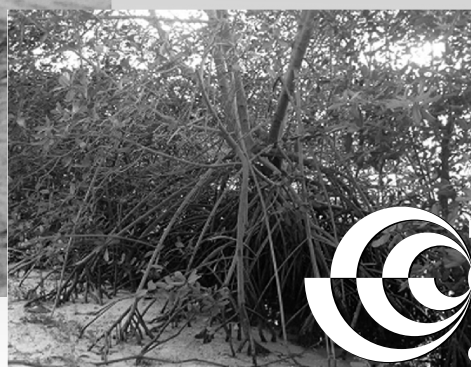


## Instrumentação em Biologia Aquática







Fundação

**CECIERJ**

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

# Instrumentação em Biologia Aquática

Volume único – Módulo 1

Marcelo Vianna



SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



Ministério  
da Educação



Apoio:



# Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua Visconde de Niterói, 1364 – Mangueira – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20943-001

Tel.: (21) 2334-1569 Fax: (21) 2568-0725

## Presidente

Masako Oya Masuda

## Vice-presidente

Mirian Crapez

## Coordenação do Curso de Biologia

UENF - Milton Kanashiro

UFRJ - Ricardo Iglesias Rios

UERJ - Cibeles Schwanke

## Material Didático

### ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Marcelo Vianna

### COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

### DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E REVISÃO

Giselle Bessa

Zulmira Speridião

### COORDENAÇÃO DE AVALIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Débora Barreiros

### AVALIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Letícia Calhau

### REDATOR FINAL

Roberto Paes de Carvalho

## Departamento de Produção

### EDITORA

Tereza Queiroz

### REVISÃO TIPOGRÁFICA

Cristina Freixinho

Elaine Bayma

Marcus Knupp

Patrícia Paula

### COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Jorge Moura

### PROGRAMAÇÃO VISUAL

Alexandre d'Oliveira

Katy Araújo

### ILUSTRAÇÃO

Jefferson Caçador

### CAPA

Jefferson Caçador

### PRODUÇÃO GRÁFICA

Patricia Seabra

Copyright © 2006, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

V617b

Vianna, Marcelo

Instrumentação em biologia aquática. v. único. / Marcelo Vianna - Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.

236p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 85-7648-309-2

1. Biologia aquática. 2. Ambiente aquático. 3. Meio ambiente. I. Título.

CDD: 577.6

2010/1

Referências Bibliográficas e catalogação na fonte, de acordo com as normas da ABNT.



# Governo do Estado do Rio de Janeiro

**Governador**  
Sérgio Cabral Filho

**Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia**  
Alexandre Cardoso

## Universidades Consorciadas

**UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO  
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**  
Reitor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho

**UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO  
RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Ricardo Vieiralses

**UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
Reitor: Roberto de Souza Salles

**UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Aloísio Teixeira

**UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL  
DO RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Ricardo Motta Miranda

**UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO  
DO RIO DE JANEIRO**  
Reitora: Malvina Tania Tuttman

*Com imensa saudade em memória de João Vianna*

# Instrumentação em Biologia Aquática

Volume único – Módulo 1

## SUMÁRIO

<b>Aula 1</b>	– Toda região costeira é igual? _____	<b>7</b>
<b>Aula 2</b>	– Toda região oceânica é igual? _____	<b>25</b>
<b>Aula 3</b>	– Os ambientes aquáticos são estáticos? _____	<b>41</b>
<b>Aula 4</b>	– Os ambientes aquáticos são formados por água pura? _____	<b>63</b>
<b>Aula 5</b>	– Tubarão come ortofosfato? _____	<b>79</b>
<b>Aula 6</b>	– Rios e lagos são ambientes independentes? _____	<b>95</b>
<b>Aula 7</b>	– Todo estuário tem manguezal e todo manguezal fica em um estuário? _____	<b>113</b>
<b>Aula 8</b>	– Os organismos aquáticos são capazes de construir grandes ecossistemas? _____	<b>131</b>
<b>Aula 9</b>	– O território do Brasil termina na praia? _____	<b>153</b>
<b>Aula 10</b>	– Como os organismos se agrupam nos ambientes aquáticos? _____	<b>169</b>
<b>Aula 11</b>	– Os recursos pesqueiros são renováveis _____	<b>193</b>
<b>Aula 12</b>	– Poluição e conservação dos ambientes aquáticos _____	<b>213</b>
<b>Referências</b>	_____	<b>229</b>



## Toda região costeira é igual?

### Metas da aula

Apresentar a diversidade estrutural dos ecossistemas costeiros e demonstrar como fazer para identificá-los e diferenciá-los.

## objetivos

Ao término desta aula, você deverá:

- identificar alguns dos elementos fisiográficos que compõem um ambiente de praia;
- apontar alguns fatores que influenciam na visibilidade da água em um ambiente de recife de coral;
- realizar experimento para simular a formação de um ambiente costeiro.

## INTRODUÇÃO

Como esta é a nossa primeira aula, é importante que sejam expostas algumas considerações iniciais a respeito de nossa disciplina. *Instrumentação em Biologia Aquática* tem por objetivo fornecer material para que você, um(a) futuro(a) professor(a), adquira ferramentas para ensinar aos seus alunos a complexidade dos ambientes costeiros marinhos e de água doce, bem como suas comunidades biológicas.

