigênio).

Depois dessa etapa, houve a condensação do vapor, com a água caindo na forma de chuva e permanecendo depositada nas partes mais baixas da crosta terrestre.

Essa substância é uma molécula que apresenta propriedades físico-químicas únicas, e é responsável por possibilitar a existência de vida na Terra.

É formada por dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio (Figura 2.48).

Também é **polar**, pois seus átomos apresentam cargas diferentes, resultando em polos com diferentes valores de **eletronegatividade***. Ou seja, comportam-se como um ímã: a região com carga negativa (átomo de oxigênio com carga -2) atrai e reage

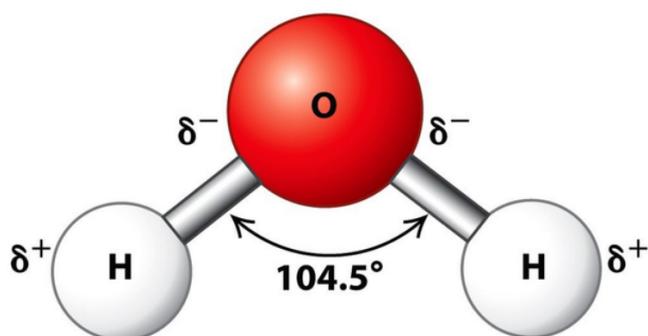


Fig. 2.48 - Esquema ilustrativo da molécula de água. É possível observar o ângulo de $104,5^\circ$ entre os átomos de hidrogênio e a diferença entre as cargas atômicas, sendo que cada molécula de hidrogênio apresenta carga positiva de valor +1, enquanto a molécula de oxigênio apresenta carga negativa de valor -2.

com partículas de carga positiva.

Já os hidrogênios (polo positivo da molécula), apresentam valores positivos (+1), ligando-se a partículas de carga negativa.

Esse fenômeno da polaridade influencia diretamente as reações químicas e a forma como reagem em contato com outras substâncias.

É a diferença na distribuição das cargas elétricas dos elementos que causa o ângulo de $104,5^\circ$ entre os átomos de hidrogênio (Figura 2.49), sendo também responsável pela polaridade da molécula (polos assimétricos: um positivo e outro negativo).

Em decorrência da polaridade, quando algum composto entra em contato com a água, as moléculas dos sais são separadas, sofrendo **dis-sociação**.

Devido a essa propriedade, a água é considerada um solvente universal, ou seja, possui capacidade de dissolver a grande maioria das substâncias.

Outra importante propriedade diz respeito à capacidade de formar ligações fortes entre as moléculas. São as chamadas **pontes de hidrogênio** (Figura 2.49), que consistem na ligação de um átomo de hidrogênio (polo positivo) de uma molécula com o átomo de oxigênio (polo negativo) de outra molécula de água.

Essas pontes de hidrogênio garantem que a água tenha uma maior atratividade entre as moléculas, denominada **coesão**.

É exatamente a alta coesividade da molécula que

proporciona a propriedade conhecida como tensão superficial, um efeito físico que ocorre quando a camada mais superficial do fluido se comporta como uma membrana elástica, possibilitando que pequenas partículas, como insetos, permaneçam na superfície, sem afundar (Figura 2.50).

Essa propriedade é também responsável pela formação das gotas de água em superfícies como folhas de plantas (Figura 2.51).

Outra propriedade da água é a capacidade de transferir calor.

Contudo, antes de estudar

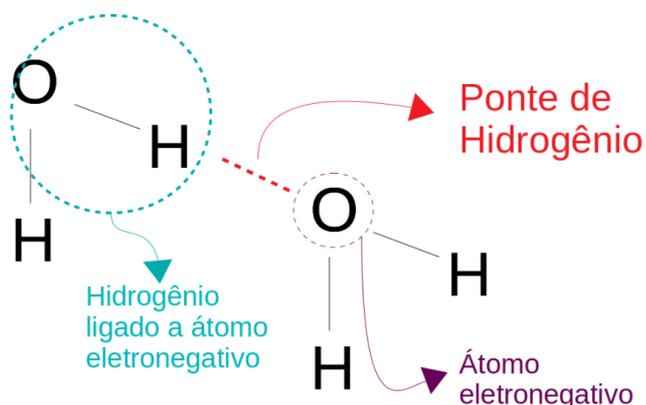


Fig. 2.49 - Processo de formação de pontes de hidrogênio: ligação entre o polo positivo (hidrogênio) de uma molécula, com o polo negativo (oxigênio) de outra molécula de água. (Fonte: <https://www.passeidireto.com/pergunta/28276306/quem-sao-as-pontes-de-hidrogenio-ilustre-com-um-exemplo>)



Fig. 2.50 - *Halobates*, insetos que conseguem sobreviver e permanecer na superfície do mar devido à propriedade da tensão superficial da água (a força de coesão que faz com que o fluido se comporte como uma película). (Disponível em: <https://www.iguiecologia.com/animais-que-andam-sobre-as-aguas/inseto-tensao-superficial/>)



Fig. 2.51 - A formação de gotas em folhas é ocasionada pelas forças de coesão que resultam na tensão superficial, fazendo com que o fluido se comporte como uma película em sua camada mais superficial.

tal assunto, é preciso compreender a diferença entre **temperatura e calor**.

Esse último pode ser entendido como a transferência de energia térmica entre dois

corpos e pode ser medido em calorias (cal), ou joules (j).

Já a **temperatura** mede o nível de agitação das moléculas de uma substância e pode ser medida em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) ou Kelvin (K).

Assim, quanto mais alta estiver a temperatura de um corpo, maior será a agitação das suas moléculas e vice-versa. Só haverá equilíbrio térmico quando, por meio da transferência de calor, dois corpos atingirem a mesma temperatura.

A água apresenta **pontos de fusão e de ebulição** elevados, ou seja, para que ocorra a mudança do estado líquido para o gasoso (ebulição: ocorre a partir de 100°C), é necessário alta temperatura. Por outro lado, para que passe do estado líquido para o sólido (fusão: 0°C), a temperatura necessária deverá estar muito baixa.

Com isso, pode-se dizer

que a água apresenta um dos maiores valores **de calor latente** (grandeza que mede a quantidade de energia necessária para que uma substância apresente troca de estado físico).

Como já dito anteriormente, há, no oceano, muitos sais e gases dissolvidos que provocam alterações no ponto de congelamento. Com isso, o valor passa a ser $-1,9^{\circ}\text{C}$, e não 0°C , como é o caso da água pura.

Essa propriedade, responsável por possibilitar a existência dos três estados físicos, também criou condições para a proliferação e permanência da vida no planeta.

Além do mais, é possível mensurar a quantidade de calor necessária para que uma substância eleve sua temperatura.

O **calor específico** pode ser definido como a medida térmica da quantidade de calorias necessárias para ele-

var a temperatura em 1°C para cada grama de uma dada substância, sem alterar, contudo, seu estado físico.

Dentre as substâncias existentes, a água apresenta um dos maiores valores de calor específico, o que implica na capacidade de alta retenção do calor recebido por radiação solar.

É dessa forma que o oceano consegue diminuir os valores extremos de temperatura do planeta.

Sabe-se que a radiação solar não atinge todas as latitudes de forma igual (Figura 2.52), por conta da esfericidade e inclinação do eixo da Terra. Então, ao incidirem perpendicularmente à superfície do planeta, os raios só abarcam uma região menor.

Assim, locais de baixa latitude - mais próximos à linha do Equador - recebem maior energia luminosa que, gradativamente, vai diminuindo conforme a latitude aumenta, em direção aos polos.

As correntes oceânicas, por sua vez, têm um papel crucial na distribuição do calor da região equatorial para os polos, promovendo o equilíbrio térmico global e evitando até mesmo a morte de diversos organismos marinhos e terrestres.

Ademais, é a elevada capacidade de retenção de calor do oceano durante o dia que mantém a água do mar aquecida durante a noite, período sem incidência de radiação solar.

Outra propriedade importante da água, diz respeito à **variação de densidade**, que ocorre de forma diferente, se comparada a outras substâncias químicas.

Nestas, o processo de **solidificação** é marcado pelo aumento da densidade do material. Já na água pura, a sua densidade é diminuída, podendo ser observado em cubos de gelo em copos de bebidas e, no caso do oceano, em grandes icebergs flu-

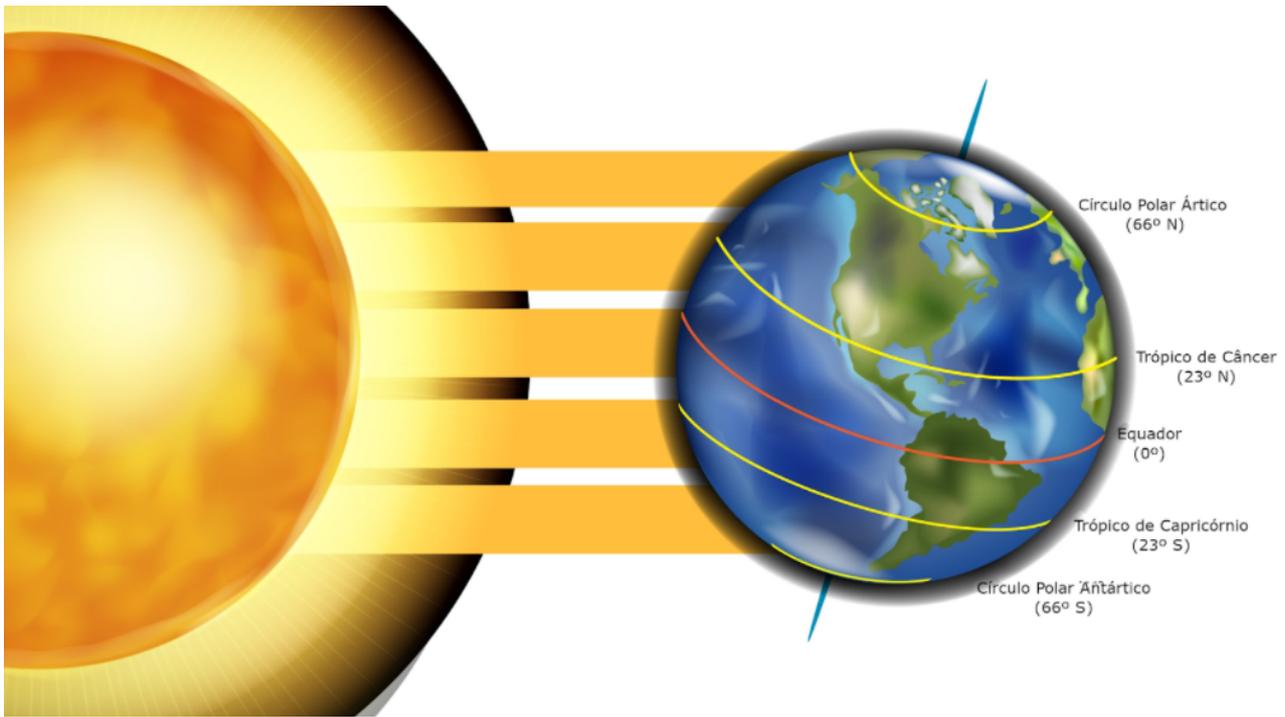


Fig. 2.52 - Variação da incidência de radiação solar na superfície do planeta. É possível observar que os raios solares incidem quase perpendicularmente em latitudes mais próximas ao Equador, resultando em maior quantidade de calor por área. Já em latitudes maiores, a incidência ocorre de forma não perpendicular sobre uma área maior, diminuindo, assim, sua relação radiação/área (Fonte: As linhas imaginárias - principais latitudes. Ilustração: Sakurra / Shutterstock.com)

tuantes nas regiões polares.

Ao ser resfriada até a temperatura de **3,98°C**, a água se comporta como qualquer outra substância, tendo sua densidade aumentada.

Entretanto, ao diminuir ainda mais a temperatura, até atingir o ponto de congelamento (0°C), sua densidade passa, de forma abrupta, a diminuir. O gelo formado se torna menos denso que a água líquida e passa a flutuar na superfície (Figura 2.53). Esse fenômeno é conhecido

por **comportamento anômalo da água**.

Este procedimento peculiar pode ser explicado pelas ligações químicas entre as moléculas de água e pela variação de volume desse fluido.

Ao diminuir a temperatura até 3,98°C, as pontes de hidrogênio se rompem, provocando diminuição de volume do fluido e, conseqüentemente, aumento de sua densidade. E, tentando restabelecer o equilíbrio quebrado pela va-

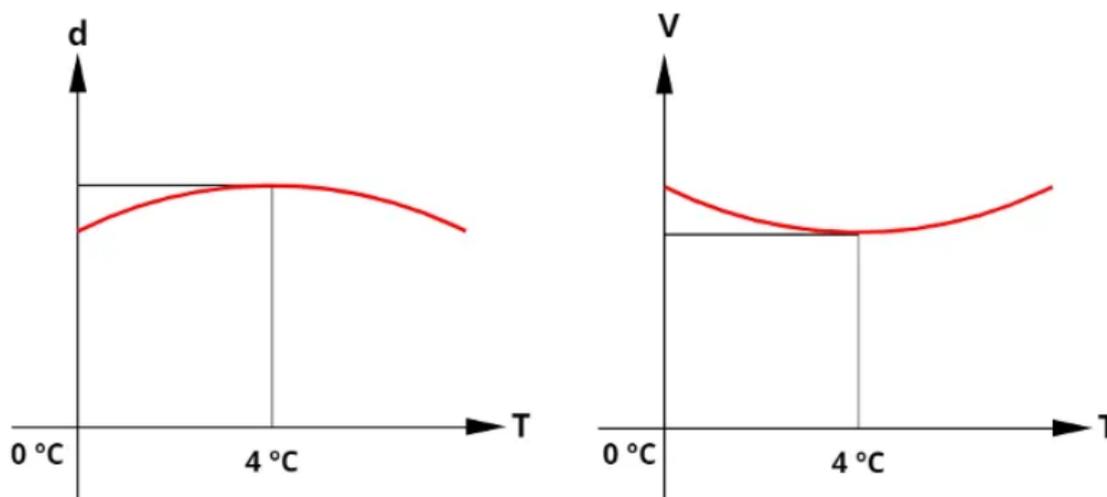


Fig. 2.53 - O gráfico à esquerda ilustra o comportamento anômalo da água pura, com a diminuição abrupta da densidade abaixo dos 4°C. O inverso ocorre no exemplo à direita, que relaciona variação de temperatura e volume também para a água pura. Neste caso, o volume apresenta um comportamento inversamente proporcional à densidade, diminuindo até 4°C, e aumentando seu valor até a temperatura de congelamento (0°C). (Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/dilatacao-liquidos.htm>)

riação da temperatura, as moléculas acabam por se aproximar.

Ao diminuir a temperatura da água (abaixo de 4°C), as pontes de hidrogênio voltam a se formar, criando "espaços vazios" e ocasionando a dilatação da substância (Figura 2.54).

Como a massa de água é mantida constante, e há um aumento em seu volume, por conta da formação de espaços, haverá, conseqüentemente diminuição da densidade (Figura 2.55).

O comportamento anômalo da água é essencial para a



Fig. 2.54 - Agrupamento molecular da água pura nos 3 diferentes estados físicos: sólido, líquido e gasoso. Nota-se que, em estado sólido, as moléculas estão agrupadas com a formação de espaços vazios, devido às ligações das pontes de hidrogênio, resultando em um aumento de volume do fluido. (Fonte: encurtador.com.br/DFMS5)

$$d = \frac{m}{V}$$

Fig. 2.55 - Fórmula da densidade. É possível verificar que a densidade e o volume são grandezas inversamente proporcionais. (Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/7400251/>)

manutenção da vida em lagos, lagoas e mares das regiões polares do planeta, uma vez que o congelamento

se dá, apenas, na superfície, mantendo o estado líquido nas camadas mais profundas.

Uma última propriedade a ser citada é a **transparência**.

A água é considerada um dos meios mais transparentes à luz, o que contribui para o desenvolvimento de organismos fotossintetizantes no oceano, responsáveis pela inserção de 40 a 70% do oxigênio atmosférico no planeta.

4.3 Salinidade e sua distribuição vertical e meridional

O oceano é composto por cerca de 96,5% de água pura e 3,5% de sais. E aí está, uma importante grandeza a ser compreendida, a salinidade, que corresponde ao peso (em gramas) dos sais dissolvidos em 1 Kg de água.

No meio do oceano, a salinidade costuma variar entre 34 e 37 g/kg (unidade de salinidade mais usual), sendo a média 35 g/kg.

Em regiões costeiras, su-

jeitas a descargas fluviais, esse valor é menor, enquanto regiões estuarinas apresentam gradiente elevado de salinidade, devido à variação das marés locais.

Essa grandeza também pode variar latitudinalmente, devido ao equilíbrio entre precipitação-evaporação e a incidência de radiação solar diferenciada (Figura 2.56).

Nos polos, a salinidade apresenta valores menores, uma vez que essa região recebe menor incidência solar e possui temperaturas mais baixas, fatores que dificultam a evaporação.

Além disso, a precipitação em forma de neve e gelo dessas regiões acaba por diluir mais ainda a concentração de sais na água.