Mais do que isso, o que pretendo é que você veja, neste primeiro módulo, a zona litorânea como exemplo de uma região extremamente importante do ponto de vista ambiental, além de uma fonte de recursos naturais. Porém, devemos alertar que ela corre sérios riscos ambientais se não for explorada por nós de forma racional.

Nesta aula, você vai ser apresentado a diferentes ecossistemas existentes na costa brasileira e, sempre que possível, ver exemplos de locais no Rio de Janeiro. Muitos desses ecossistemas serão tratados mais detalhadamente em aulas futuras.

Como esta é uma disciplina instrumental, vamos fazer diversas atividades que permitirão ilustrar os fenômenos que veremos ao longo das aulas e que você poderá facilmente utilizar com seus futuros alunos (mesmo que vocês estejam a quilômetros da água salgada!).

### ATIVIDADE

1. É óbvio que nem todos moram perto do mar. Talvez essa peculiaridade geográfica possa levar ao entendimento de que esta disciplina seja irrelevante aos olhos de quem só vê campo ou serra. Entretanto, “aquática” não se refere somente ao ambiente marinho. Portanto, é importante mostrar para você como a Biologia Aquática está relacionada diretamente com a sua realidade, seja tratando de água doce, seja de água salgada.

Observe (**Figura 1.1**) a concentração populacional situada na costa. Pare e pense: por que isso ocorre?



Figura 1.1: Densidade demográfica no Brasil: 2000.

Leve essa pergunta ao pólo e debata com seu tutor e companheiros de estudo. Sugerimos que você siga um pequeno roteiro, que deverá compor seu raciocínio. Na resposta devem constar a influência de:

- a) fatores históricos (como a ocupação da costa no período da colonização);
- b) fatores econômicos (como o escoamento da produção);
- c) fatores sócio-culturais (sociedades mais heterogêneas, com acesso a escolas e tradições de outros povos);
- d) fatores ambientais (como a presença de recursos extrativistas, pescadores, clima etc.).

## PARA ENTENDER A COSTA

A zona costeira faz a interface entre continente e oceano. Em outras palavras, ela é uma área que marca o início da terra (litoral) que se estende ao interior. Como toda zona de transição, caracteriza-se por apresentar grande dinamismo, com alterações constantes em sua configuração. Em determinados momentos, o mar é o principal modificador dessa área, seja pela ação das ondas, seja por alterações históricas no seu nível. Em outros, o continente exerce um papel mais importante, tanto pelo aporte de sedimentos pelos rios quanto por atividades vulcânicas.

A forma atual do litoral brasileiro é resultado da separação dos continentes africano e sul-americano há cerca de 150 milhões de anos.

Primeiramente, vamos falar das feições comuns a todas as regiões costeiras, sejam elas no Rio de Janeiro, no Brasil ou no mundo. Para que você entenda melhor, a zona de transição desde o continente até o oceano pode ser subdividida em:

*1) costa:* de forma geral, dizemos que costa é uma designação comum a uma série de terrenos que se encontram junto ao mar, formando uma linha de contato entre a água e o terreno. Mais especificamente, é uma faixa de terra de largura variável (de alguns quilômetros até dezenas de quilômetros), que se estende da linha de praia (alcance máximo do mar ao banhar o continente) para o interior, prolongando-se até que ocorram grandes mudanças

#### **CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS**

Estudadas pela geografia física, elas são um conjunto de características de determinado local ou ambiente, tais como forma do relevo e intensidade no batimento de ondas. Neste caso, falamos das modificações do relevo que permitem observar o início ou o fim de uma zona ou região (seus limites).

nas **CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS**. A costa brasileira, longitudinalmente, estende-se por 7500km (ou 9200km, aproximadamente, se considerarmos as ilhas oceânicas, atóis etc.) e é um dos maiores litorais do mundo. Ela apresenta várias formações, incluindo dunas, ilhas, baías e falésias, entre outras;

*II) praia:* podemos definir praia como uma formação geológica consistida por partículas soltas de rocha (areia, cascalho e pedregulho, por exemplo) ao longo da margem de um corpo d'água (mar ou rio, por exemplo). Ela é coberta e descoberta periodicamente pelas águas, por isso é um ambiente de grande variedade quanto à sua configuração. A praia pode possuir maior ou menor inclinação, e sua extensão transversal termina quando se inicia o aparecimento de vegetação natural (ou outro ecossistema) na costa;

*III) costa afora:* zona que vai da faixa de arrebatção das ondas até a borda da plataforma continental (parte do relevo submarino próximo ao litoral, de largura variável e profundidade média de 200 metros).



Foto: Jonathan Eduardo

As ondas começam a se formar em um local determinado e depois se alinham, constituindo as famosas "séries" (termo utilizado no surfe). Prosseguindo até o litoral, sofrem o atrito com a superfície do fundo (arenoso ou coralino, por exemplo), quebrando na zona de arrebatção. Para um surfista, perceber esta zona é um quesito básico para a prática do esporte. Vamos tratar de ondas mais detalhadamente na Aula 3.

**Figura 1.2:** Arrebentando na arrebatção.



Vamos trabalhar estes conceitos por intermédio do uso de imagens?

A **Figura 1.3** ilustra o limite da **BERMA**, espaço situado entre o fim do alcance das ondas e o início da vegetação típica da faixa de areia. Nela ocorre a deposição de materiais trazidos pelo mar e lançados na praia. Em muitos casos, podemos dizer que praia arenosa e berma são a mesma coisa.



**Figura 1.3:** Exemplo de limite da zona de berma, na praia de Grumari, Rio de Janeiro (RJ). Observe a separação nítida entre a areia, a vegetação e o pedaço de madeira vindo do mar.

## BERMA

Porção da praia (ou pós-praia) que se inicia no ponto máximo de alcance das ondas e que se estende até o surgimento da vegetação. Nas praias do Rio, por exemplo, é comum vermos uma faixa inclinada de areia (que corresponde ao alcance das ondas), e uma faixa sem inclinação, com areia menos compactada (areia fofa). Geralmente aí, na berma, é que os frequentadores da praia fazem caminhadas, praticam esportes, acampam etc. Nessa parte, normalmente, a areia é mais quente, pois não há alcance das ondas. Em algumas praias da cidade do Rio de Janeiro é possível reconhecer nitidamente a berma pelo aparecimento da vegetação característica, como na praia da Reserva (entre a Barra da Tijuca e o Recreio dos Bandeirantes). Em outras, como a praia de Copacabana, a berma é artificial e bastante larga (em virtude do aterramento). Nesse caso, não há vegetação, mas podemos limitá-la pelo calçadão.

## ATIVIDADE



### 2. Vamos à praia?

Para você visualizar melhor o conteúdo apresentado até agora, observe a foto de uma praia brasileira (Bombinhas, SC). Nela, traçamos 3 linhas imaginárias que servirão de auxílio para fazer esta atividade. Nela você deve reconhecer:

- a) o limite de alcance das ondas na areia;
- b) o início e fim da berma;
- c) a faixa de aparecimento da vegetação.



Figura 1.4: Praia de Bombinhas (SC).

### RESPOSTA COMENTADA

A natureza deixa marcas: a) na linha 2, repare a mudança de cor da areia, indicando o alcance das ondas na maré mais alta daquele dia. Perceba ainda que o alcance varia conforme a maré. Na foto, ela já havia atingido um nível ainda mais elevado. Observe (entre as linhas 2 e 3) um contorno fino e escuro na areia composto de pequenos fragmentos – delimitando o final da faixa “molhada” –, que corresponde ao alcance máximo das ondas na maré mais alta (se o dono do barco tivesse desprezado tal característica, poderia perder a embarcação); b) entre as linhas 2 e 3 inicia-se a berma, que se estende até o início da vegetação; c) um pouco acima da linha 3, inicia-se a vegetação (fim da berma).

Agora pare e pense: o que ocorre com a zona de arrebentação das ondas? Para responder, você deve entender que, em alguns casos (como o visto na foto), o volume e intensidade da onda são quase inexpressivos. A “quebra” das ondas praticamente coincide com seu alcance na praia, pois trata-se de uma praia calma e de baixa energia (a não ser que ocorra um tsunami...).

A região costeira, subdividida nos componentes vistos por você anteriormente, pode caracterizar diferentes ecossistemas importantes. Dentre estes, podemos destacar a lagoa costeira, a praia, o costão rochoso, as poças de maré, os estuários, os manguezais e os recifes de coral.



Assista ao filme *Waterworld* (*O mundo das águas*), estrelado por Kevin Costner. É uma obra ficcional que recria um mundo onde a terra se torna uma figura quase mítica. No filme, todos os ecossistemas costeiros ficaram submersos em virtude da elevação do nível do oceano.

## LAGOAS COSTEIRAS

Comuns em todo o litoral do Rio de Janeiro, as lagoas (ou lagunas) costeiras são corpos de águas calmas que, de forma geral, mantêm comunicação com o mar (apesar de haver lagunas *semi-fechadas* ou *fechadas*, nas quais o contato com o mar não é livre).

São formadas pelo isolamento de **ENSEADAS** ou desembocaduras de rios por cordões arenosos, resultantes do depósito de sedimentos marinhos (como areia, por exemplo); e também pela ação de ventos, correntes e ondas. A **Figura 1.5** mostra o processo de formação de uma lagoa costeira pela expansão do cordão arenoso. No Brasil, as maiores lagunas estão nas regiões Sul, como a Lagoa dos Patos (RS), e Sudeste, como as lagoas de Araruama, Saquarema e Cabiúnas (RJ).

### ENSEADAS

Pequenas baías; entradas de mar junto à costa, com boca estreita, e que se alargam em direção ao interior.



**Figura 1.5:** Exemplo de início de formação de uma lagoa costeira.

## COSTÕES ROCHOSOS

### ZONAÇÃO

Distribuição das espécies em áreas, camadas ou zonas distintas, ao longo de um ambiente, resultantes da influência de fatores bióticos (como predação e exclusão competitiva, por exemplo) e abióticos (temperatura e salinidade, por exemplo).

Os costões rochosos são ambientes formados por rochas situadas entre os meios terrestre e aquático, muito comuns no estado do Rio de Janeiro. Essas rochas, no Brasil, são de origem vulcânica. Os costões caracterizam-se por apresentarem **ZONAÇÃO** sujeita às condições atmosféricas, ao efeito da energia do batimento das ondas, à variação das marés e das chuvas (exemplos de fatores abióticos).

A **Figura 1.6** mostra sutilmente a zonação em um costão rochoso. Note uma faixa superior mais clara e outra logo abaixo, mais escura. Tipicamente, a faixa superior é formada por cracas (*Balanus*), enquanto mexilhões (*Perna perna*) ocorrem na faixa mais próxima à água.