Em latitudes intermediárias (30°N/30°S), o que ocorre é uma elevada incidência de radiação solar que resulta em temperaturas mais elevadas e alta taxa de evaporação. No entanto, a precipita-

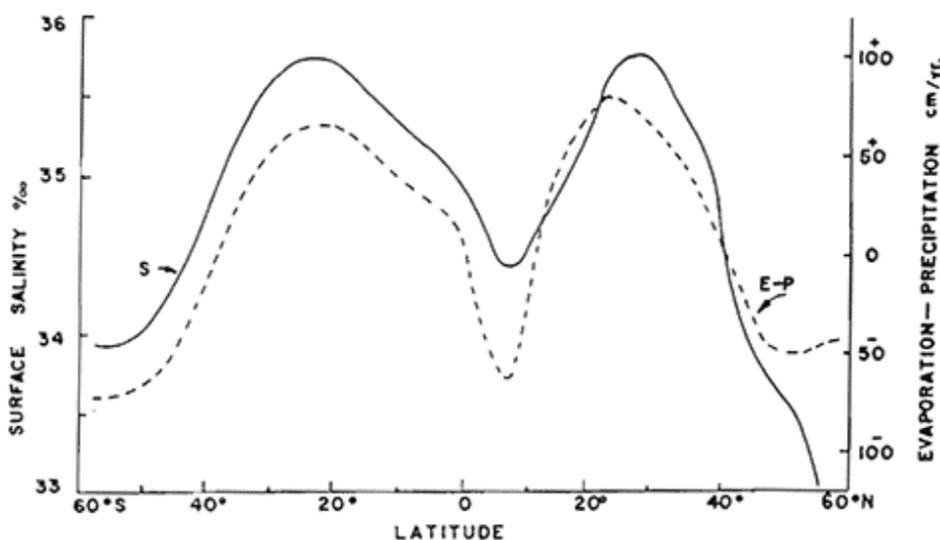


Fig. 2.56 - O gráfico apresenta uma distribuição latitudinal de salinidade (linha contínua) no oceano e o balanço evaporação-precipitação (linha tracejada). (Fonte: https://www.danilorvieira.com/disciplinas/iof1202/ofd_capitulo03.php)

ção é baixa, gerando valores mais elevados de salinidade.

Já próximo ao Equador há maior incidência solar e mais calor por área. Assim, essas latitudes apresentam os maiores valores de temperatura do globo e, conseqüentemente, as maiores taxas de evaporação e de precipitação.

O equilíbrio entre essas últimas taxas é responsável por manter valores medianos de salinidade em baixas latitudes.

A distribuição da salinidade também varia com a profundidade.

Em baixas e médias latitudes, a superfície do oceano apresenta os maiores valores de salinidade e vai re-

duzindo conforme aumenta a profundidade.

Isso ocorre devido a altas taxas de evaporação que interferem diretamente nas camadas mais superficiais do oceano.

Já em altas latitudes ocorre o inverso: a salinidade é menor na superfície e aumenta conforme avança a profundidade.

E assim ocorre, por haver, na superfície, maior precipitação em forma de gelo, provocando diminuição da concentração de sais (Figura 2.57).

4.4 Gases dissolvidos

Como mencionado anteriormente, há diversos gases

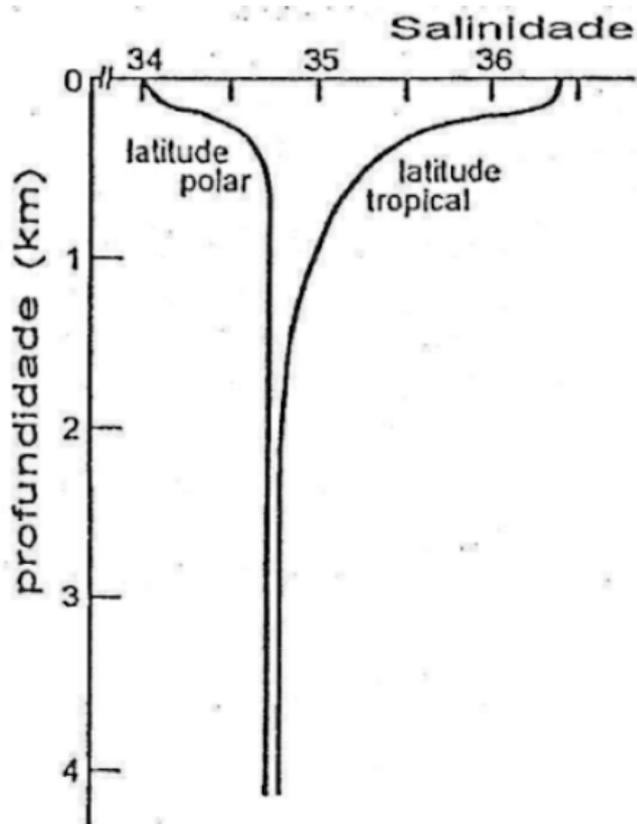


Fig. 2.57 - Distribuição vertical de salinidade nas latitudes polares e tropicais. (Fonte: Livro Planeta azul, cap 9, pág 68).

dissolvidos no oceano.

Os que se encontram na atmosfera são os mesmos que estão, em diferentes proporções, dissolvidos no oceano: nitrogênio, oxigênio, argônio, gás carbônico (dióxido de carbono), neônio, hélio, hidrogênio, entre outros.

Os mais importantes para a vida no oceano - o oxigênio, o gás carbônico e o nitrogênio - são também os mais abundantes.

Esses gases entram no

oceano pela camada mais superficial, a que está sempre em contato com a atmosfera, denominada **interface ar-água** e, dependem de fatores como pressão e temperatura, tanto do gás, quanto da superfície do oceano e da salinidade.

Quanto maior a pressão atmosférica, maior será a solubilidade dos gases e a quantidade a entrar no oceano. Se, contudo, a pressão da água for superior, esses gases retornam à atmosfera.

Com relação à temperatura, maiores valores resultam em menor dissolução dos gases que tendem a retornar à atmosfera. Por sua vez, temperaturas mais baixas favorecem a entrada desses elementos no oceano.

No caso da salinidade, quanto menor o seu valor, maior será a solubilidade dos gases, facilitando, então, a entrada no oceano.

Como mencionado anteriormente, o oxigênio é um

dos gases mais abundantes no meio marinho. E é proveniente tanto da atmosfera, quanto da atividade de organismos **autótrofos fotossintetizantes*** existentes no oceano.

Sua distribuição vertical na coluna de água não é homogênea, além de apresentar diferentes concentrações, conforme a variação da profundidade.

A maior concentração ocorre nas camadas superficiais, onde há maior produção fotossintética e dissolução do oxigênio atmosférico.

Nessa região, também pode ocorrer a supersaturação desse gás, quando a concentração dissolvida superar a de equilíbrio.

Abaixo dos primeiros 100 metros, a concentração decai bruscamente e pode atingir a chamada **zona de mínima concentração de oxigênio**.

Assim ocorre, devido ao elevado consumo de gás por organismos presentes e bac-

térias responsáveis pela degradação da matéria orgânica.

Abaixo dos 500 metros, as concentrações voltam a aumentar, por conta da diminuição dos organismos presentes (Figura 2.58).

O **dióxido de carbono (CO₂)** é outro gás de extrema importância. Além de participar dos processos metabólicos dos organismos (respiração e fotossíntese), também reage às moléculas de água, desempenhando papel fundamental na manutenção do pH do oceano.

Esse assunto será explorado com mais detalhes posteriormente.

A distribuição do CO₂ (Figura 2.58) ocorre de forma diferente, se comparada à do oxigênio.

Nas camadas superficiais, a concentração de CO₂ é menor, devido ao consumo dos organismos autotróficos em atividade fotossintética.

Abaixo de 200 metros, a

atividade fotossintética diminui, em função da baixa disponibilidade luminosa, e as concentrações de CO_2 voltam a aumentar.

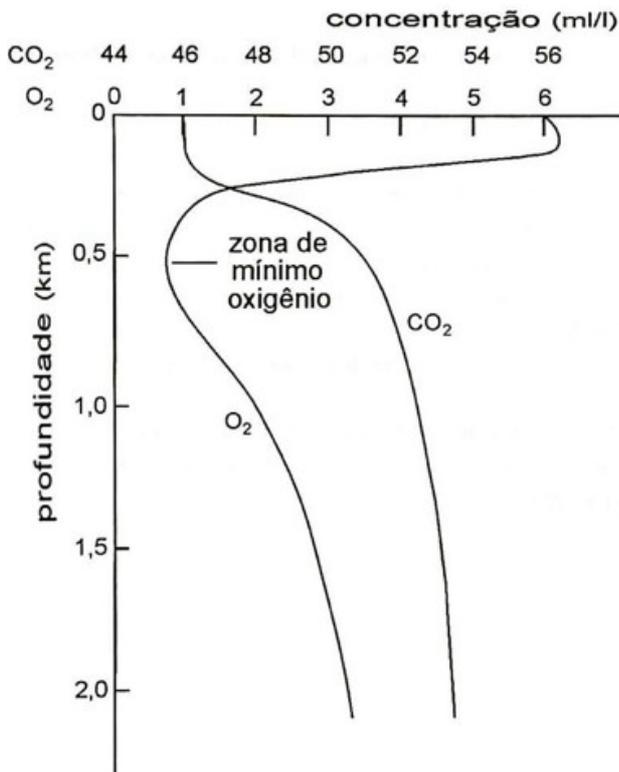


Fig. 2.58 - Perfis verticais de oxigênio e dióxido de carbono de acordo com o aumento da profundidade local. (Fonte: <https://www.eflora.com.br/composicao-da-agua-do-mar/>)

É importante também salientar o papel das mudanças climáticas nas concentrações dos gases no oceano.

O aumento da queima de combustíveis fósseis em atividades antrópicas das últimas décadas, provocou maior liberação de CO_2 na atmosfera e, com isso, um

aumento da pressão desse gás no meio, intensificando a consequente entrada no oceano.

O problema está no fato desse aumento alterar o equilíbrio químico do ambiente marinho e interferir, por exemplo, no pH do oceano, o que afetará significativamente sua biota.

4.5 pH - O oceano como uma solução tampão

Como mencionado anteriormente, o gás carbônico, além de participar de processos biológicos, atua, também, em reações com moléculas de água, tendo importante impacto sobre o equilíbrio do pH dos oceanos.

Ao entrar, o gás carbônico reage com as moléculas de água, formando o **ácido carbônico (H_2CO_3)** (Equação I) que, por ser fraco, se **dissocia***, liberando uma molécula de hidrogênio H^+ e bicarbonato HCO_3^- (Equação II).

Em seguida, dissocia-se

novamente, liberando o átomo de **H+** restante e uma molécula de carbonato, **CO₃²⁻** (Equação III).

Durante o processo, a molécula de água também se dissocia, ao reagir com o bicarbonato, dando origem a uma molécula de **OH-**, e novamente uma molécula de ácido carbônico (Equação IV).

Por sua vez, essa nova molécula de ácido carbônico se dissocia, e o carbonato **CO₃²⁻** liberado reage com a água, produzindo mais duas moléculas de **OH-** e novamente ácido carbônico (Equação V).

Ao final dessas reações, pode-se observar que, no total, foram liberados 2 íons de **H+** e 3 íons de **OH-**.

E é assim que essa sequência de reações transforma a água do mar em uma **solução tampão**, capaz de manter o pH do oceano constante, em torno de 8.

Equação I:



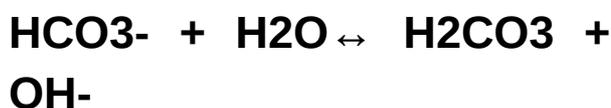
Equação II:



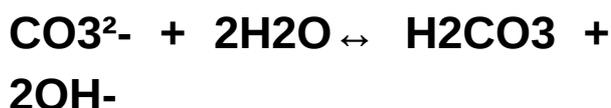
Equação III:



Equação IV:



Equação V:



Apesar das reações serem suficientes para manter o pH equilibrado, tem-se observado que o aumento das emissões de **CO₂** por queima de combustível fóssil, tem acarretado, também, maior entrada desse gás no oceano, provocando desequilíbrio nas reações citadas, reduzindo a capacidade tamponante do oceano e alterando os valores de pH, tornando a água cada vez mais ácida.

Sendo assim, avaliar os impactos das ações antrópicas no meio é fundamental para compreender os desequilíbrios causados por essas atividades e suas consequências, tanto para o ambiente marinho, quanto o terrestre.

4.6 Poluição marinha

Ao fazer uma radiografia dos dias atuais, percebe-se que o crescimento demográfico acentuado e a intensa urbanização tem, infelizmente, tornado a poluição marinha cada vez mais constante.

Caminhar pela praia em dia ensolarado pressupõe encontrar diversas embalagens plásticas e outros resíduos jogados na areia, pisar em manchas de óleo, ou ainda suportar o mau cheiro proveniente de esgoto sem tratamento adequado.

Tem também aumentado muito a frequência de notícias impactantes sobre animais marinhos feridos ou mortos por objetos abando-

nados por banhistas, como mostra a Figura 2.59.



Fig. 2.59 - Foca aparece com um frisbee quebrado preso ao pescoço. A mancha de sangue evidencia o sofrimento causado pelos ferimentos. (Foto: Friends of Horsey Seals)

A **poluição marinha** é definida pela UNESCO como *“a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou energia no ambiente marinho, e que resultem em efeitos deletérios, tais como danos para os recursos vivos; perigo para a saúde humana; obstáculo para as atividades marinhas, incluindo a pesca; diminuição da qualidade da água do mar ou das amenidades”*.

Quando pensamos sobre esse assunto, a primeira imagem que vem à mente é o

plástico, porém ele não é o único "vilão" do oceano. Outras substâncias tóxicas ao ambiente marinho também contribuem para sua destruição.

De maneira geral, os principais poluentes marinhos são os esgotos domésticos, petróleo e derivados, metais, materiais radioativos, poluentes orgânicos e lixo marinho.

4.6.1 Esgotos domésticos

Os esgotos domésticos são compostos por dejetos humanos, restos de alimento, água e compostos químicos utilizados em indústrias e domicílios.

A maior parte das descargas são feitas em córregos e canais e tem as praias como seu destino final (Figura 2.60).

Apesar de parte desse material ser filtrado em estações de tratamento, foi constatado que dali são retirados apenas resíduos sólidos grosseiros, sendo que os de-

mais dejetos (inclusive os tóxicos) seguem até serem despejados no mar.

Assim ocorrendo, esse procedimento é responsável por prejudicar os ecossistemas marinho e costeiro e gerar problemas de saúde pública.



Fig. 2.60 - Moradores da região denunciam esgoto clandestino em praias de Jaboatão dos Guararapes (PE) - Coletivo Salve Barra de Jangada. (Fonte: encurtador.com.br/zXY06)

4.6.2 Petróleo e derivados

O petróleo é um recurso natural não renovável, considerado a principal fonte de energia da atualidade e, também, um dos maiores agentes poluidores do ambiente marinho.

Quando ocorre derramamento de óleo no oceano,

provocado por acidente com navios petroleiros, em plataformas marítimas, ou explosões de poços de petróleo, por exemplo (Figura 2.61), além do grande transtorno e prejuízo econômico, provoca dano seríssimo ao meio ambiente e organismos que ali vivem.

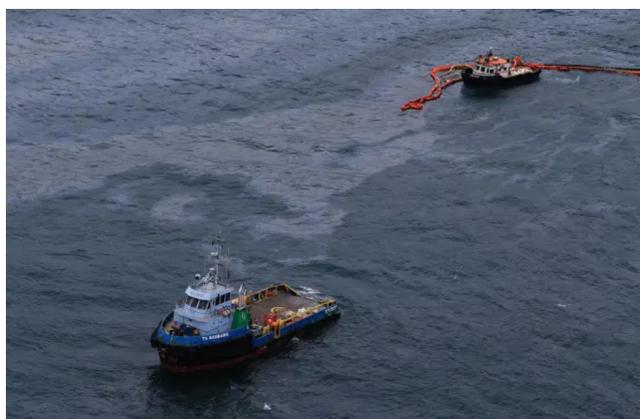


Fig. 2.61 - O petróleo que vazou no mar do litoral norte do Rio Grande do Sul em 2016 era transportado por navios. (Foto: Jefferson Botega/Agência RBS/Folhapress)

Ao entrar em contato com a água, esse composto sofre diversas transformações químicas, físicas e biológicas. Esse processo é denominado **intemperismo** e está ligado à quantidade de óleo derramado, suas características físico-químicas, condições climáticas e dinâmica oceanográfica local, e seu destino

final.

As etapas pelas quais o óleo pode passar, no processo de intemperismo (Figura 2.62) são:

1. Espalhamento: controlado pela tensão superficial e pela viscosidade do óleo. É o responsável pela criação da mancha e pela indução dos outros processos intempéricos.

2. Evaporação: é influenciada pela taxa de espalhamento, pelas condições climáticas e oceanográficas. Consiste em transformar os compostos leves e médios do óleo, da fase líquida para a gasosa, liberando-os, depois, na atmosfera.

3. Dispersão: é a desagregação das manchas menores que continuam suspensas na coluna d'água. É responsável pelo desaparecimento da mancha.

4. Emulsificação: é a etapa de mistura do óleo com a água do mar que torna a mancha mais viscosa e per-

sistente, além de aumentar seu volume. Esse processo dificulta a ocorrência de outros que poderiam eliminar a mancha da água.

5. Dissolução: dependente da composição do óleo, das condições climáticas e do local, é o responsável pela separação das substâncias entre as fases oleosa e aquosa.