**Figura 1.6:** Costão rochoso do lado direito da praia do Diabo, no Rio de Janeiro (RJ).

## POÇAS-DE-MARÉ

### ZONA ECÓTONE

Zona de transição entre dois ecossistemas adjacentes, que contém comunidades de espécies características de cada um deles.

As poças-de-maré são as áreas do costão rochoso – ou **ZONA ECÓTONE** da praia arenosa –, onde a água do mar fica retida quando a maré alta começa a baixar. Vale lembrar também que é possível haver poças-de-maré somente na pedra, sem presença de areia (nesse caso, não se caracterizam como zona ecótone).

Este ambiente apresenta grandes variações na salinidade e na temperatura da água, que tendem a aumentar até a nova subida de maré. O aumento da salinidade, por exemplo, decorre da evaporação

da água do mar retida na poça. A **Figura 1.7** exemplifica bem o belo ambiente formado por uma poça-de-maré entre o costão rochoso e o ambiente de praia.



**Figura 1.7:** Poça-de-maré formada em uma área na pedra do Arpoador, Rio de Janeiro (RJ).

## ESTUÁRIOS

Os estuários consistem basicamente em partes da costa (principalmente baías ou grandes lagoas costeiras) onde há um grande aporte de água doce vinda de rios, encontrando-se e misturando-se com a água do mar. Este ambiente apresenta flutuações nas propriedades físico-químicas da água, principalmente a salinidade. Uma importante característica dos estuários é a grande quantidade de espécies de crustáceos e peixes que utilizam este ambiente para o crescimento de seus juvenis. A baía da Guanabara é um bom exemplo de estuário na costa do Rio de Janeiro (**Figura 1.8**).

Você sabia que os estuários são conhecidos como zonas de berçário dos animais marinhos? Geralmente é uma região com elevada produtividade biológica, relacionadas à baixa profundidade média (permitindo a penetração da luz solar até o fundo) e pelo aporte de água doce (adicionando os nutrientes desta com os nutrientes vindos do mar), entre outros fatores.

A abundância de luz solar e a quantidade de nutrientes promovem uma alta produção de plâncton (base da cadeia alimentar). Essas particularidades, aliadas à baixa influência da ação dos ventos e marés na produção de ondas no interior do estuário, propiciam um ambiente seguro para alimentação e reprodução. No entanto, devido a essas mesmas características, os estuários sofrem particularmente os efeitos da poluição (pela presença de portos, pelo despejo de esgoto etc.).



Figura 1.8: Vista panorâmica da ponte Rio–Niterói.

#### Baía da Guanabara

A baía da Guanabara não é um acidente geográfico autônomo. Isto é, ela não existe sozinha. Além de precisar do mar, que renova diuturnamente suas águas em um trabalho sem fim, é o corpo receptor final de todos os efluentes líquidos gerados nas suas margens e nas bacias dos 55 rios e riachos que a alimentam. A baía mantém, portanto, uma relação de interdependência com os vários ecossistemas a que se integra. A qualidade das suas águas não poderia deixar de ser influenciada pela carga poluidora lançada nos rios de seu entorno e no seu espelho d'água. Contribuem para este quadro as

atividades humanas desenvolvidas, bem como as inúmeras fontes potenciais de poluição existentes, que incluem 14.000 estabelecimentos industriais, 14 terminais marítimos de carga e descarga de produtos oleosos, dois portos comerciais, diversos estaleiros, duas refinarias de petróleo, mais de mil postos de combustíveis e uma intrincada rede de transporte de matérias-primas, assoreamento e obstrução dos rios com lama e lixo. As calhas que despejam esgoto, assim obstruídas, provocam inundações de áreas urbanizadas (texto retirado do Centro de Informação da Baía da Guanabara - [www.cibg.rj.gov.br](http://www.cibg.rj.gov.br)).

## MANGUEZAIS

Como você já sabe, o conjunto das raízes de uma planta é denominado sistema radicular. Este sistema, geralmente subterrâneo, é responsável pela fixação dos vegetais no solo, absorção, condução e, às vezes, reserva de água e nutrientes. **RAÍZES**

**AÉREAS**, por sua vez, são aquelas expostas ao ar (podem ser do tipo “escora”, “tabular”, “respiratória”, “estrangulante”, entre outros). As **RAÍZES RESPIRATÓRIAS** são raízes de plantas que se desenvolvem em lugares alagadiços; possuem pequenos furos (pneumatódios) em que ocorre a aeração.

Os estuários localizados entre as regiões tropicais (como o Rio de Janeiro) e as equatoriais (como o Amapá) apresentam um tipo de vegetação peculiar chamada manguezal. A vegetação de manguezal se caracteriza por crescer em áreas inundadas pela maré e por possuir **RAÍZES AÉREAS** típicas e **RAÍZES RESPIRATÓRIAS** (ou pneumatóforos). As principais espécies deste tipo de ambiente no Brasil são o mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), o mangue-branco (*Laguncularia racemosa*) e a siriúba (*Avicennia schaueriana*).

Os manguezais desenvolvem-se em áreas chuvosas e de grande variação de maré. No Brasil, a área adequada à formação de mangue compreende as regiões Sudeste, Norte e Nordeste. Entretanto, é nos estados do Maranhão e do Pará que os manguezais brasileiros mostram maior exuberância. A **Figura 1.9** mostra um trecho desse ambiente sendo recuperado em plena lagoa Rodrigo de Freitas, área urbana do Rio de Janeiro (RJ). Observe as raízes aéreas em destaque na foto.



**Figura 1.9:** Detalhe das raízes aéreas de um trecho de manguezal na lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro (RJ).



Sugerimos uma publicação para que você aumente seus conhecimentos sobre manguezais. O livro recomendado é: ALVES, Jorge Rogério Pereira (org.). *Manguezais: educar para proteger*. FEMAR: SEMADS, Rio de Janeiro, 2001. 96 p. Este livro pode ser adquirido na Fundação dos Estudos do Mar ([www.femar.com.br](http://www.femar.com.br)).



## RECIFES DE CORAL

Um recife de coral, sob o ponto de vista geomorfológico, é uma estrutura rígida, resistente à ação mecânica das ondas e correntes marinhas, e construída por organismos marinhos vegetais ou animais portadores de esqueleto calcário. Sob o ponto de vista biológico, esses recifes coralíneos são formações criadas pela ação de comunidades de organismos denominados **CORAIS HERMATÍPICOS**.

Embora a estrutura básica de recifes biogênicos seja em geral formada pelo acúmulo dos esqueletos desses animais, para sua formação, é necessária a atuação conjunta de uma infinidade de seres, formando uma complexa teia de associações e de eventos em sucessão. Em alguns recifes, inclusive do Brasil, o crescimento de outros organismos, como **ALGAS CALCÁRIAS**, pode assumir uma relevância igual ou maior que a dos próprios corais hermatípicos.

### CORAIS HERMATÍPICOS

Organismos providos de esqueletos calcários, responsáveis pela criação de recifes e atóis (do grego herma, atos – apoio, sustentáculo, fundação).

### ALGAS CALCÁRIAS

São basicamente macroalgas da classe Rhodophyceae, ordem Corallinales. Apresentam-se calcificadas finamente e se fixam às rochas, fornecendo sedimentos carbonáticos ou mármores para outros organismos que lá se fixarão. Atuam, portanto, como bioconstrutoras. No Brasil, são as principais responsáveis pela formação do atol das Rocas.

Os recifes de coral – ou biológicos – são ambientes restritos a regiões costeiras tropicais (entre 30° de latitude sul e 30° de latitude norte). Caracterizam-se por possuir águas rasas, transparentes e quentes, acima de 23 °C.

Na costa brasileira, os ambientes de recifes de coral ocorrem restritamente do norte de Santa Catarina até o norte do Maranhão, concentrando-se do Rio Grande do Norte à Bahia. Mas é em Abrolhos, no sul da Bahia, que eles explodem com toda a sua beleza e diversidade: é a formação de coral mais importante do Atlântico Sul. Na foto clicada em um mergulho noturno (**Figura 1.10**), você pode ver um exemplo desse ecossistema. É importante notar que tudo que aparece na foto, excluindo a areia à direita, é formado por organismos vivos.



Você deve se lembrar de que os recifes de coral se parecem com rochas e são bioconstruídos por animais e vegetais que lá depositam minerais.



**Figura 1.10:** Ecossistema de recife de coral em Bonaire, uma ilha do Caribe.

“Passeando pelo globo...”. A grande barreira de coral (Great Coral Reef), situada na Austrália, é o mais extenso recife coralino do mundo. Considerada a maior estrutura viva da Terra, ela mede cerca de 2.000km e pode ser vista do espaço.



## ATIVIDADE



## 3. Atol das Rocas

Observe este trecho explicativo retirado do *site* do Ibama ([www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)): Atol é uma formação de recifes de coral em forma de anel. O vocábulo foi introduzido na linguagem científica internacional por Charles Darwin. Já a palavra 'rocas' vem do espanhol (rocha, pedra). Na maré alta, somente ficam emersas duas pequenas ilhas: *Farol* e *Cemitério*, formadas por fragmentos de conchas, ossos de aves e de peixes e detritos vegetais. Na maré baixa surgem na área interior do atol várias piscinas naturais, de tamanhos e profundidades variadas, que atuam como berçários de diversas espécies.

Quando alguém vai ao atol das Rocas, percebe claramente que a visibilidade da água é quase sempre maior dentro do atol (dentro das "piscinas" que são formadas lá). Isso ocorre por diversos fatores, e dois deles são:

- a) pouca profundidade;
- b) pouca influência direta da ação de correntes.

Apesar de não termos mencionado essa particularidade durante esta aula, pedimos que você use sua intuição para justificar o motivo pelo qual as águas no interior do atol apresentam-se mais claras:

---

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*A baixa profundidade permite maior penetração da luz solar, atingindo o fundo quase que diretamente, com baixa refração da luz. Isso faz com que as cores e a nitidez sejam potencializadas. Quanto ao item "b", podemos estabelecer o seguinte parâmetro: quanto mais "parada" a água em um ambiente despoluído, mais clara ela se torna. A pouca incidência de correntes faz com que haja pouca alteração do fundo (a areia do fundo praticamente não é movimentada, por exemplo) e baixa entrada de detritos (como pedaços de madeira, plástico etc.).*



“Navegar é preciso...”. Selecionamos alguns *sites* para você navegar na grande rede e desenvolver um pouco mais este fascinante estudo:

[www.pesca.sp.gov.br](http://www.pesca.sp.gov.br) – Instituto de Pesca do Estado de São Paulo. Apresenta diversas informações, tais como aquicultura, cursos e museus;

<http://cpba.inpa.gov.br> – Coordenadoria de Pesquisa em Biologia Aquática do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia;

[www.aquabio.com.br](http://www.aquabio.com.br) – Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática.