6. Oxidação: é dependente da composição química inicial do óleo e das reações controladas pela exposição à luz solar. Essa etapa pode ter efeitos positivos (ao tornar-se um produto mais solúvel que o original), ou negativos transformando-se em produto

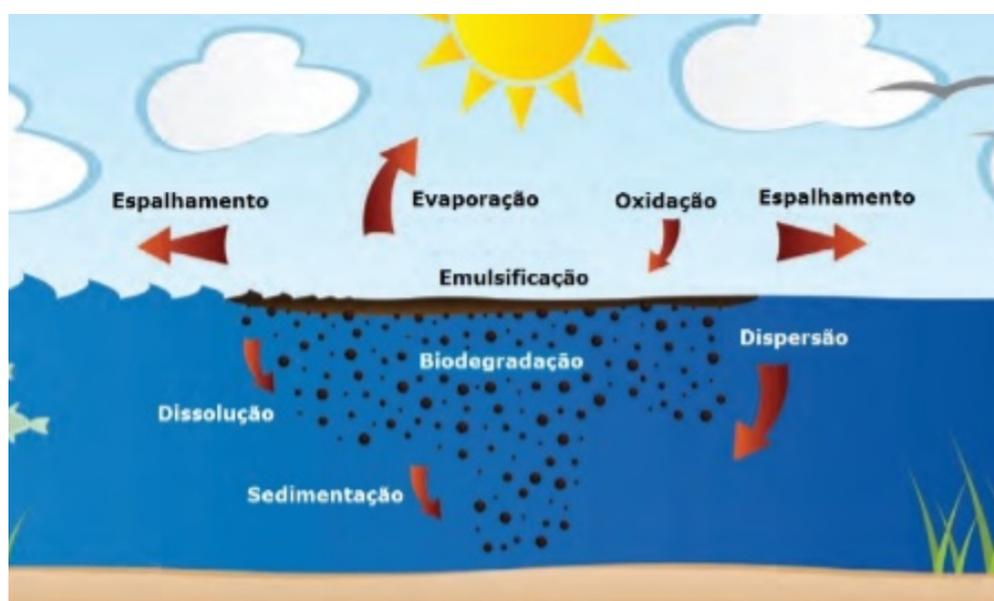
menos solúvel e, assim, chegar às praias, contaminando toda a região.

7. Sedimentação: etapa em que o óleo pode afundar na bacia oceânica. Não é, contudo muito frequente, pois poucos tipos de óleos biodegradáveis são mais densos que a água.

8. Biodegradação: ocorre quando o óleo é degradado pela ação de bactérias e outros organismos marinhos. Essa etapa, depende da composição do óleo, da temperatura e da disponibilidade de oxigênio e nutrientes como nitrogênio e fósforo.

De modo geral, podemos classificar os efeitos do vaza-

Fig. 2.62 - Processos de intemperismo de óleos em ambiente marinho (adaptado de ITOFP). (Fonte: <https://www.marinha.mil.br/combate-ao-oleo/informacoes-sobre-o-oleo>. Acesso 24 de junho de 2021)



mento de petróleo e de seus derivados no mar em **suble-tais e letais**.

O último é consequência, por exemplo, do recobrimento do corpo por óleo, seguido de asfixia. Mas também pode ocorrer, porque o vazamento destruiu as fontes alimentares das espécies afetadas.

Por isso é fundamental que esse óleo seja retirado o mais rápido possível da água, evitando, assim, perdas irreparáveis para o ecossistema.

4.6.3 Metais

Os metais são compostos naturais, estáveis e originados da crosta terrestre.

Por ter caráter persistente no ambiente, não conseguem ser destruídos por nenhum processo químico ou biológico, e seu uso desordenado pelo setor industrial, aliado ao descarte inadequado em esgotos, faz com que se tornem um dos maiores poluentes do oceano (Figura 2.63).

Quando as micropartícu-

las de metais pesados chegam ao oceano, inicialmente ficam em suspensão nas águas superficiais, e acabam sendo consumidas pelo zooplâncton.

Como estes, por sua vez, servem de alimento para animais maiores, acabam **biomagnificando** o efeito dos metais nas teias tróficas marinhas, contaminando até mesmo os predadores do topo.



Fig. 2.63 - Contaminação por metais pesados no Rio Tietê (SP). (Foto: Eduardo Knapp/Folhapress)

4.6.4 Materiais radioativos

Como visto anteriormente, o oceano vem sendo usado como depósito de rejeitos, dentre eles, materiais radioativos que, desde 1950, estão incluídos na lista de potenciais poluentes.

Conhecidos por **radionu-**

clídeos, esses elementos chegam ao mar devido a testes com artefatos nucleares, acidentes, efluentes de reatores e usinas nucleares e pelo descarte inadequado desses materiais no oceano (Figura 2.64).

Os radionuclídeos lançados ao ambiente marinho podem ser dispersos, diluídos, redistribuídos e, por fim, acumulados em compartimentos específicos do ecossistema.

Sabe-se da existência de mais de 200 tipos de materiais radioativos no oceano. Os principais são o cézio-137 e o estrôncio-90, dois compostos com alto rendimento de fissão e meia-vida longa, de aproximadamente 30 anos.



Fig. 2.64 - O submarino soviético K-159 foi descartado ainda contendo elementos radioativos. (Foto: Bellona Foundation)

Por possuírem características químicas semelhantes à do potássio e do cálcio, esses radionuclídeos tendem a acompanhá-los em processos biológicos, alojando-se em músculos e ossos de organismos marinhos.

4.6.5 Poluentes orgânicos

Os poluentes orgânicos persistentes são compostos sintetizados pelo homem, muito estáveis, pouco solúveis em água e muito solúveis em gordura, o que faz com que se bioacumulem nos organismos marinhos e sejam transferidos pelos níveis tróficos das teias alimentares.

Estes compostos chegam ao oceano por meio da drenagem urbana ou transporte atmosférico, e têm efeitos tóxicos crônicos que podem causar distúrbios hepáticos e afetar o sistema imunológico e reprodutivo dos organismos (Figura 2.65).

Os mais conhecidos são os **bifenilos policlorados**

(**PCBs**), muito utilizados pelas indústrias como fluidos isolantes em capacitores e transformadores; e os **pesticidas organoclorados**, como o **DDT** e **BHC**, muito utilizados como pragicidas.



Fig. 2.65 - Orcas são envenenadas por PCBs há 40 anos e correm risco de morticínio de até 50% das espécies. (Foto: [phys.org/news/.](http://phys.org/news/))

4.6.6 Lixo marinho

Por fim, o "protagonista" da poluição oceânica, o **lixo marinho**.

Trata-se de qualquer resíduo sólido (fabricado ou transformado), jogado no oceano (Figura 2.66).

A maior parte do lixo marinho é constituída por **plástico** que, além de ameaçar os ecossistemas, também impactam a saúde humana, a economia e as finanças públicas.



Fig. 2.66 - Lixo encontrado no mar. (Foto: Shutterstock)

O plástico é um polímero orgânico sintético originado do petróleo, que possui comportamento versátil, fácil manuseio e baixo custo de produção, o que o torna uma das principais matérias-primas de diversos produtos.

A durabilidade faz parte de suas características, já que ele pode permanecer no ambiente por cerca de 400 anos. Essa também é a principal razão de sua predominância como elemento poluidor do ambiente marinho.

Estima-se que são abandonadas no oceano, anualmente, 8 milhões de toneladas desse material. Ocorre com embarcações que fazem o descarte inadequado de materiais de pesca; por rios e

esgotos de áreas urbanizadas que possuem baixa taxa de reciclagem e sistema de coleta insuficiente; ou diretamente das mãos de pessoas que visitam praias e deixam na areia as embalagens dos produtos consumidos.

Um dos componente desse material poluente é o microplástico (Figura 2.67), pequena partícula presente, por exemplo, em roupas de poliéster; cosméticos e produtos de higiene; tintas látex e acrílicas. E, normalmente, é descartado em águas residuais domésticas; por indústrias (muitas vezes de forma incorreta), ou mesmo em decomposição de outros lixos.



Fig. 2.67 - Microplásticos observados na areia da praia. (Foto: Florida Sea Grant)

Por ser leve e pouco denso, os lixos plásticos podem viajar o mundo inteiro, flutuando em correntes oceânicas, tendo como principal destino as **ilhas de lixo**, localizadas nos cinco principais Giros Oceânicos (Figura 2.68).

Essas "ilhas" são formadas por extensas concentrações de lixo marinho, na sua forma original ou microplásticos, transportadas por correntes (quentes e frias) e aprisionadas nos giros oceânicos.

A maior delas se encontra no Oceano Pacífico Norte (Figura 2.69), e já contabiliza mais de 79 mil toneladas de dejetos, constituídos, em sua maioria, por equipamentos de pesca e microplásticos.

Além da poluição do ambiente, esse lixo é a razão da morte de, por exemplo, 1 milhão de animais marinhos por ano (aves, peixes, tartarugas, etc.), ao ingerirem ou ficarem, de alguma forma, emaranha-

dos nos materiais abandonados.

Então, é preciso atenção especial ao lixo a ser descartado, principalmente se ele for composto por microplástico. Afinal, o que foi abandonado pode voltar de outra forma.

Não podemos nos esquecer de que, quando inserido ao meio, é ingerido por microplâncton (consumidores primários) que integram a base da teia alimentar e segue, passando para outros organismos até chegar ao homem, o topo da cadeia.

O desenvolvimento tecnológico facilitou a vida do ser humano, mas o uso inconsequente do que descarta, pode provocar sua morte. Cientistas apontam que, em 2050, o oceano terá, em termos de peso, mais plástico do que peixes.



Fig. 2.69 - Barco navegando pela Ilha de Lixo do Pacífico. (Foto: <https://shortest.link/2-na>)



Fig. 2.68 - Cinco giros oceânicos no oceano global. (Imagem: Ranker)

5. Oceanografia Biológica

A Oceanografia Biológica se dedica ao estudo de todos os ecossistemas marinhos, a fim de entender como os organismos afetam e são afetados pelos processos físicos, químicos e geológicos do oceano.

Busca compreender, também, a distribuição e os ciclos de vida dos organismos, a estrutura das comunidades, a biodiversidade, a relação entre as espécies, a pesca, a produtividade, a aquicultura, a avaliação do impacto ambiental na biota, sempre visando a ampliar o conhecimento sobre como conservar, preservar e aproveitar os recursos vivos de maneira sustentável.

5.1 Os organismos planctônicos, pelágicos e bentônicos

No ambiente marinho, en-

contram-se organismos pertencentes a, pelo menos, 31 dos 35 filos do reino animal, sendo 13 deles, exclusivamente marinhos.

São compostos por peixes, anfíbios, répteis, aves, mamíferos, poríferos, cnidários, platelmintos, nematelmintos, anelídeos, equinodermos, moluscos, artrópodes, entre outros.

A classificação de organismos aquáticos pode ser feita de diferentes formas:

- a.** Conforme sua forma de nutrição: **autotróficos** (fixam carbono inorgânico; **heterotróficos** (ingerem matéria orgânica); ou **mixotróficos** (dependendo da situação, podem atuar como autotróficos ou heterotróficos);
- b.** Quanto à síntese de compostos orgânicos: **quimiossintéticos** (não dependem da luz solar, e **fotosintéticos**

cos (dependem dela);

c. Capacidade de deslocamento e habitat: **Plâncton** (Figura 2.70) são seres que habitam a coluna de água (também ditos pelágicos) e são transportados pelas correntes, uma vez que possuem capacidade natatória limitada.



Fig. 2.70 - Plâncton observado ao microscópio.

Podem ser subdivididos em: **fitoplâncton** (são os produtores primários, principalmente as algas e cianobactérias); **ictioplâncton** (são ovos, estágios larvais e juvenis de peixes) e o **zooplâncton** (são os consumidores primários, como microcrustáceos, protozoários, rotíferos e estágios larvais de outros organismos, como polvos, lulas,

ouriços).

Nécton são os animais que, assim como o plâncton, vivem na coluna d'água, porém possuem capacidade natatória suficiente para se deslocar independentemente das correntes oceânicas, graças a órgãos de locomoção (nadadeiras, apêndices, e outras adaptações hidrodinâmicas). Como exemplo, temos os peixes, mamíferos marinhos (Figura 2.71), moluscos, répteis e crustáceos.



Fig. 2.71 - Família de golfinhos nadando na zona pelágica.

Bentos é a comunidade de organismos que vive fixado, se arrastam ou nadam muito próximo ao substrato de ambientes aquáticos.

No oceano podem ser encontrados em zona entrema-

rés (conhecida como litoral), infralitoral, batibentônica (zona costeira), abissobentônica e hadobentônica (zona profunda).

Os seres que fazem parte dessa classificação, ainda podem ser subdivididos de quatro maneiras:

a. Quanto ao tipo de organismo: **fitobentos** (Reino Vegetal), ou **zoobentos** (Reino Animal);

b. Quanto ao tamanho: **microbentos** (menores que 0,063mm), **meiobentos** (entre 0,063 e 0,5 mm), **macrobentos** (entre 0,5 mm a 10 mm) ou **megabentos** (maiores de 10 mm);

c. Quanto à posição que se encontram no substrato: **infauna** (escavam ou ficam enterrados no substrato), **epifauna** (vivem ou se deslocam sobre o substrato);

d. Quanto ao tempo que passam no fundo: **pelágicos** (passam uma fase ou a totalidade da vida sem contato com o substrato) (Fig. 2.72);

demersais (passam a maior parte da vida em contato com o substrato) (Figura 2.73).



Fig. 2.72 - Cardume de sardinhas (peixes pelágicos).



Fig. 2.73 - Arraia, organismo demersal, se camu-flando nos corais.

5.2 Os ecossistemas marinhos

Os **ecossistemas marinhos** são ambientes que sofrem influência do oceano e abrigam uma enorme biodiversidade.

A seguir, serão apresentados, de maneira mais aprofundada, quinze desses ambientes.

5.2.1 Praias e Restingas

As **praias e restingas** são ecossistemas localizados no encontro do oceano com a terra. Aí vivem diversas espécies de animais, plantas, e boa parte da população humana.

Essas áreas surgiram há milhares de anos, quando o nível do mar recuou e, a partir daí, continuam em constante transformação até os dias de hoje.

Ocupam 79% da costa brasileira, com as principais formações no litoral dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia.

Podem ser divididas em quatro tipos, conforme a composição do solo e a influência das marés (Figura 2.74): praias arenosas; vegetação herbácea; arbustiva; arbórea inundável e mata seca.

As praias arenosas (Figura 2.75) são influenciadas por ondas e marés que removem constantemente o sedimento.

Possuem vegetação composta por espécies rasteiras e herbáceas, adaptadas a locais com salinidade elevada, exposição direta a raios solares, ventos, intensa variação de temperatura e falta de nu-

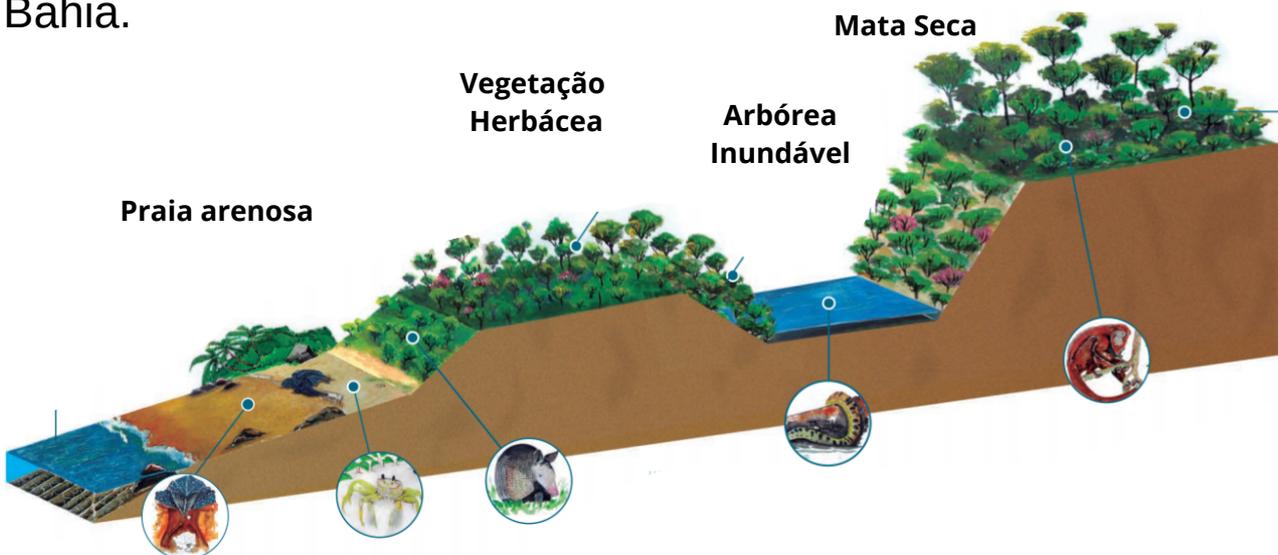


Fig. 2.74 - Representação da formação de praias e restingas e as principais espécies encontradas em cada uma. (Fonte: REDE BIOMAR (org.). Manual de ecossistemas marinhos e costeiros para educadores. Santos: Comunicar, 2016. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/ManualEcossistemasMarinhoseCosteiros3.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2021)

trientes do solo arenoso.

Animais como tartarugas marinhas, normalmente, utilizam essas zonas como berçário.

São, também, locais de moradia, atividade econômica (captura de crustáceos e moluscos), lazer, educação e prática de esportes.



Fig. 2.75 - Foto de uma linda praia arenosa.

Vegetações herbáceas e arbustivas (Figura 2.76) são zonas que normalmente não chegam ao alcance do mar, mas são influenciadas pela maresia, ventos, insolação e falta de nutrientes do solo e da água.

Diversos animais migratórios residem nessa área, como: aves, cobras, lagartos, tatus, saguis e outros mamíferos.

A vegetação tem aspecto denso e ressecado, apresentando um emaranhado de ramos, espinhos e folhas.



Fig. 2.76 - Vegetação arbustiva encontrada no Rio de Janeiro. (Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/547257792224282694/>).

As zonas arbóreas inundáveis (Figura 2.77) são úmidas e alagadas, devido ao acúmulo de água de chuva ou afloramento do lençol freático, e estão localizadas entre dunas ou bordas de lagoas.

Sucuris, jacarés e aves (migratórias e residentes) habitam essa região e utilizam a água para se alimentar e reproduzir.