## CONCLUSÃO

Como pudemos aprender, a região costeira apresenta uma grande variedade de ecossistemas diferentes. Esses ambientes são basicamente resultantes de características fisiográficas particulares. Conseqüentemente, a região costeira do estado do Rio de Janeiro, essencialmente tropical, é diferente da região costeira do estado do Amazonas, eminentemente equatorial.

Outra informação importante é o dinamismo da zona litorânea, que está continuamente se modificando. Além disso, você deve entender também que determinados ecossistemas são afetados mais intensamente pelo ambiente externo do que outros.

## ATIVIDADE FINAL

Agora você vai confeccionar um experimento que futuramente poderá ser feito com seus alunos. Esta atividade simula o surgimento de uma região costeira, maximizando os efeitos ambientais. Você vai precisar, para fazer o experimento, de:

- uma bacia plástica (ou uma banheira de bebê, ou outro recipiente qualquer largo e aberto em cima) com cerca de 40 cm de diâmetro por 15 cm de altura, que possa ser cheia de água e manuseada com pouco risco de quebra;
- areia fina e limpa, equivalente à metade do volume da bacia;
- um ventilador pequeno;
- uma pedra qualquer de cerca de 15 x 10 cm;
- um regador pequeno;
- uma luminária com lâmpada quente;
- água equivalente à metade do volume da bacia.

### Procedimentos

1. pegue a bacia plástica, cubra metade com areia limpa e complete com água, deixando 5cm de areia à mostra;
2. direcione o ventilador (ligado) para a água na bacia e deixe o ventilador atuando por 1 hora;

#### COMENTÁRIO

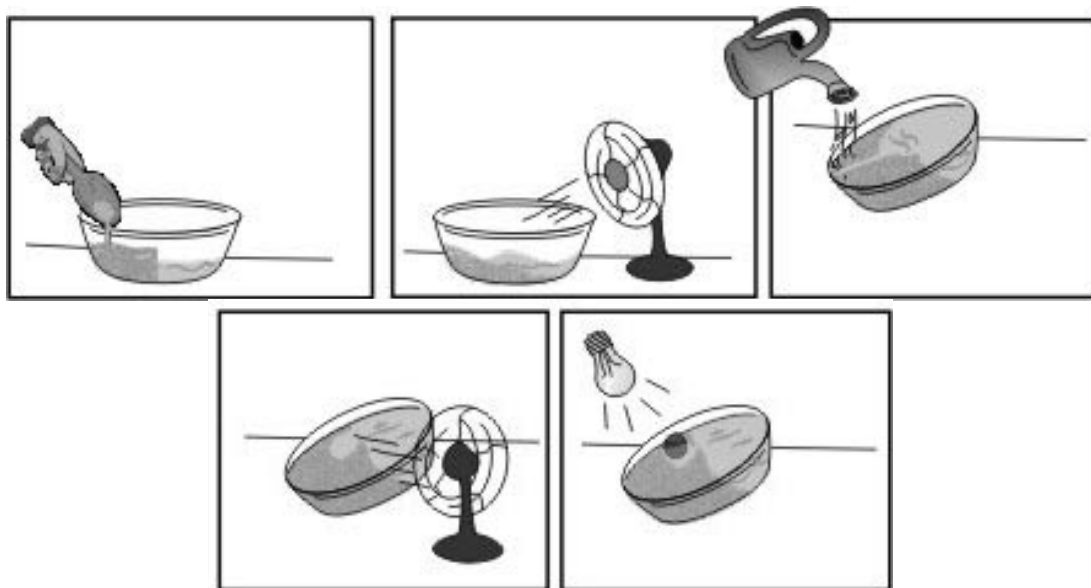
*Após esse período, você vai verificar que a areia desceu, formando uma região semelhante a uma praia, com os seus compartimentos.*

3. aumente o vento e poderá observar a formação de ondas quebrando na praia. Verifique que as ondas chegam, no máximo, até um trecho da areia (berma);
4. coloque água em um regador e despeje-a lentamente pela areia, em um fluxo contínuo no meio da bacia;

#### COMENTÁRIO

*Veja como vai se formando uma baía semelhante a um estuário, no qual a água do regador simula o aporte de água doce de rios.*

5. mude o ventilador de lugar, colocando-o na extremidade da bacia, e perceba a criação de um cordão arenoso que tende a fechar o estuário e originar uma lagoa costeira;
6. pegue a pedra e coloque junto da areia, parte afundada e parte emersa;
7. ao lado da pedra, faça uma pequena poça e ligue uma luminária com a lâmpada comum perto, com o foco direcionado para a poça.



#### **COMENTÁRIO**

*Cerca de 15 minutos depois, verifique como a temperatura da água da poça e da pedra estão mais quentes do que o ambiente ao redor, mostrando como um costão rochoso e uma poça-de-maré são afetados pelo ambiente externo mais intensamente que o ecossistema do entorno.*

**RESUMO**

A zona costeira apresenta uma grande diversidade estrutural de ecossistemas litorâneos. Esses ecossistemas são característicos das diferentes regiões do planeta e apresentam características fisiográficas particulares. Na costa (subdividida em praia, berma e costa afora), temos ecossistemas que são compartimentos de ambientes maiores, como a berma na praia.

A costa abriga ecossistemas importantes (como as lagoas costeiras, costões rochosos, poças-de-maré, estuários, manguezais e recifes naturais) que servem de *habitat* a espécies distintas de acordo com suas feições fisiográficas. Existem também ecossistemas que, por estarem em uma zona de transição entre o continente e o oceano, estão continuamente em modificação, como um estuário originando uma lagoa costeira.

**INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, daremos continuidade ao conhecimento da diversidade dos ecossistemas marinhos. Nesta fase, iremos estudar os ambientes oceânicos mais afastados do continente, em águas mais profundas. Mantenha ao seu lado a primeira aula e deixe por perto a simulação do litoral, pois continuaremos a utilizá-la. Até a segunda aula!



## Toda região oceânica é igual?

# AULA 2

### Meta da aula

Apresentar a diversidade estrutural das feições fisiográficas dos oceanos e mostrar como fazer para identificá-las e diferenciá-las.

Após o termino desta aula, você deverá:

- avaliar rotas distâncias de navegação a partir da observação de mapas;
- distinguir mares de oceanos;
- simular a influência das águas continentais nos oceanos.

## INTRODUÇÃO

### HIDROSFERA

É a parte líquida do planeta Terra. Compreende o conjunto de todos os tipos de água em seus diferentes estados físicos (gasoso, líquido e sólido).

### CICLO HIDROLÓGICO

É o processo contínuo de mudança de estado da água (ciclo da água). A água condensa, precipita-se na forma de chuvas e geadas e retorna aos rios, lagos e oceanos, de onde evapora (devido à radiação solar). Volta à atmosfera novamente, até a condensação e precipitação em um momento seguinte, completando o ciclo.

A região oceânica é considerada a última região (ou, como alguns chamam, a última “grande fronteira”) desconhecida pelo homem no planeta Terra. Você acha que toda região oceânica é igual? Você já viu na aula passada que a região costeira é bastante heterogênea. E a região oceânica, como se apresenta?

Existe um clichê que diz: “O planeta Terra deveria ser chamado planeta Água”. Na verdade, o planeta Terra deveria se chamar planeta Oceano. Os oceanos, com profundidade média de 3.700 metros, cobrem 362 milhões de quilômetros quadrados, representando cerca de 70% da superfície terrestre e respondendo por 98% de toda a água da **HIDROSFERA (Figura 2.1)**.

Os 2% restantes de água da hidrosfera correspondem a todo o gelo dos pólos Norte e Sul (1,64% desse total), seguido das águas subterrâneas (0,36%), dos rios e lagos (0,04%) e da atmosfera (0,001%). Esta (a atmosfera), apesar de conter uma pequena parcela da água existente, é muito importante, pois realiza a transferência da água entre os diversos compartimentos (lagos, rios, mares e oceanos) pelo **CICLO HIDROLÓGICO**.

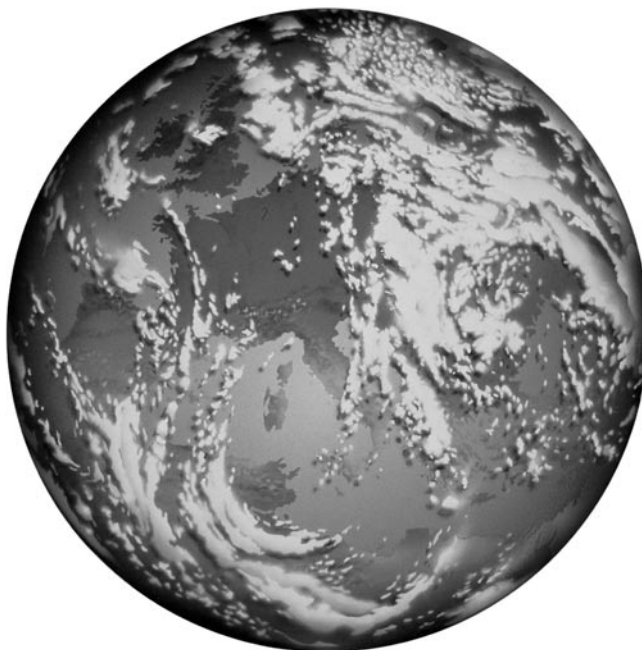


Figura 2.1: Globo terrestre.



## OS OCEANOS

Denominamos oceano a essa vasta extensão de água salgada que cobre três quartos da Terra (**Figura 2.2**). Cada parte dessa extensão ocupa uma superfície determinada, e por isso a dividimos convencionalmente em oceano Austral ou Antártico, Atlântico, Pacífico, Índico e Ártico (como você verá na **Figura 2.3**).

### “Por que água salgada?”

Nosso sistema solar constituiu-se a partir de uma nuvem espessa de gases interestelares e poeira cósmica. Essa vasta nuvem condensou-se em um gigante disco circular, na medida em que partículas de matéria juntaram-se pela atração gravitacional. Quase a totalidade da matéria (cerca de 90%) foi atraída para o centro do disco, aumentando a temperatura desse núcleo a ponto de produzir reações termonucleares (o Sol começou a “brilhar”).

Ao mesmo tempo em que o Sol se formava, esparsos acúmulos de gases e poeira cósmica condensaram-se em planetas (formando o Sistema Solar). A Terra, em sua origem, era constituída por uma órbita superaquecida. À medida que houve uma diminuição dos impactos provocados por meteoritos, a Terra foi resfriando e formando uma fina crosta de rocha cristalina. Abaixo dessa crosta, a temperatura permanecia altíssima.