A **mata seca** (Figura 2.78) é marcada pela transição entre a vegetação continental mais antiga e as restingas.

Nessa região as variações



Fig. 2.77 - Zona arbórea inundável.
(Fonte: Acervo Peld-Maua e Luciete Pedrosa).



Fig. 2.78 - Habitat de restinga na praia de Itaguapé, Bertioga, SP.
(Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Usu%C3%A9rio:Miguelrangeljr>)

do clima são mais amenas, o solo possui mais nutrientes e é mais fértil do que outros ambientes.

É habitada por aves, répteis, raposas, primatas e animais que também podem ser encontrados em outras formações.

As espécies de animais e plantas que habitam as restingas passaram por adapta-

tações que lhes permitiram suportar a instabilidade da temperatura, ventos fortes, salinidade, escassez de água e a instabilidade do solo, entre outros fatores.

Folhas crespas e resistentes, caules duros, retorcidos e raízes fortes, com capacidade de se fixar no solo arenoso, são as principais características da vegetação dessas formações.

Os animais, por sua vez, exercem papel fundamental na manutenção do ambiente, já que atuam como principais polinizadores e dispersores de sementes.

Trata-se de um ecossistema complexo e importante, estabelecido, graças a relações de facilitação e inibição entre espécies vegetais e animais. Portanto, qualquer modificação pode acarretar consequências desastrosas e irreversíveis ao ambiente.

5.2.2 Costão Rochoso

O costão rochoso locali-

za-se no encontro do mar com as rochas. É constituído por afloramentos rochosos estruturados, como paredes verticais que podem se estender por vários metros, abaixo ou acima do nível do mar, ou rochas fragmentadas.

Está presente no litoral brasileiro, principalmente no Sul e Sudeste, onde se encontra a cadeia montanhosa da **Serra do Mar**, mais próxima do Oceano Atlântico (Figura 2.79).

O ambiente é formado por enorme diversidade de espécies marinhas, incluindo invertebrados e algas (que se fixam na rocha para se abrigar das ondas e correntes); crustáceos (como, cracas) e caranguejos; moluscos (ostras, mariscos e caramujos); pepinos-do-mar; ouriços; estrelas; anêmonas, entre outros.

Por conta da constante variação das marés, os organismos que ali vivem, possu-



Fig. 2.79 - O Parque Estadual Serra do Mar, com 332 mil hectares, protege um segmento importante de Mata Atlântica, ao longo da serra que lhe dá nome e da costa de São Paulo, desde a divisa com o Rio de Janeiro até o litoral sul do estado.

(Fonte: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/parque-estadual-serra-do-mar-comemora-43-anos-de-fundacao/>)

em adaptações que lhes permitem sobreviver ao alternar períodos em que ficam submersos, e outros, mais longos, fora da água.

Os que não apresentam esse tipo de adaptação, são encontrados nas zonas mais profundas, criando a chamada **zonação** (divisão de organismos de acordo com estratos específicos (Figura 2.80). As zonas existentes são:

Supralitoral: região permanentemente fora d'água, onde vivem as espécies mais adaptadas à falta desse líqui-

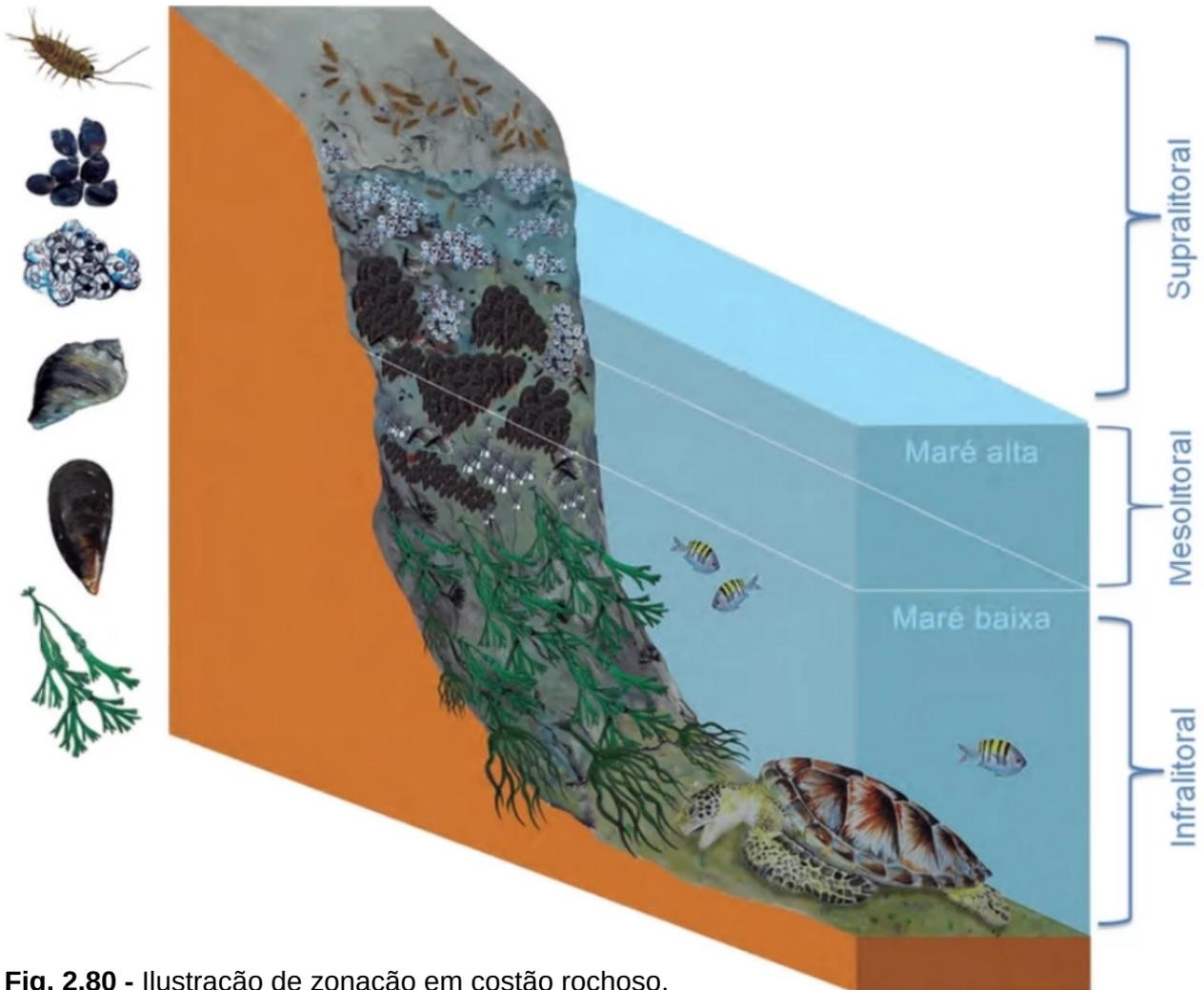


Fig. 2.80 - Ilustração de zonização em costão rochoso.

(Fonte: adaptado de Manual de Ecossistemas Marinhos e Costeiros para Educadores, Rede Biomar, 2016.)

do, como os caramujos e baratas-da-praia.

Mesolitoral: região entre-marés que fica exposta durante os períodos de maré baixa e submersa nos de maré alta. Aí podem ser encontrados: cracas (na parte superior) e mexilhões, quítons, moluscos gastrópodes, algas (na parte inferior).

Infralitoral: zona que está

sempre submersa, habitada por algas, ouriços-do-mar, caranguejos e camarões.

5.2.3 Estuários e Manguezais

São ecossistemas muito importantes (Figura 2.81), encontrados em regiões de transição entre o ambiente marinho e o terrestre, sofrendo, em vista disso, influência

da água do mar e de águas continentais.

Uma das principais características desses ambientes é a variação da salinidade que depende das condições de marés enchentes ou vazantes.

Estuários (Figura 2.82) são áreas abrigadas, onde os rios desaguam no mar, transportando alta quantidade de nutrientes e matéria orgânica, favorecendo, assim, o desenvolvimento dos organismos fotossintetizantes.

Os sedimentos finos trans-

portados pelos rios se acumulam ao desaguiarem no mar, dando origem a áreas rasas, de fundo lamoso, ricas em matéria orgânica, que servem de abrigo para peixes pequenos e juvenis, de espécies maiores.

Do ponto de vista econômico e ecológico, são ambientes importantes, já que servem de habitat, área de alimentação e reprodução de diversas espécies comercialmente relevantes.

Manguezais são ecossistemas localizados em encos-

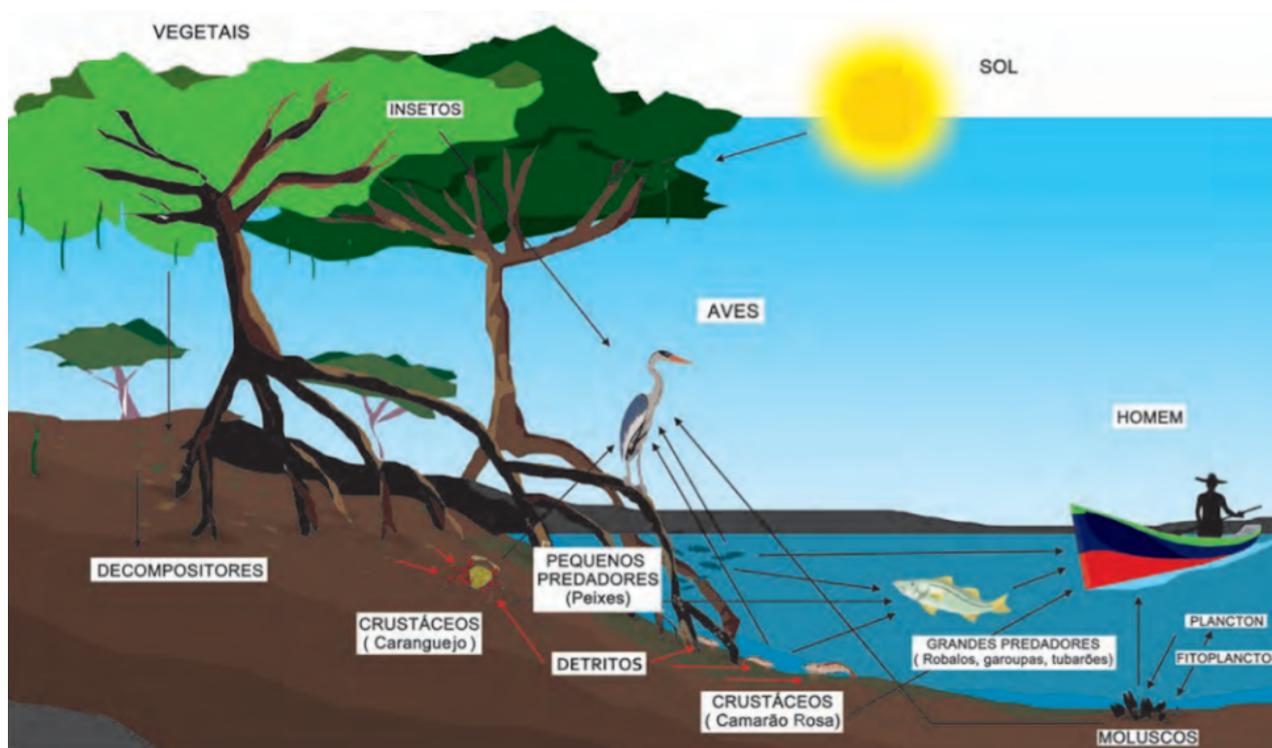


Fig. 2.81 - Ilustração do ciclo trófico de manguezais e estuários. (Fonte: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/ManualEcossistemasMarinhosCosteiros3.pdf>)



Fig. 2.82 - Conexão do Canal dos Molhes da Barra com o oceano (Laguna- SC).

(Fonte: <https://turismo.laguna.sc.gov.br/o-que-fazer/item/molhes-da-barra-o-quebra-mar>)

tas de estuários, sobretudo em regiões tropicais e subtropicais.

O Brasil possui a segunda maior área de manguezais do mundo, ocupando trechos que vão desde o Amapá até Santa Catarina.

A principal característica é a presença do Mangue (região com árvores adaptadas para suportar variações de salinidade - halófitas).

As zonas dos manguezais são classificadas de acordo com as espécies de árvores ali encontradas:

Mangue vermelho (*Rhizophora mangle*. Figura 2.83);

Mangue branco (*Laguncularia racemosa*. Figura 2.84);

Mangue preto (*Avicennia* sp. Figura 2.85);

Mangue de botão (*Conocarpus erectus*. Figura 2.86).



Fig. 2.83 - Mangue vermelho



Fig. 2.84 - Mangue Branco



Fig. 2.85 - Mangue Preto



Fig. 2.86 - Mangue de botão. (Fonte: <https://www.mundoecologia.com.br/natureza/mangue-de-botao-conocarpus-erectus-caracteristicas/> Acesso em: 27 de junho de 2021.)

Essas zonas atuam como barreira de proteção da linha de costa e das margens dos rios, uma vez que a vegetação ali presente bloqueia os ventos e fixa o sedimento entre as raízes, criando um leve declive que absorve a energia das correntes de maré, impedindo, assim, a erosão e estabilizando a costa.

Ademais, são um enorme berçário e criadouro para grande número de espécies aquáticas e terrestres, como o peixe-boi-marinho, camarões e aves (Figura 2.87), além de fornecer abrigo para outras espécies, como o caranguejo-uçá, ostras, tainhas



Fig. 2.87 - Guarás que podem ser encontrados nos manguezais.

(Foto: Rudimar Narciso Cipriani)

e robalos.

De maneira sustentável, são usados para atividades como pesca esportiva e de subsistência, cultivo de ostras e plantas ornamentais, criação de abelhas para a produção de mel, turismo, recreação e pesquisas científicas.

Entretanto, os manguezais, assim como todos os outros sistemas, vêm sofrendo alterações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, devido a poluentes marinhos; assoreamento; mudança de curso dos rios; por terem a área transformada em aterro; por queimadas; desmatamento, ou se-

rem usados como área de pesca predatória.

5.2.4 Gramas Marinhas

Os **bancos de gramas marinhas** são grandes pradarias submersas e podem ser encontrados em todos os continentes, exceto na Antártica.

Sua origem ocorreu há milhares de anos, quando plantas terrestres, depois de um processo de adaptação, conseguiram sobreviver imersas na água. Por isso, possuem características semelhantes às originárias, como flores, sementes e raízes.

A reprodução acontece por polinização e liberação de sementes, originadas quando flores-macho liberam o pólen na água, fertilizando as flores-fêmeas.

As sementes, por sua vez, são liberadas e carregadas por correntes marinhas até novas áreas, onde afundam e germinam.

Esse ecossistema tam-

bém é constituído por organismos como pequenos crustáceos (Figura 2.88), peixes juvenis e moluscos (incluindo espécies com valor comercial), além de outros animais que usam as gramas marinhas como fonte de alimento.



Fig. 2.88 - Caranguejo que habita um banco de grama marinha. (Foto: sciencemag.org)

São locais de produção de oxigênio, que absorvem nutrientes e, com as suas raízes, retêm partículas venenosas, estabilizando, assim, os sedimentos.

Também auxiliam o controle do aquecimento global por sequestrarem o gás carbônico atmosférico.

5.2.5 Marisma

Marisma (Figura 2.89) ou “**pantano salgado**”: trata-se

de ambiente que sofre grande estresse de temperatura e salinidade (normalmente é hipersalino), formado por angiospermas herbáceas adaptadas a essas variações.



Fig. 2.89 - Manguezal (ao fundo) e marisma (à frente) são dois ecossistemas costeiros que servem como barreira protetora a tempestades tropicais e extratropicais.

(Foto: Charlier-Sarubo/Cananéia (SP)).

Está presente em médias e altas latitudes, em locais com relevo pouco expressivo, em geral, em planícies ou depressões alagadas. No Brasil podem ser encontrados em estuários, lagunas e ao longo da costa de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.

Esse ambiente sofre constante inundação de marés ou descarga fluvial, por isso, a-

presenta fundo lamoso e se mantém relativamente estável, graças às raízes das plantas.

É rico em matéria orgânica, dando suporte a alta produtividade primária, além de colaborar para atenuar processos erosivos costeiros.

Também oferece abrigo para juvenis de diversas espécies de crustáceos, moluscos e peixes comerciais e local de repouso de aves migratórias.

5.2.6 Planície de Maré

Planície de maré é uma área lamosa ou arenosa, acima da maré mais baixa que, por sofrer influência da maré alta, passa períodos submersa.

São encontradas em regiões protegidas, ao longo da costa, onde a ação de ondas é insignificante.

Pode ser dividida em três zonas, de acordo com as oscilações das marés (Figura 2.90):



Fig. 2.90 - Fotos mostram o mesmo local durante a preamar (A) e a baixa-mar (B).

(Fonte: FUSHIMI, Melina. DINÂMICAS AMBIENTAIS NA PLANÍCIE DE MARÉ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS CACHORROS, ILHA DO MARANHÃO (MA). 2020. 10 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Geográfica, Procad Amazônia Uema-Unicamp-Ufpa, Bauru, 2020. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIV_3/agb_xxiv_3_web/agb_xxiv_3-09.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.)

Supramaré: região permanentemente exposta, mas periodicamente inundada por marés e água de tempestade. Biologicamente caracterizada por estruturas algais, sua porosidade está associada à liberação de gás nas esteiras microbianas;

Intermaré: região coberta na maré alta e exposta na baixa-mar;

Inframaré: zona quase sempre submersa. É habitada por organismos que suportam condições extremas de hidra-

tação e salinidade.

5.2.7 Poças de maré

Poças de maré são "piscinas" formadas pela água do mar, represada em pequenas porções rochosas ou depressões (Figura 2.91) durante a descida das marés.

Em um período específico do ciclo de maré, a água remanescente fica sujeita à evaporação e conseqüente aumento da salinidade e calor. Ocorrem, então, diversas alterações dos parâmetros fí-

sico-químicos, criando um “microclima”.

Quando a maré sobe, se religam ao mar, tornando-se sujeitas à ação das ondas e turbulências.



Fig. 2.91 - Poças de maré durante o dia.
(Fonte: <https://pt.vecteezy.com/foto/1862111-pocas-de-mare-azul-durante-o-dia>)

É um habitat específico de numerosas espécies de peixes, servindo como criadouro de larvas e juvenis de várias espécies, adaptadas a variações de temperatura, salinidade, dissecação e depleção de oxigênio.

5.2.8 Dunas

Caracterizadas como pequenas elevações, as dunas são a estabilização de montes de areia fina, transportada por ventos provenientes do

mar.

As formações mais antigas podem sustentar uma vegetação de gramíneas e plantas rasteiras (Figura 2.92).

Servem como barreira natural à invasão da água do mar e da areia, em áreas interiores e balneários. Também protegem o lençol de águas interioranas, evitando a entrada da água do mar.



Fig. 2.92 - Dunas cobertas pela vegetação.
(Fonte: <https://www.sesimbra.pt/evento-32/as-dunas>)

5.2.9 Recifes de Corais

Os **recifes de corais** (Figura 2.93) são ecossistemas marinhos formados por algumas espécies de corais (cnidários), capazes de secretar exoesqueleto calcário. Quando se juntam a algas calcárias, produzem finas lâminas

de carbonato de cálcio que se acumulam, cimentando a estrutura do recife.

Esses organismos possuem um ciclo de vida, isto é, nascem, se desenvolvem e morrem, dando espaço para que outros repitam o processo.

Ao morrer, seu esqueleto continua preso à estrutura recifal, contribuindo, assim, para a formação de um ambiente que vai se elevando no fundo do mar e que possui túneis, tocas, cavernas, áreas claras e escuras, batidas e abrigadas, rasas e fundas e fundos de lama ou areia.

Devido à grande variedade de ambientes, é o ecossistema com maior biodiversidade marinha e uma das maiores estruturas, capaz de abrigar, por exemplo, metade das espécies de peixe do planeta.

Estão localizados na região fótica dos mares tropicais, sob forte ação de ondas e grande disponibilidade de alimento e oxigênio dissolvi-



Fig. 2.93 - Recife de Coral habitado por algumas espécies de algas.

do na coluna d'água.

Vivem em locais rasos, de alta densidade, com águas claras, mornas e ricas em nutrientes.

A maioria vive em simbiose com algas unicelulares fotossintéticas, chamadas zooxantelas, alojadas no interior de seus tecidos.

Elas recebem matéria orgânica do coral e um habitat seguro para se fixarem; em contrapartida, fornecem quase todo o oxigênio de que ele

precisa, além de prover sua bela coloração.

A presença de recifes na costa oeste das Américas e da África é restrita ou ausente, por conta da **ressurgência** e das fortes correntes de água fria que reduzem a temperatura dessas áreas.

Também são escassos na costa sul asiática do Paquistão, até Bangladesh e ao longo da costa nordeste da América do Sul, devido ao grande aporte de águas interiores, vindas do rio Ganges e do Amazonas.

Além da sobrepesca, um dos maiores problemas enfrentado por esses ambientes é o **branqueamento dos corais** (Figura 2.94), provocado pela morte das zooxantelas.

Esse processo ocorre, principalmente, devido ao aquecimento das águas, desastres locais com derramamento de produtos químicos, diminuição da salinidade, ou assoreamento de recife.

São de extrema impor-

tância para os seres humanos, pois abrigam muitas espécies que fazem parte de sua alimentação, possuem valor comercial, protegem a costa contra a ação das ondas, são geradores de renda (pesca) e atrativo turístico.

Além disso, são fontes de pesquisa de muitas substâncias usadas na indústria farmacêutica e cosmética.



Fig. 2.94 - Coral que sofreu processo de branqueamento. (Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/branqueamento-corais.htm>)

5.2.10 Bancos de Rodolitos

Constituídos por acúmulo de algas calcárias não articuladas que agem como "cimentadoras" nas construções dos recifes de corais, protegendo o ambiente contra a ação erosiva das ondas.

Compreendem mais de mil espécies e ocorrem em todos os oceanos, principalmente em locais de alta produtividade e herbivoria.

O Brasil possui as maiores extensões de bancos de **rodolitos** do mundo (Figura 2.95). Apenas em Abrolhos (BA), os bancos ocupam mais de 20 mil quilômetros quadrados.



Fig. 2.95 - Banco de Rodolitos (Ilha da Trindade). (Fonte: <https://www.flickr.com/photos/rodolitos/9016459379>)

As algas desse ambiente são como rochas vivas ou coralináceas incrustantes e

crescem lentamente podendo atingir 25 cm de comprimento.

Os nódulos formam um recinto com diversos microambientes, responsáveis por sua biodiversidade e por possuir recursos naturais renováveis, uma vez que diversas espécies encontram ali locais para reprodução e abrigo de predadores.

As rochas vivas também podem ter relativa participação no balanço global do carbono, já que, para formarem sua estrutura, precisam absorver carbono atmosférico.

5.2.11 Recifes de Profundidade do Talude Continental

Os Recifes de Profundidade do Talude Continental (Figura 2.96) são parecidos com os recifes de corais, porém em locais de maior profundidade e adaptados às condições oceanográficas ali encontradas.

São formados por corais conhecidos como "organismos"

mos engenheiros", pois criam estruturas complexas e tridimensionais que servem de abrigo, proteção e alimento a outros organismos.

Esses ecossistemas podem ser encontrados em várias partes do mundo, inclusive Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil.

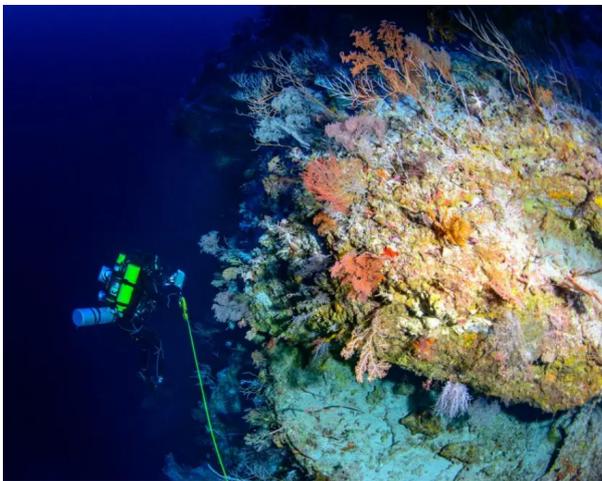


Fig. 2.96 - Pesquisador em recife mesofótico de Pohnpei, na Micronésia. (Foto: Luiz Rocha/California Academy of Sciences)

5.2.12 Ambiente Pelágico

É a região de mar aberto que se estende abaixo da zona de influência das marés até o alto-mar, e abriga organismos que não dependem dos fundos marinhos, também conhecidos como **ben-tônicos**. (Figura 2.97).

Trata-se de ambiente economicamente muito importante, pois é área de atividade pesqueira, exploração de petróleo e gás natural, além de navegação recreacional e comercial.

5.2.13 Ambientes Abissais

Os Ambientes Abissais são as zonas mais profundas do

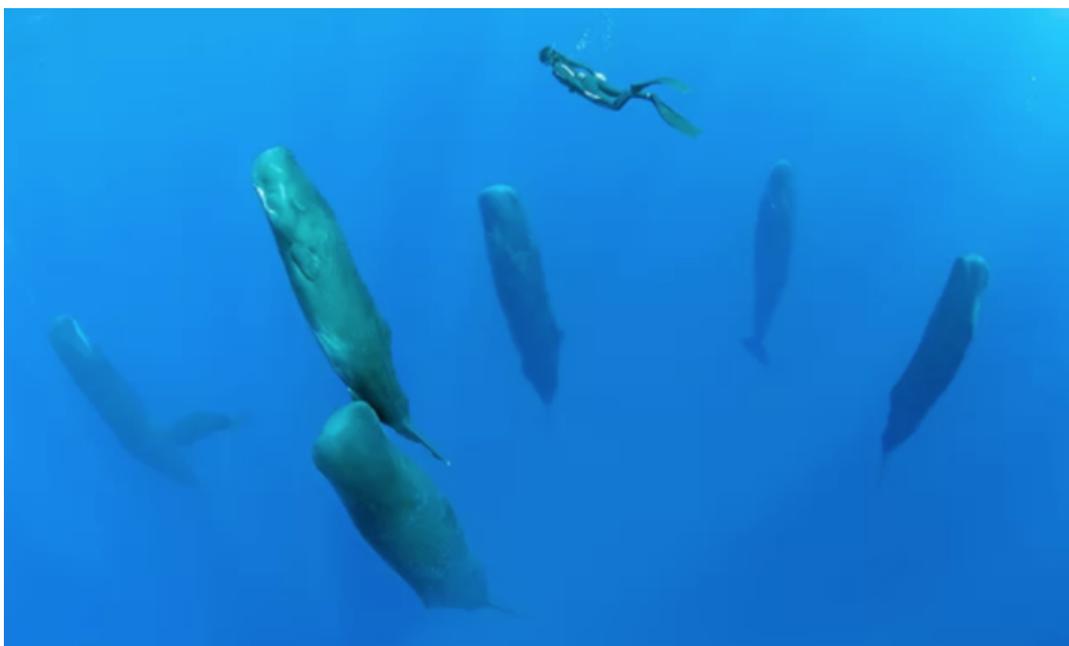


Fig. 2.97 - Baleias Cachalotes dormindo na vertical. (Fonte: <https://pt.quora.com/Por-que-as-baleias-dormem-na-vertical>)

do oceano (entre dois mil e seis mil metros de profundidade), onde a luz não chega e a pressão é muito elevada.

Ocupam 83% do fundo oceânico e abrigam espécies que possuem diversas adaptações que permitem a sobrevivência sob alta pressão e falta de luminosidade.

Dentre as adaptações estão: a **bioluminescência** (capacidade que certos organismos têm de emitir luz (Figura 2.98)) e a ausência de alguns órgãos como a bexiga natatória.



Fig. 2.98 - *Aequorea victoria*, espécie bioluminescente que habita o ambiente abissal. (Foto: Lisa Werner / Alamy Stock Photo)

Tais ambientes são marcados por extensas planícies, montes, montanhas e cordilheiras submarinas que alte-

ram as correntes marinhas ou turbulências e criam um ecossistema complexo que concentra alta biodiversidade.

As **fontes hidrotermais** e as frias são os locais de destaque dessa zona, por onde água, minerais e gases (como o metano e outros compostos) são expelidos pela crosta terrestre.

É aí, também, onde habitam as bactérias quimiossintetizantes (compõem a base da teia alimentar) que oxidam o sulfeto de hidrogênio e outras substâncias e podem viver associadas a vermes e moluscos bivalves. Exercem papel parecido ao da fotossíntese de algas de águas rasas.

5.2.14 Ilhas Oceânicas e Montes Submarinos

Ilhas oceânicas são as extremidades de montanhas submarinas que ficam acima da água, e montes submarinos são as montanhas submersas.

Ambos ficam fora da plataforma continental, não possuem contato com o continente, e são formados a partir de processos geológicos construtivos, como o soerguimento do assoalho oceânico, ou a deposição de restos de organismos recifais.

Por estarem geograficamente isolados, possuem características bióticas e abióticas únicas, contribuindo para o surgimento de espécies en-

dêmicas.

A biodiversidade dessas regiões tende a ser menor por conta da limitação do espaço e dos poucos recursos encontrados.

No Brasil, temos ilhas oceânicas nos **Arquipélagos de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo, Trindade e Martim Vaz e no Atol das Rocas** (Figura 2.99).



Atol das Rocas



Fernando de Noronha



Arquipélago de São Pedro e São Paulo



Trindade

5.2.15 Florestas de *Kelp*

As **Florestas de *Kelp*** são formadas por algas castanhas/pardas de grandes dimensões (Figura 2.100), que se fixam em fundos rochosos e crescem verticalmente, podendo atingir até 70 metros de comprimento.

São encontradas em águas costeiras temperadas, frias e ricas em nutrientes, associadas à ressurgência.



Fig. 2.100 - Floresta de *Kelp*. (Fonte: Matt Edwards | SDSU Coastal and Marine Institute SDSU College of Sciences)

O *Kelp* pode ser encontrado na costa sudeste da Austrália, costa oeste dos EUA, da América do Sul e da África do Sul.

refúgio (entre suas lâminas) para vários animais, como a lontra-marinha que se enrola nas algas para não ser arrastada pelas correntes.

Esses ambientes são explorados para fins comerciais, principalmente a extração de **algina**, composto utilizado na fabricação de pneus, e como espessante na indústria alimentícia.

5.3 Cadeias alimentares

São sequências lineares de transferência de energia (luminosa ou química) e biomassa entre organismos de um ecossistema, conectando plantas e animais através de relações presa-predador, definidas de acordo com os chamados níveis tróficos.

Cabe ressaltar que, devido a diferentes interações entre os organismos, essas relações são muito complexas, sendo, por essa razão, mais adequado o emprego do termo teias alimentares para expressar tais sequências.

O processo tem início com os **produtores primários**.

Constituintes do primeiro nível trófico e base da pirâmide alimentar, são organismos muito abundantes e capazes de transformar a matéria inorgânica em orgânica por meio da **fotossíntese** (energia solar) ou da **quimiossíntese** (compostos químicos).

Algas e cianobactérias são exemplos de produtores primários fotossintetizantes, também conhecidos como **fitoplâncton**.

Já em lugares mais profundos do oceano, onde não há luz disponível para a fotossíntese, são as **arqueas** e **bactérias** que fazem o trabalho de captação de energia para produção de material orgânico em compostos como nitrogênio, ferro e enxofre.

Os **consumidores** representam os níveis seguintes, e podem ser divididos em: **herbívoros** (se alimentam de ve-

getais), **carnívoros** (se alimentam da carne de outros animais), e **onívoros** (se alimentam de ambos).

Os **consumidores primários - herbívoros** - compõem o segundo nível da teia. O exemplo mais comum, no ambiente marinho, é o **zooplâncton**, que se alimenta de produtores.

O terceiro nível trófico é constituído por **consumidores secundários**, que se alimentam dos consumidores primários e assim segue sucessivamente. Fazem parte desse grupo pequenos peixes, estrelas-do-mar e outros animais carnívoros ou onívoros.

Por fim, o grupo dos **predadores de topo**, constituído por qualquer organismo que esteja no último nível trófico da teia alimentar, servindo de alimento apenas para os **decompositores**.

As bactérias são as principais decompositoras do oceano. Alimentam-se da de-

composição de detritos e restos mortais de todos os outros seres vivos ao longo dos níveis tróficos (Figura 2.101).

As teias alimentares têm um fluxo de energia que, uma vez interrompido, pode causar desequilíbrio ecológico irreversível.

Quando o segundo nível trófico é esgotado, por razões ambientais ou biológicas, o nível inferior (fitoplâncton) afeta o superior (consumidores primários). É denominado **controle "bottom-up"** ("de baixo para cima").

O **controle "top-down"** ("de cima para baixo"), por

sua vez, age no sentido oposto. Por exemplo, quando os predadores de topo (atuns) são dizimados em pesca predatória, toda a teia trófica é afetada.

O **"wasp-waist"** ("cinturão de vespa"), ocorre quando os consumidores secundários, como as sardinhas, são dizimados. Sem o predador, há aumento do consumidor primário. Nesse ponto, surge uma nova variável: a queda na disponibilidade de alimentos. Com isso, a abundância desse consumidor primário também diminui.



Fig. 2.101 - Representação simplificada de uma cadeia alimentar marinha. (Imagem: Maithê Kapór de Brito.)

E aqui, mais um tópico sobre o qual cabe uma boa reflexão: grande parte desses desequilíbrios são provocados pelo ser humano, o topo de todas as cadeias alimentares (Figura 2.102), na medida em que permite a pesca desenfreada, sem regulamentação, ou com pouca fiscalização. Mas esse assunto será mais explorado no capítulo 6: **Oceanografia Socio-ambiental**.

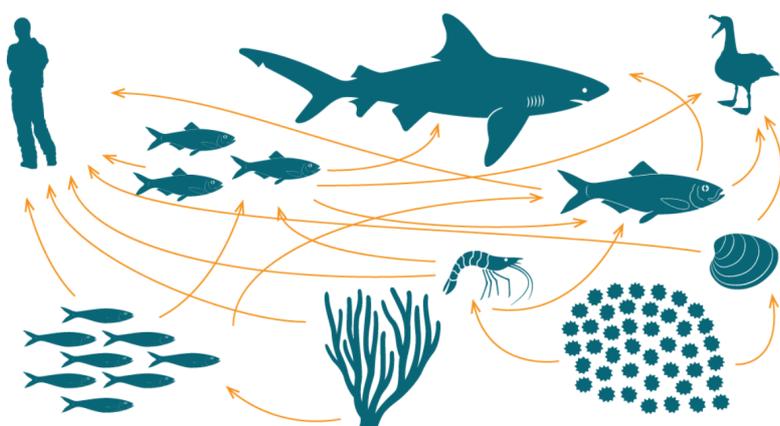


Fig. 2.102 - Representação de teia trófica marinha que mostra o homem como topo de todas as cadeias alimentares. (Fonte: https://www.ciimar.up.pt/cadeiastroficasmarinhas/?page_id=40)

5.4 Produção Primária

A **produção primária** pode ser definida como a síntese da matéria orgânica, a partir de compostos inorgânicos.

É realizada por meio da

fotossíntese ou quimiossíntese de organismos autotróficos, tais como fitoplâncton, microfitobentos, macroalgas, gramíneas marinhas, bactérias e arqueobactérias.

A produção primária é um mecanismo importante, já que, além de outras contribuições, ajuda a regular o clima do planeta.

O dióxido de carbono atmosférico, ao entrar na superfície do mar, é incorporado

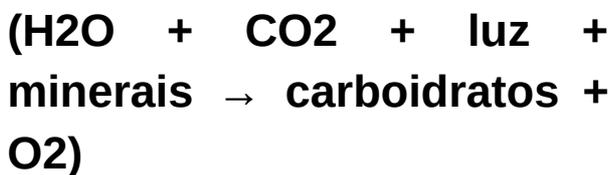
pelo fitoplâncton e transportado por um fluxo vertical de matéria orgânica até o fundo oceânico, onde pode ficar armazenado. Esse processo, conhecido como **Bomba Biológica**, também colabora com a regula-

ção da vida de organismos bentônicos, fornecendo o carbono e a energia necessários para sua composição e sobrevivência.

5.4.1 Fotossíntese

É o principal processo responsável pela produção primária, tanto no ambiente aquático quanto terrestre.

Para que ocorra, é necessário que haja a combinação de fatores essenciais, como luz, água, gás carbônico e nutrientes, de acordo com a fórmula:



O produto final desse processo é constituído por moléculas orgânicas altamente energéticas (carboidratos de formulação básica CH_2O), além de oxigênio.

Um dos motivos de o oceano ser considerado o verdadeiro "pulmão" do planeta, é a presença de organismos fotossintetizantes, como cianobactérias e algas (Figura 2.103).

As **cianobactérias**, microorganismos procariontes, foram um dos primeiros seres vivos a habitar a Terra, sendo seu fóssil mais antigo, datado

de 3,8 bilhões de anos.

Foram elas que produziram oxigênio suficiente para que novas formas de vida mais complexas pudessem surgir e, hoje, juntamente com as **algas** (organismos eucarióticos), são responsáveis por mais da metade do oxigênio consumido mundialmente.



Fig. 2.103 - Algas marinhas.

São capazes de ocupar qualquer meio que lhes garanta luz e umidade, para que possam absorver nutrientes e incorporar energia solar, produzindo carbono orgânico (biomassa) e oxigênio (dissolvido na água e liberado na atmosfera).

Encontradas na zona fóti-

ca do oceano, tanto na coluna d'água, quanto no bentos de ambientes rasos, as algas podem ser classificadas de acordo com seu tamanho:

Macroalgas: crescem fixas ao substrato e formam extensas “florestas marinhas” que protegem a zona costeira contra a ação das ondas, e são economicamente muito importantes.

Microalgas: além de responsáveis pela maior parte da produção de oxigênio do oceano, constituem a base de todas as teias alimentares aquáticas (Figura 2.104).

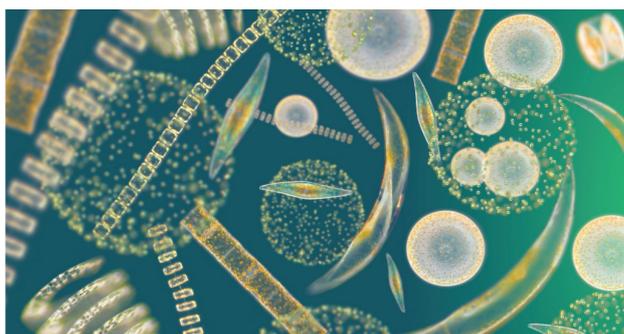


Fig. 2.104 - Fitoplâncton visto ao microscópio. (Fonte: <https://sbmicrobiologia.org.br/mudancas-nofitoplancton-aumentam-absorcao-de-carbono-pelos-oceanos/>)

As algas também atuam na mineralização e no ciclo de elementos químicos. Ao

morrerem, seus constituintes químicos são transformados em sedimentos, solubilizados e reciclados na água.

Infelizmente, esses organismos também têm sido prejudicados por ações antropogênicas no sistema marinho.

Alterações em propriedades físicas e químicas da água do mar vêm provocando mudanças na composição da comunidade de algas, nas taxas de produtividade primária e na biomassa.

Tanto a inibição quanto o aumento descontrolado dessas espécies, são fatores negativos para o oceano, uma vez que causam desequilíbrio em todo o ecossistema.

5.4.2 Quimiossíntese

Como já dito aqui, na presença de luz, a fotossíntese é o principal processo de produção primária a contribuir para a manutenção da vida na Terra. No entanto, é importante ressaltar que a maior porção do oceano está sob

total escuridão.

Como, então, captar energia para produzir a biomassa necessária?

É nesse ponto que entra a produção primária quimiossintética, ou, simplesmente, **quimiossíntese**.

Nesse processo (semelhante ao da fotossíntese), a produção de material orgânico, realizada por bactérias e arqueobactérias, ocorre a partir da oxidação dos próprios compostos químicos, como gás carbônico, água, amônia, ferro, nitrito e enxofre. (Fig. 2.105).

De maneira geral pode-se dizer que a oxidação ocorre quando um composto inorgânico perde elétrons que possuem energia para transformar a matéria inorgânica em glicose ($C_6H_{12}O_6$) - alimento de bactérias.

A reação geral é:

Composto Inorgânico + O_2
→ Composto Inorgânico
oxidado + Energia Química.

Esse processo, que é o

responsável pela manutenção da vida nas zonas profundas do oceano (onde os raios solares não chegam), auxilia a ciclagem de nutrientes e, como visto anteriormente, é a base das teias alimentares dessas áreas.

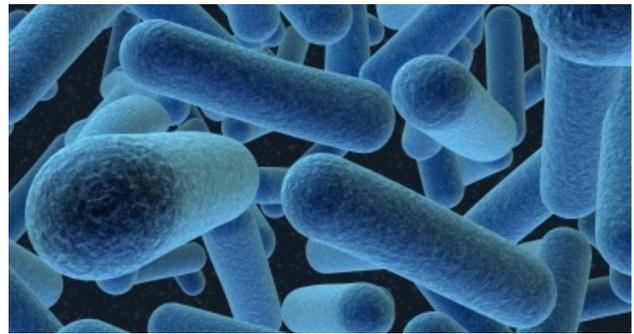


Fig. 2.105 - Arqueobactérias quimiossintetizantes encontradas no oceano profundo. (Fonte: <https://estudandoabiologia.wordpress.com/arqueobacterias/>)

5.5 Conchas

Quando pensamos em praia, é muito comum vir à mente a imagem de conchas. Isso porque, além de chamar a atenção por suas formas diversas e cores exuberantes, estão presentes em quase toda a costa (Fig. 2.106).

Mas qual o verdadeiro papel dessas conchas na natureza? E mais, por que não devemos levá-las para casa?



Fig. 2.106 - Conchas de diferentes formatos encontradas na praia.

Conchas são carapaças que têm a função de sustentar e proteger externamente animais de corpo mole, como mexilhões e ostras; ou internamente, como lulas.

São constituídas por camadas de nácar (substância rígida e rica em calcário), outra de escleroproteína, seguida de uma capa intermediária de calcite ou aragonite e, por último, uma de carbonato de cálcio (CaCO_3) cristalizado.

Para formá-las, os animais secretam substâncias ricas em carbonato de cálcio, que vão enrijecendo e formando as camadas. Contudo, para manter a proteção, a

concha deve acompanhar o crescimento do animal.

Tamanho, forma, cor e textura podem ser bastante distintos e até únicos, mas existe uma razão para que isso ocorra.

Cores vivas, por exemplo, espantam predadores, enquanto cores semelhantes ao ambiente externo servem de camuflagem.

Uma das formas de classificação de organismos que possuem conchas é baseado na quantidade:

Univalves: os que apresentam uma concha única, como é o caso de lesmas e tritões (Figura 2.107).

Bivalves: os que têm conchas com duas metades, unidas por um dos lados, como ostras, mariscos e mexilhões (Figura 2.108).

Além de proteger os organismos do ataque de predadores, as conchas também servem como ponto de inserção de músculos, de sustentação do corpo contra a ação

da gravidade, também previnem a dessecação e, em algumas espécies, podem auxiliar na captura de alimentos.



Fig. 2.107 - *Charonia variegata*, espécie univalve. (Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Charonia>)



Fig. 2.108 - Concha bivalve que pertencia a um mexilhão. (Fonte: <https://pixabay.com/pt/photos/concha-frutos-do-mar-mexilh%C3%A3o-405370/>)

As conchas encontradas na praia, já desempenharam todas essas funções e, apesar de vazias, continuam sendo muito importantes para o equilíbrio do ecossistema em que se encontram.

Algumas das funções que elas podem exercer são:

- abrigar espécies de crustáceos que utilizam como lar as que estão desocupadas e, conforme crescem, buscam conchas novas e maiores;
- atuar como substrato para o ambiente marinho;
- servir como material para construção de ninhos de aves e tocas de peixes;
- promover a estabilidade do ecossistema marinho;
- contribuir, conforme vão se decompondo, para o aumento da concentração do carbonato de cálcio, essencial para a constituição de diversos organismos.

Apesar de serem muito bonitas e inspiradoras, não devem ser retiradas da praia, já que todo um ciclo de ações importantes será interrompido e provocará desequilíbrio no ecossistema.

Essa preocupação e cuidado serve também para as carapaças e exoesqueletos de animais.

5.6 Relações ecológicas

Relações ecológicas podem ser percebidas a partir do momento em que organismos interagem com outros indivíduos, seja da mesma espécie, de espécies diferentes, ou com o meio em que se encontram, compartilhando o mesmo habitat, um ou mais recursos (como oxigênio e alimento), ou para reprodução.

Podem ser classificadas como:

Relação interespecífica: ocorre entre espécies diferentes;

Intraespecífica: entre indivíduos da mesma espécie.

Também podem variar de acordo com o tipo de interação:

5.6.1 Competição

Trata-se de um tipo de interação negativa, uma vez que exige um esforço energético grande dos envolvidos, além de ter um “perdedor”. Um exemplo é a competição

por alimento ou espaço para sobrevivência (Figura 2.109).



Fig. 2.109 - Competição acirrada por espaço em um recife, entre espécies de ascídias, esponjas e algas calcárias. (Fonte: <https://www.io.usp.br/index.php/infraestrutura/museu-oceanografico/29-portugues/publicacoes/series-divulgacao/vida-e-biodiversidade/821-interacoes-ecologicas>)

5.6.2 Predação e herbivoria

A **predação** está relacionada à cadeia alimentar (Figura 2.110), e atua como controle ecológico da população. Quando o predador é retirado da natureza, há crescimento acentuado da presa, provocando desequilíbrio do tipo "top-down" (como visto no item sobre cadeias alimentares). Depois de um período, a presa começa a desaparecer por falta de recursos.

No caso da **herbivoria**, a

presa é o produtor primário, enquanto o predador é o consumidor primário.



Fig. 2.110 - Estrela do mar se alimentando. (Fonte: <http://www.biorede.pt/page.asp?id=2747>)

5.6.3 Parasitismo

Trata-se de uma relação interespecífica, benéfica para uma espécie (parasita) que encontra abrigo, alimentação e proteção; porém negativa para o hospedeiro, uma vez que este pode ter as ações essenciais para sua sobrevivência comprometidas, adoecer, ou até mesmo, vir a óbito (Fig. 2.111).

5.6.4 Comensalismo

Outro exemplo de relação interespecífica, é o comensalismo. Beneficia um organismo, sem, contudo, prejudicar



Fig. 2.111 - Toninha desnutrida encontrada morta na praia. Não conseguia se alimentar porque os parasitas se fixaram em seu bico. (Foto: Ronaldo Amboni, divulgação)

ou beneficiar o outro e, por não ser obrigatória, é considerada uma interação harmônica. É o caso da ligação de tubarões e rêmoras (Figura 2.112).

Rêmoras são peixes carnívoros de médio porte que se utilizam de ventosas (na parte superior, próximo à cabeça) para se fixarem à região inferior do corpo dos tubarões.

Com isso, elas "ganham" um meio de transporte e se alimentam dos restos deixados por ele. Contudo, a presença da rêmora não prejudica seu hospedeiro.



Fig. 2.112 - Rêmora fixa no tubarão. (Fonte: <https://querobolsa.com.br/enem/biologia/comensalismo>)

5.6.5 Mutualismo

A relação que beneficia as duas espécies envolvidas é chamada de **mutualismo**.

Um caso curioso é a interação entre a anêmona-do-mar e o peixe-palhaço (Figura 2.113). Enquanto este encontra abrigo e proteção dentro das anêmonas, elas, por sua vez, podem aproveitar restos de alimento deixados por ele.

5.6.6 Simbiose

Simbiose é um tipo de relação obrigatória, muito estreita sem, necessariamente, ser benéfica para os envolvi-

dos. É o caso da interação entre corais e microalgas (Figura 2.114).

O primeiro precisa das microalgas para a captação de luz (utilizada para a produção de nutrientes), mas a microalga não depende dele para sua sobrevivência.



Fig. 2.113 - Peixes-palhaço dentro de uma anêmona-do-mar. (Fonte: <https://www.vidadeaquarista.com/2018/07/peixe-palhaco.html>)



Fig. 2.114 - Orbicella, um coral difundido no Caribe. (Foto: Robin T. Smith).

6. Oceanografia Socioambiental

A quinta e última área de estudo da Oceanografia, a ser tratada aqui, é a **Socioambiental**.

Como marcado no próprio nome, essa área visa a compreender o vínculo entre ser humano e oceano, levando em conta alguns aspectos:

- a dependência que o primeiro tem em relação ao segundo e a seus recursos;
- os impactos negativos das ações do homem, alterando propriedades e ecossistemas e abalando o equilíbrio natural;
- as consequências futuras das atitudes do ser humano.

É preciso reforçar também a profunda ligação com decisões políticas e governamentais, porque, além de ser fonte de vida, de alimento e água, o oceano também desempenha papel importantíssimo na economia global.

Cada decisão tomada pelos governantes implicam resultados positivos ou negativos.

De modo geral, a Oceanografia Socioambiental engloba a educação ambiental marinha, gerenciamento costeiro, gestão pesqueira, direito marinho e das populações tradicionais diretamente ligadas ao mar.

6.1 Refugiados climáticos

As intensas mudanças climáticas pelas quais o planeta está passando, são temas abordados há muitos anos pela mídia e materiais didáticos escolares.

A relação do oceano com esse processo já foi tratada no Módulo 1 da apostila, mas é importante aprofundar o assunto, para entendermos como essas alterações no clima interferem direta ou in-

diretamente na sociedade.

Os seres vivos dependem do oceano e dos ecossistemas marinhos para sobreviver, seja como fonte de alimento, energia, oxigênio, matéria-prima, lazer ou proteção. Também é considerado um dos principais responsáveis pela regulação do clima global.

Assim, qualquer interferência em seu ambiente, acarretará consequências para todos, incluindo os seres humanos. Por exemplo:

Aumento da temperatura das águas superficiais, desencadeado pela intensificação do efeito estufa;

Aumento do nível do mar, decorrente do derretimento do gelo polar (Figura 2.115);

Alterações nos padrões das correntes oceânicas, interferindo na distribuição de nutrientes e, conseqüentemente, na produção primária;

Disponibilidade de alimento para a teia trófica marinha; Mudanças nos ciclos oceâni-

cos que **intensificam a ocorrência de fenômenos catastróficos**, como chuvas e secas intensas, tufões, furacões;

Acidificação das águas, que afeta, de forma significativa, os recifes de corais.



Fig. 2.115 - Urso Polar sofre com derretimento das calotas, com a perda de habitat e de alimento. (Foto: Andreas Weith/ Wikimedia Commons)

Todas essas alterações afetam os ecossistemas marinhos de diferentes formas.

Uma delas, é a **extinção de espécies importantes** que não conseguiram se adaptar às novas condições de temperatura, salinidade, luminosidade e acidez, por exemplo, desencadeando desequilíbrio em teias alimenta-

res onde nós, seres humanos, somos os predadores de topo.

A escassez de espécies marinhas é um enorme agravante para populações ribeirinhas e caiçaras que dependem dessa fonte de alimento para sua subsistência.

Também é um aspecto de crise na economia, já que deixa vulnerável os estoques pesqueiros.

Quando se aborda a questão de mudanças dos ciclos oceânicos, um dos maiores problemas atuais se apresenta: o surgimento de um novo grupo de imigrantes, os **refugiados climáticos**.

Refere-se a toda pessoa que, por conta de eventos climáticos extremos, é obrigada a deixar sua comunidade de origem e migrar para outras regiões.

É verdade que esse tipo de situação sempre existiu, mas as alterações dos ciclos oceânicos têm agravado a ocorrência e frequência de fe-

nômenos extremos, como: inundações severas (Figura 2.116); tufões; interrupção de eventos sazonais (como as monções) e intensificação do El Niño.

Observa-se também que muitos ocorrem em locais não previstos e economicamente instáveis. Países que não estão preparados para proteger a população de grandes danos, ou que não tenham verba suficiente para se reerguer após desastres naturais.



Fig. 2.116 - Inundação em South Tarawa, capital de Kiribati. O país está ameaçado de desaparecer devido às consequências das mudanças climáticas globais. (Foto: Humans of Kiribati.)

No dia 23 de abril de 2021, ao celebrar o Dia Mundial da Terra, a Organização das Nações Unidas (ONU) publicou dados apontando que o número de refugiados climáticos **ultrapassou o dobro** dos que se deslocam devido a outros conflitos.

As consequências são sempre significativas e, muitas vezes, terríveis, já que esses desastres dificultam o acesso a recursos naturais, levam ao aumento da fome e da pobreza, acarretam instabilidade na comunidade e instigam a violência.

6.2 Gestão pesqueira

Pesca (Figura 2.118) é toda ação que visa a extrair, colher, apanhar, capturar ou apreender recursos pesqueiros, ou seja, animais e vegetais que vivem na água e que são passíveis de exploração, estudo ou pesquisa.

Essa atividade que pode ser classificada como, **amadora**, de **subsistência**, **co-**

mercial ou aquicultura, tem enorme importância socioeconômica.

Mais de um bilhão de pessoas dependem do pescado como principal fonte de alimentação, sendo a pesca marinha responsável por gerar cerca de 260 milhões de empregos no mundo.

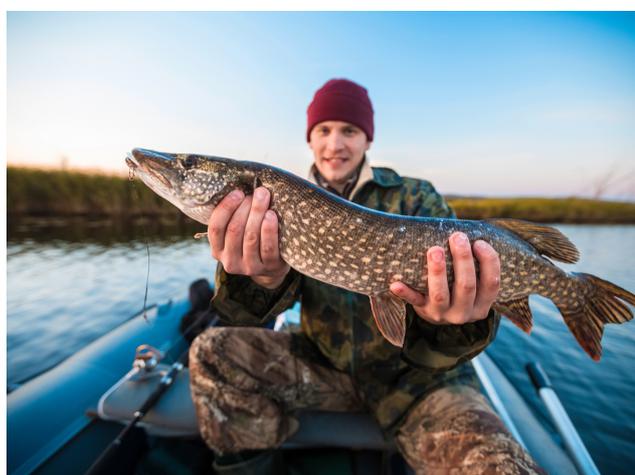


Fig. 2.118 - Homem em um bote, segurando o peixe que pescou de forma amadora.

Só no Brasil, são produzidos anualmente cerca de 1,4 milhão de toneladas de pescado, com faturamento em torno de 5 bilhões de reais, e o número de empregos, gerados direta ou indiretamente, chega a 3,5 milhões.

A atividade também desempenha papel importante

no que diz respeito à manutenção de pequenas comunidades e de sua cultura.

Entretanto, como comentado anteriormente, a pesca também tornou-se motivo de preocupação, uma vez que há anos tem deixado de ser bem gerenciada, ocasionando prejuízos econômicos, sociais e ambientais difíceis de serem revertidos.

É nesse ponto que surge a **Gestão Pesqueira**, um conjunto de normas e ações que regulam as atividades em um país ou região, como forma de otimizar e garantir bons resultados.

Com isso, pretende-se uma melhor conservação dos recursos pesqueiros e dos ecossistemas, bem como promover a sustentabilidade da pesca no âmbito global.

No Brasil, a Lei nº 11.959/2009 dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca e regulamenta as atividades pes-

queiras.

De modo geral, trata de **Sustentabilidade Ambiental, Econômica e Social**, respeitando o meio ambiente e atendendo às necessidades da sociedade e do setor produtivo por meio de ementas sobre:

- I. gestão de acesso e uso dos recursos pesqueiros;
- II. determinação de áreas especialmente protegidas;
- III. participação social;
- IV. capacitação da mão de obra do setor pesqueiro;
- V. educação ambiental;
- VI. construção e modernização da infraestrutura de terminais portuários, bem como a melhoria dos serviços portuários;
- VII. pesquisa de recursos, técnicas e métodos pertinentes à atividade pesqueira;
- VIII. sistema de informação das atividades pesqueiras;
- IX. controle e fiscalização da atividade pesqueira;
- X. crédito para fomento do setor pesqueiro.

Porém, muitas dessas elementos não são executadas corretamente. Por exemplo, o último sistema de coleta de dados nacionais da produção pesqueira foi realizado em 2008. Então, não temos sequer noção de quantas embarcações estão em operação atualmente.

A aplicação ineficaz ou nula da gestão pesqueira também é responsável pelo esgotamento dos recursos pesqueiros, já que deixa de fiscalizar ou punir práticas irregulares.

A **sobrepesca**, caracterizada pela captura de uma ou todas as classes etárias de uma população (Figura 2.119) é, hoje, praticada em níveis tão elevados que tem provocado a redução da biomassa e do potencial de desova, comprometendo, dessa forma, os estoques futuros.

Outro agravante, muito praticado, é a pesca em locais ilegais (berçários marinhos, áreas de desova ou de

nascimento de mamíferos) que captura indiscriminadamente fêmeas férteis e filhotes, ceifando vidas que não poderão se desenvolver ou reproduzir.



Fig. 2.119 - Navio de pesca industrial carregado de toneladas de peixes.

A crise provocada pela indústria pesqueira é muito evidente no Brasil e é chegado o momento de os governantes assumirem o controle que lhes compete, dando suporte, quando necessário, ou aplicando medidas legais para reverter esse quadro preocupante de devastação do meio ambiente que, com certeza, trará consequências desastrosas para a economia e a sociedade.

6.2.1 Pesca artesanal

A pesca artesanal (figura 2.120) brasileira é símbolo cultural de várias comunidades tradicionais, definidas pela Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais como “grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição”.

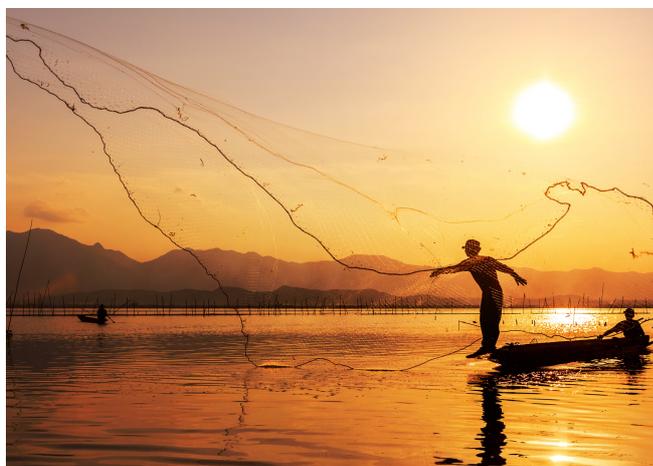


Fig. 2.120 - Dois pescadores em um bote realizam pesca artesanal com rede em um estuário.

Entre essas populações pesqueiras do Brasil, temos alguns grupos bem conhecidos, como os caiçaras da região Sudeste, os jangadeiros do Nordeste, os pantaneiros da região Centro-Oeste e os caboclos da região Amazônica.

Adotada por essas comunidades, a **pesca artesanal**, apesar de ser feita com poucos recursos, é responsável pela maior parte do pescado consumido no país.

O Brasil, que tem as regiões Norte e Nordeste como principais produtoras, ocupa a 23ª posição entre os maiores países pesqueiros do mundo, sendo o 4º na América do Sul.

Por ter uma costa com dimensões consideráveis (8 mil km), a pesca artesanal brasileira apresenta diferentes características, determinadas por fatores como:

- grandes **diferenças latitudinais**, responsáveis por distintas zonas climáticas e con-

dições oceânicas;

- plataforma continental extensa que possibilita diferentes tipos de pesca;
- diversos recursos com valor comercial;
- grandes bacias hidrográficas que abrangem afluentes de diferentes portes;
- diferentes costumes provenientes de culturas e histórias adquiridas durante os processos de colonização e urbanização;
- **variados recursos tecnológicos** de captura que dependem da disponibilidade de matéria prima.

Assim como a industrial, a pesca artesanal também enfrenta crises, causadas por diversos motivos: crescimento desorganizado da atividade; esforço concentrado em um reduzido grupo de recursos tradicionalmente explorados e que gera alta competitividade e esgotamento; falta de planejamento; reduzida produtividade das áreas costeiras do país; utilização de

meios inadequados de captura (na maioria das vezes, predatória); falta de conhecimento sobre o potencial produtivo e das características biológicas básicas dos organismos; poluição costeira e da água, causada por ações antrópicas e falta de conscientização sobre a importância de respeitar os limites naturais de exploração sustentável.

Então, em face de tudo o que está ocorrendo, é urgente e necessário que sejam tomadas medidas legais visando a impedir que comunidades tradicionais e pesca artesanal sejam degradadas.

Além de serem socialmente e economicamente importantes, exercem papel fundamental na conservação da biodiversidade.

Também é essencial um trabalho que promova a conscientização da população sobre a importância da conservação do ambiente marinho e de seus ecossistemas.

É preciso ainda que se

garanta o cumprimento de leis e normas já existente e a possibilidade da criação de novas, além de assegurar que as atividades sejam feitas de forma sustentável, sem dano ao meio ambiente e, por extensão, sem prejuízo à sociedade e à economia.

6.3 Gerenciamento costeiro

O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro é um programa do Governo Federal, desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente e tem como principal objetivo promover a utilização racional de recursos naturais da zona costeira, contribuindo, assim, para melhorar a qualidade de vida da população e proteger seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural.

O Plano, que determina as **zonas costeiras** de forma generalizada, estabelece que que o zoneamento é responsabilidade dos **estados**, assim como a definição das normas específicas de cada

região.

O estado de São Paulo apresenta uma zona costeira com 700 km de extensão, que inclui 36 municípios e abriga a maior parte da Mata Atlântica presente no Estado.

Está dividida em quatro setores (Figura 2.121), de acordo com as características socioambientais: **Litoral Norte, Baixada Santista, Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape-Cananéia e Vale do Ribeira.**

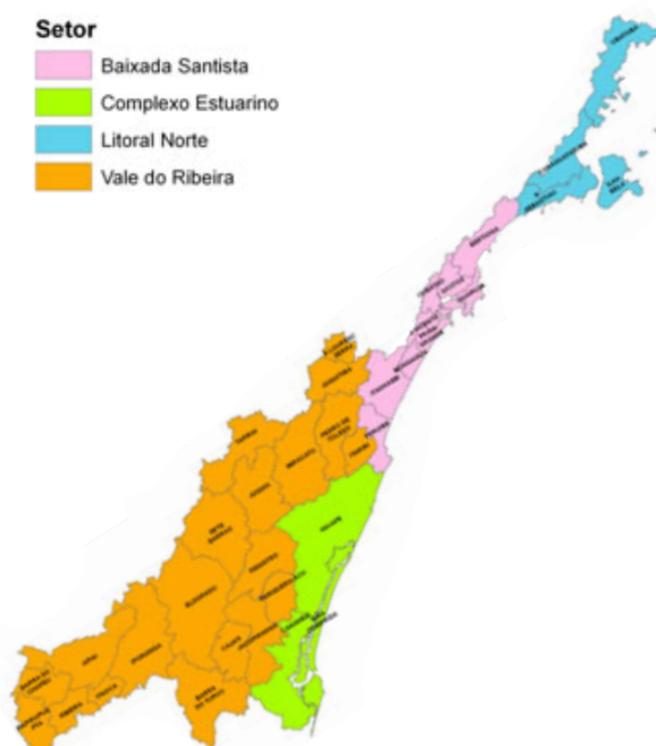


Fig. 2.121 - Divisão da Zona Costeira do Estado de São Paulo em 4 áreas. (Imagem: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpla/zoneamento/gerenciamento-costeiro/>)

Esses grupos possuem um sistema de gestão denominado Grupo Setorial, do qual participam os governos estadual, municipais e a sociedade civil; e tem a responsabilidade de elaborar planos de ação e gestão para cuidar de cada ambiente e garantir a plena conservação.

6.3.1 Projeto ORLA

O Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla) é uma iniciativa do Governo Federal, implementada no Brasil a partir de 2001 e discutida no âmbito do Grupo de Integração de Gerenciamento Costeiro (GIGERCO).

Tem, como principais objetivos, o **planejamento territorial** da orla marítima e a **compatibilização das políticas ambientais e patrimoniais**, visando a um melhor ordenamento do uso e ocupação dos espaços litorâneos sob domínio da União.

O projeto é uma impor-

tante ferramenta para a gestão costeira integrada e pressupõe o protagonismo de cada município como principal agente no processo de gestão da orla marítima.

Propondo um gerenciamento compartilhado entre governo e sociedade civil organizada, tem por propósito estabelecer uma atuação articulada entre os vários setores da gestão pública.

6.3.2 Unidades de Conservação

A determinação de **unidades de conservação** tem por objetivo garantir a preservação e conservação dos ecossistemas e manter seus aspectos ecológicos, históricos, geológicos e culturais.

A criação dessas unidades (UC) é assegurada pela Lei Federal nº 9.985/2000, que a define como um “espaço territorial e seus recursos ambientais, com características naturais relevantes, com objetivos de conserva-

ção e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”. Trata-se da mesma lei que instaura o Sistema Nacional das Unidades de Conservação (SNUC).

As UCs estão divididas em dois grupos: unidades de proteção integral e unidades de uso sustentável.

Das unidades de proteção integral fazem parte as estações ecológicas, as reservas biológicas, os parques estaduais, os monumentos naturais e os refúgios de vida silvestre e têm por principal objetivo a preservação do meio ambiente.

Nesses locais, é proibida a utilização dos recursos naturais de forma direta, ou seja, qualquer ação que envolva consumo, coleta ou dano. Contudo, é permitido o de uso indireto, como, atividades de educação ambiental, recreação, lazer e pesquisa.

As **unidades de uso sus-**

tentável têm por meta conservar o meio ambiente, utilizando parcelas sustentáveis de seus recursos naturais.

Nesse grupo estão incluídas as áreas de proteção ambiental, áreas de relevante interesse ecológico, florestas estaduais, reservas extrativistas, reservas de fauna, reservas de desenvolvimento sustentável e as reservas particulares do patrimônio natural.

De modo geral, constituem um subconjunto de áreas protegidas que garantem o uso sustentável dos recursos naturais e valorizam a relação das comunidades tradicionais com a natureza.

É ali onde se encontram importantes paisagens naturais, com representatividade significativa de fauna, flora e recursos hídricos.

Por que é tão importante manter áreas de uso sustentável?

Porque podem assegurar a quantidade e a qualidade da água de reservatórios de

usinas hidrelétricas; também contribuem para a conservação da natureza, proporcionam e disseminam uma reprodução cultural, social e econômica, utilizando-se de práticas locais tradicionais; movimentam a economia por meio do turismo; contribuem efetivamente para a redução da intensidade das mudanças climáticas entre muitas outras coisas.

Para ser incluída em uma Unidade de Conservação, as áreas devem apresentar: alta variedade de espécies e de ecossistemas; concentração de espécies endêmicas; concentração de espécies ameaçadas de extinção; além de valor histórico, cultural e antropológico.

Segundo o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), existem, no Brasil, 2.500 unidades de conservação (Figura 2.122) listadas no Instituto Socioambiental. Desse total, 26,48% são representadas por áreas

do bioma marinho.

Em 1977, foi criada, em Ubatuba, o Parque Estadual Ilha Anchieta (PEIA), uma unidade de conservação que protege 17 km de costões rochosos e sete praias que estão envoltas pela Mata Atlântica.

O PEIA tem por objetivo proteger e conservar os ecossistemas naturais e seu patrimônio histórico-cultural; desenvolver pesquisas científicas e realizar atividades de educação ambiental e lazer, sempre em contato com a natureza.

Inserido no bioma da Mata Atlântica, é ali onde podemos encontrar os ecossistemas marinho, a floresta ombrófila densa, restinga, manguezal, praia, os costões rochosos e a vegetação saxícola de costões rochosos.

As espécies habitantes da ilha são bastante diversificadas, contando com répteis, anfíbios, mais de 50 espécies de aves, além de espécies

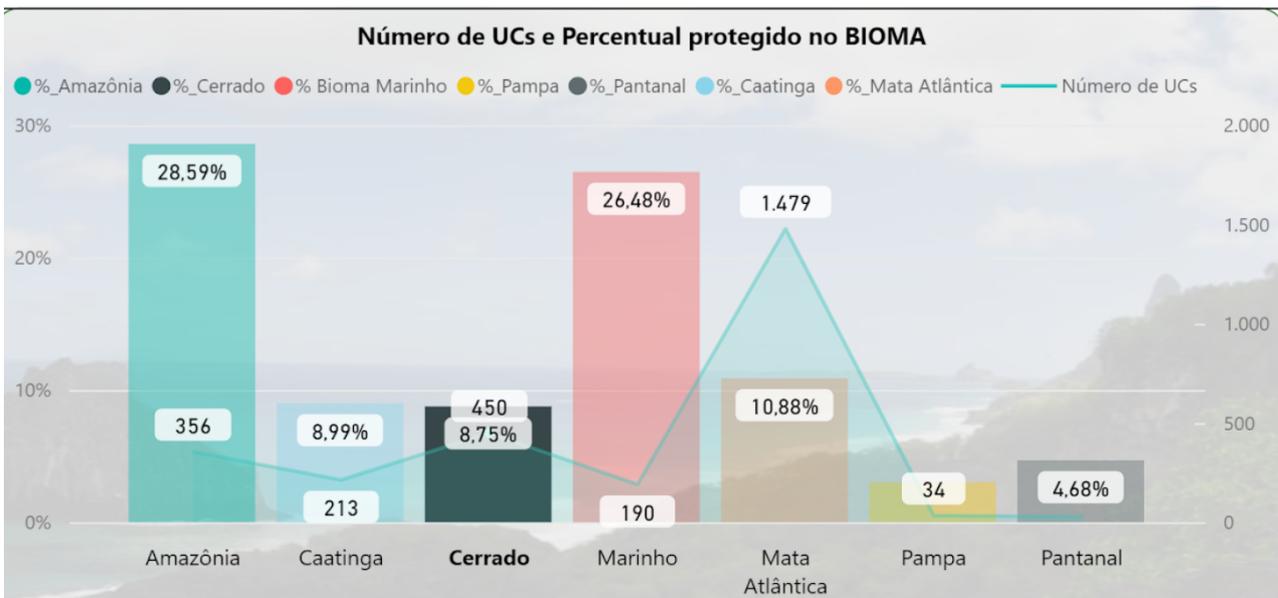


Fig. 2.122 - Unidades de conservação do Brasil. (Fonte: <https://shortest.link/2-xb>)

terrestres, como pacas, cotias (Figura 2.123), tatus e lagartos (Figura 2.124).

O ambiente marinho do entorno também possui rica diversidade, contando com tartarugas, raias, baleias e golfinhos, anêmonas, esponjas, estrelas e ouriços-do-mar (Figura 2.125), além de mais de 200 espécies de peixes (Figura 2. 126).

Nesse entorno, também podem ser encontradas várias espécies marinhas ameaçadas, graças a um polígono de restrição de pesca (Figura 2.127) que protege a área desde 1983 (Portaria SUDEPE nº 56/1983).



Fig. 2.123 - Cotia (*Dasyprocta* sp.) Foto: Acervo PEIA



Fig. 2.124 - Teiú (*Tupinambis* sp.) Foto: Acervo PEIA

O PEIA também é um local aberto ao turismo, oferecendo a oportunidade de caminhadas ecológicas, mergulho e atividades que permitem um contato maior com a história e cultura da região. Tudo isso regado por uma linda paisagem e ambiente tranquilo.

A chefe do Parque Estadual da Ilha Anchieta, Priscila Saviolo Moreira, e a monitora ambiental Gabriela Carvalho, integram a equipe do EAMar, e são colaboradoras na criação, coordenação e desenvolvimento desse projeto.



Fig. 2.125 - Ouriço-do-mar (*Echinometra lucunter*)
Foto: Acervo PEIA



Fig. 2.126 - Sargentinho (*Abudefduf saxatilis*). (Foto: Acervo PEIA)

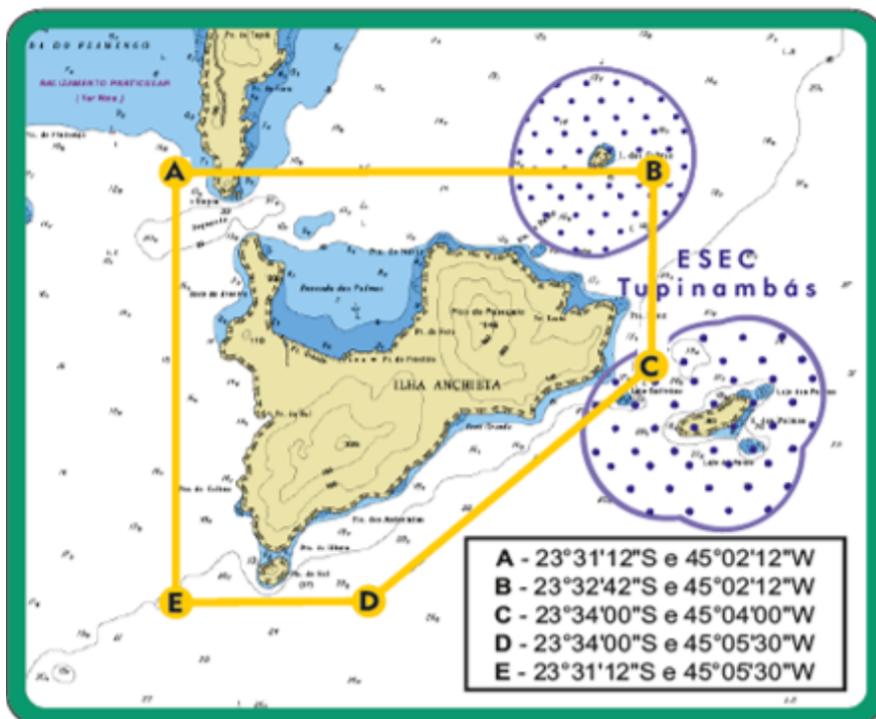


Fig. 2.127 - Polígono de interdição de pesca (Portaria SUDEPE 56/1983). Imagem: Informativo PEIA 03/2015

Glossário:

Autótrofos: organismos que sintetizam o próprio alimento a partir de processos como: fotossíntese ou quimiossíntese (vegetais, algas e bactérias).

Componentes orgânicos e inorgânicos: componentes orgânicos são formados por átomos de carbono e outros elementos como oxigênio, nitrogênio, hidrogênio e halogênios. Já os inorgânicos não possuem carbono e nenhum outro componente de carácter orgânico em sua composição.

Composto iônico: (Cloreto de sódio NaCl, por exemplo, em que Na tem carga +1 e o Cl possui carga -1) / Compostos iônicos são aqueles formados por íons de cargas opostas, através da interação eletrostática (forte), ou seja, para uma substância ser considerada iônica, deve possuir pelo menos uma ligação iônica na sua estrutura. Nestes compostos o elemento metálico geralmente é um íon de carga positiva (cátion), e o elemento não metálico, de carga negativa (ânion). Os íons que formam um composto podem ser simples átomos, como no sal de cozinha (Na + Cl⁻) ou grupos mais complexos como no nitrato de potássio (K + NO₃⁻).

Dissociação: processo em que ocorre a separação dos íons de uma molécula em água.

Eletronegatividade: a força que determinado átomo possui ao atrair para si os elétrons de uma ligação covalente.

Fatores abióticos: são interferências causadas no ecossistema por elementos “não vivos”, como água, sol, clima e outras.

Fatores bióticos: são as interferências que os seres vivos causam em um dado ecossistema.

Fluidos Geotermais: fluidos liberados pelas fumarolas ou fontes hidrotermais, contendo elementos como enxofre e ferro.

Funções metabólicas: conjunto de reações químicas de construção e quebra de substâncias. Também podem ser as transformações que ocorrem em um organismo e que possibilitam sua vida e liberam energia.

Nível Trófico: determinado grupo de organismos com os mesmos hábitos alimentares, por exemplo, os herbívoros (pertencentes ao chamado primeiro nível trófico).

Offshore: se refere à localização em alto mar.

Tempo de residência: tempo médio de permanência de uma partícula no sistema.

Termoclina: camada marcada por grande variação de temperatura conforme há o aumento de profundidade no mar. A termoclina ocorre tipicamente entre 100 a 1000 metros de profundidade e separa a camada de mistura da camada profunda (ambas com temperaturas praticamente uniformes). É importante para a distribuição de organismos marinhos, pois a grande mudança de temperatura que ocorre nessa camada influencia outros parâmetros no meio aquático, como densidade, pressão, solubilidade e quantidade de oxigênio.

Voláteis: elementos com baixo ponto de ebulição, ou seja, passam para o estado gasoso em temperaturas baixas, ou temperatura ambiente.

Referências bibliográficas

BAHIA. GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA. **Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro - GERCO**. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=144>. Acesso em: 16 jun. 2021.

BRASIL. GOVERNO FEDERAL DO BRASIL. **Serviços ecossistêmicos**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/ptbr/assuntos/servicosambientais/ecossistemas-1/conservacao-1/servicos/ecossistemas/servicos-ecossistemas-1>. Acesso em: 29 jun. 2021.

CASTELLO, Jorge Pablo; KRUG, Luiz Carlos (Org.). **Introdução às Ciências do Mar**. Pelotas: Ed. Textos, 2015. 602p.

CASTRO, P. **Biologia Marinha**. 8ªed. Porto Alegre: AMGH, p. 374-377, 2012.

CIIMAR. **Cadeias tróficas marinhas**. Disponível em: https://www.ciimar.up.pt/cadeiastroficasmarinhas/?page_id=40. Acesso em: 29 jun. 2021.

DIAS NETO, José. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2010.

ECYCLE. **O que é uma concha?** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/concha/>. Acesso em: 29 jun. 2021.

Faculdade de Tecnologia e Ciências - Educação a Distância. (2007) **"Biologia Marinha"** pág. 48, no site Scribd.com

FIGUEIRA, Rubens C. L.; CUNHA, Ieda I. L.. **A CONTAMINAÇÃO DOS OCEANOS POR RADIONUCLÍDEOS ANTROPOGÊNICOS**. 1997. 5 f. Tese (Doutorado) - Curso de Supervisão de Radioquímica, Ipen-Cnen/Sp, São Paulo, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/xyKxj6F5xBZVNRhFwxrWdkN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 jun. 2021.

FOLHA DO LITORAL. **O Plástico e o Meio Ambiente**. Disponível em: <https://jornalfolhalitoral.com.br/2019/06/12/%EF%BB%BFo-plastico-e-omeio-ambiente/>. Acesso em: 16 jun. 2021.

G1 - **DER fará vistoria em erosão que destruiu calçada e invadiu pista da Rio-Santos no Massaguaçu em Caraguá**. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2021/04/25/der-fara-vistoria-em-calcada-que-cedeu-e-invadiu-pista-na-praia-do-massaguacu-em-caragua.ghtml>. Acesso em: 7 jul. 2021.

GARRISON, Tom. **Fundamentos de oceanografia**. Cengage Learning, 2010.

Giere, O. **Meiobenthology: The microscopic fauna in aquatic sediments.** Hamburg, Springer-Verlag, p. 235, 1993.

HAUEISEN, Mariana P.. **Unidades de Conservação Marinhas Brasileiras: qual a importância?** Disponível em: <https://www.bioicos.com.br/post/2019/06/15/unidades-de-conservacaomarinhas-brasileiras-qual-a-importancia>. Acesso em: 16 jun. 2021.

HORNAK, Leo. **Dá para saber se haverá mais peixes ou plástico nos oceanos em 2050?** Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/03/160328_plastico_oceanos_futuro_fn. Acesso em: 16 jun. 2021.

JERONIMO, Fernanda Cabral. **O papel das conchas no ambiente marinho.** Disponível em: <https://www.bioicos.com.br/post/o-papel-dasconchas-no-ambiente-marinho>. Acesso em: 29 jun. 2021.

KADAM, S. S. & BHARTIA, A. **Study of Marine Benthic Organisms with Reference to Environmental Parameters, West Coast of India.** European Academic Research, Vol.3, 2015.

Lalli, Carol M. e Timothy R. Parsons. "Introdução." **Oceanografia biológica: uma introdução.** Primeira edição ed. Tarrytown, New York: Pergamon, 1993. 7-21. Impressão.

LOTUFO, Prof. Dr. Tito Monteiro da Cruz. **Interações ecológicas.** Disponível em: <https://www.io.usp.br/index.php/infraestrutura/museoceanografico/29-portugues/publicacoes/series-divulgacao/vida-e-biodiversidade/821-interacoes-ecologicas>. Acesso em: 29 jun. 2021.

Mann, KH; Lazier, JRN (2006). **Dynamics of Marine Ecosystems** (Terceira ed.). Departamento de Pesca e Oceanos, Instituto de Oceanografia de Bedford, Dartmouth, Nova Escócia, Canadá: Blackwell Publishing.

MARINHA DO BRASIL. **Combate ao Lixo no Mar.** Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/combate-ao-lixo-no-mar>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MARINHA DO BRASIL. **Informações sobre o Óleo.** Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/combate-ao-oleo/informacoes-sobre-o-oleo>. Acesso em: 16 jun. 2021.

Mauro de Melo Júnior & José Eduardo Martinelli Filho, **“Larvas do Plâncton Marinho”** III Semana Temática de Oceanografia, Minicurso: Formas Larvais do Plâncton, São Paulo, 26 a 28 de agosto de 2008, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico

MELO, Joyce Padilha de. **Ciência para todos: Oxigênio.** Disponível em: https://www.ufmg.br/cienciaparatodos/wp-content/uploads/2012/08/e5_23-oxigenio.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.

Menden-Deuer, Susanne. "Informações do curso." **OCG 561 Oceanografia Biológica**. <<http://mendendeuerlab.com/>>
<https://www.oceanoparaleigos.com/post/oceanografia-biologica>

MESQUITA, João Lara. **Gramas marinhas, entre os mais ameaçados ecossistemas**. Disponível em: <https://marsemfim.com.br/gramas-marinhas/>. Acesso em: 28 jun. 2021.

MIGRAMUNDO EQUIPE (comp.). **Deslocados climáticos não podem ser devolvidos aos países de origem, decide comitê da ONU**. 2020. Disponível em: <https://migramundo.com/deslocados-climaticos-nao-podem-ser-devolvidos-aos-paises-de-origem-decide-comite-da-onu/>. Acesso em: 14 jun. 2021.

Miller, Charles B. e Patricia A. Wheeler. **Oceanografia Biológica**. Segunda ed. Chinchester, West Sussex: John Wiley & Sons, 2012. Print.

Moberg, F. & Folke, C. **Ecological Goods and Services of Coral Reef Ecosystems**. Ecological Economics, Vol. 29(2), p. 215-33,1999.

MONTONE, Rosalinda C. **Poluição Marinha**. Disponível em: <https://cenepsantos.com.br/storage/download/biblioteca/Polui%C3%A7%C3%A3o%20marinha.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MOON, Peter. **Poluição por metais pesados atinge vida marinha remota, mostra estudo**. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=152568>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MORAES, Paula Louredo. **Derramamento de petróleo**. 2020. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/biologia/derramamento-petroleo.htm>. Acesso em: 15 jun. 2021.

MORI, Letícia. **Como a erosão afeta 60% do litoral brasileiro e deforma centenas de quilômetros de praia** - BBC News. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-46783072>. Acesso em: 7 de jul. 2021.

OLINTO, Andrea. **O Ecossistema Manguezal**. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=70&. Acesso em: 28 jun. 2021.

OLIVEIRA, Karoline T. de et al. **DESPEJO DE ESGOTO, POLUIÇÃO MARINHA, QUALIDADE DE VIDA E SAÚDE: O CASO DO EMISSÁRIO SUBMARINO DA BARRA DA TIJUCA**. 2008. 27 f., Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/39874/2/Inicia%C3%A7%C3%A3o%20cient%C3%ADfica%20na%20educa%C3%A7%C3%A3o%20profissional%20em%20sa%C3%BAde.%20V.5%20%20Despejo%20de%20esgoto%2C%20polui%C3%A7%C3%A3o%20marinha.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2021.

OLIVEIRA, Stheffany de. **Oceanos: os verdadeiros pulmões do mundo**. Disponível em: <https://www.imarjunior.com.br/post/oceanos-os-verdadeirospulm%C3%B5es-do-mundo>. Acesso em: 28 jun. 2021.

PARKER, Laura. **A Grande Ilha de Lixo do Pacífico Não É Aquilo Que Se Pensa**. Disponível em: <https://www.natgeo.pt/meioambiente/2018/04/grande-ilha-de-lixo-do-pacifico-nao-e-aquilo-que-se-pensa>. Acesso em: 16 jun. 2021.

PEIRÓ, Douglas F. et al. **Manguezais: estrutura, dinâmica e biodiversidade**. Disponível em: <https://www.bioicos.com.br/post/manguezais-estrutura-dinamica-ebiodiversidade>. Acesso em: 28 jun. 2021.

Pereira, Renato Crespo,; Soares-Gomes, Abílio, (2009). **Biologia marinha**. 2 ed ed. Rio de Janeiro: Interciência. ISBN 9788571932135. OCLC 496248492

PERES, Monica. **Gestão Pesqueira é o desafio para o país**. Disponível em: <https://brasil.oceana.org/en/blog/gestao-pesqueira-e-desafio-para-opais>. Acesso em: 16 jun. 2021.

PINET, Paul R. **Essential invitation to oceanography**. Jones & Bartlett Publishers, 2014.

REDE BIOMAR (org.). **Manual de ecossistemas marinhos e costeiros para educadores**. Santos: Comunicar, 2016. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/ManualEcossistemasMarinhoseCosteiros3.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2021.

RELEASE FAPESP. **Serviços Ecossistêmicos Marinhos - Ciclo de Conferências do BIOTA-FAPESP Educação**. Disponível em: <https://www.io.usp.br/index.php/noticias/10-io-na-midia/901-servicosecossistemas-marinhos.html>. Acesso em: 29 jun. 2021

RODRIGUES, Sabrina. **ICMBio lança o Atlas de Manguezais do Brasil**. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/salada-verde/icmbio-lanca-o-atlasde-manguezais-do-brasil/>. Acesso em: 28 jun. 2021.

SANTELLI, Adele. **Desequilíbrio dos Oceanos é, ao mesmo tempo, causa e efeito da crise climática**. 2020. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meioambiente/2020/03/desequilibrio-dos-oceanos-e-ao-mesmo-tempo-causa-eefeito-da-crise-climatica>. Acesso em: 14 jun. 2021.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **ALGAS**. Disponível em: <https://www.biologianet.com/botanica/algas.htm>. Acesso em: 28 jun. 2021.

SCHMIEGELOW, J. M. M. M. **O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (org.). **Conheça o Guia de Áreas Protegidas**. Disponível em: <https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/conheca-o-guia/>. Acesso em: 16 jun. 2021

Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **GERENCIAMENTO COSTEIRO – GERCO**. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpla/zoneamento/gerenciamento-costeiro/>. Acesso em: 16 jun. 2021.

SILVA, Adriano Prysthon da. **Pesca artesanal brasileira**. Aspectos conceituais, históricos, institucionais e prospectivos. Palmas, To: Embrapa, 2014.

Sobre o Parque Estadual Serra do Mar. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/pesm/sobre/>. Acesso em: 22 junho de 2021.

SOUSA, Paulo H. G. O. **Erosão Costeira** - IOUSP. Disponível em: <https://www.io.usp.br/index.php/ocean-coast-res/50-portugues/publicacoes/series-divulgacao/gestao-costeira/823-erosaocosteira.html>. Acesso em: 06 jul. 2021.

TAGLIAPIETRA, D. & SIGOVINI, M. **Benthic fauna: collection and identification of macrobenthic invertebrates**. Terre et Environement, Vol. 88, p. 253–261, 2010.

Realização:



Instituições parceiras:



Apoio:



ISBN: 978-65-997638-3-0

CRL



9 786599 763830