Portanto, naquele momento era natural haver uma enorme quantidade de erupções vulcânicas decorrentes do magma em movimento, que exercia força e atravessava a fina crosta terrestre. Essas erupções gradualmente construíram uma superfície irregular da Terra, e os gases e vapores provenientes das erupções constituíram uma atmosfera primitiva. Quando a Terra resfriou ainda mais, o vapor condensou-se em água (chuva constantes) sobre a superfície de nosso planeta, dando forma a lagos e oceanos.

Toda essa água, em contato com a crosta ainda não completamente consolidada da Terra, provocou constantes erosões, e o desgaste das rochas carregou material mineral junto com a água. Além disso, as erupções vulcânicas liberaram substâncias voláteis (tais como dióxido de carbono, cloro e sulfato) para a atmosfera, e estas foram transportadas diretamente (ou indiretamente, pelos rios) para o oceano. A água, enriquecida por esses componentes, tornou-se salgada (a água dos oceanos contém, em média, concentrações entre cerca de 33 e 37g de sal por cada quilograma).



Foto: Cesar Raymond Santos

**Figura 2.2:** Erupção de gases.

Essa divisão em oceanos nada mais é do que a representação do espaço que ocupam em relação às bacias encravadas na crosta terrestre, preenchidas por água salgada. Os Índico, Pacífico e Atlântico são os três grandes oceanos do planeta, sendo cortados pela linha do Equador (círculo imaginário que divide a Terra em duas metades: hemisférios norte e sul) e pelos trópicos (círculos paralelos à linha do Equador que limitam as regiões do globo em relação ao movimento do Sol: trópicos de Capricórnio e Câncer). Os outros, Ártico e Antártico, ficam restritos aos pólos.

Como a maioria das terras emersas (os continentes), cerca de 2/3 delas, está localizada no hemisfério norte, fica o hemisfério sul com 80% de cobertura de água (Figuras 2.3 e 2.4).

## ALGUMAS PARTICULARIDADES DOS OCEANOS

O oceano Pacífico (que não tem nada de “pacífico”) é o maior e mais profundo dos oceanos, possuindo uma área de cerca de 1/3 da superfície terrestre (ou 170 milhões de quilômetros quadrados). É circular e relativamente pouco afetado pelas massas de terra que o circundam (continentes, ilhas e atóis). Além disso, engloba a maioria das ilhas oceânicas e fossas submarinas devido ao deságüe de poucos rios de grande porte.

### CÍRCULO DE FOGO DO PACÍFICO

Área circundante da placa tectônica do Pacífico e que corresponde, grosso modo, às fronteiras do Oceano Pacífico. Dadas as suas características geológicas, que correspondem a zonas de convergência de placas muito ativas, cerca de 90% dos abalos sísmicos e atividade vulcânica da Terra localizam-se no círculo de fogo do Pacífico.

### Fossas Marianas

O ponto mais profundo do oceano são as fossas Marianas, localizadas no oceano Pacífico, próximos às Ilhas Marianas. Elas têm uma máxima profundidade de 10.924 metros. Elas foram totalmente inspecionadas em 1951, pelo batiscafo (aparato para medir profundidade) da marinha britânica “Challenger II”, que deu seu nome à parte mais profunda da fossa, o “Profundo de Challenger”.

### TSUNAMI

Onda gigante (ou sucessão de ondas) gerada por distúrbios sísmicos. Desloca-se em alta velocidade, possuindo grande poder destrutivo quando atinge a região costeira.

Mais da metade dos vulcões ativos do mundo se encontra nas áreas periféricas do oceano Pacífico, coincidindo com as fronteiras de diversas placas tectônicas e formando o famoso **CÍRCULO DE FOGO DO PACÍFICO**. Esse oceano contém, ainda, a região geologicamente mais ativa da Terra. Ocasionalmente, a movimentação destas placas causa eventos catastróficos, como por exemplo o **TSUNAMI** (ocorrido em Dezembro de 2004), que resultou na morte de inúmeras pessoas.

### Placas tectônicas

Placas Tectônicas são blocos rochosos que subdividem horizontalmente a crosta terrestre. Movimentam-se continuamente e são separadas por grandes fendas vulcânicas em permanente atividade no fundo do mar. O choque entre as placas pode originar cadeias de montanhas, vulcões e atividades sísmicas.

A teoria das placas tectônicas sustenta que a crosta terrestre não é uma "casca" contínua, mas sim que é fragmentada em 16 placas (ou mais) que se movem independentemente. Esse movimento se dá em virtude do intenso calor no interior da Terra, criando "blocos" de rocha derretida sobre as quais as placas flutuam e constantemente trocam de posição. Assim, algumas placas deslizam sobre outras enquanto se movem. Um exemplo disso é a movimentação das placas do Pacífico e da placa localizada na costa norte dos Estados Unidos, que estão deslizando uma sobre a outra causando alterações morfológicas naquela região e também uma recorrência de terremotos ao longo da falha de San Andreas.

Quando duas placas que deslizam uniformemente colidem, elas "enrugam", e cadeias de montanhas são construídas: os Andes, os Alpes e o Himalaia foram formados dessa maneira. Entretanto, também pode haver o caso de uma se sobrepor à outra no momento da colisão.

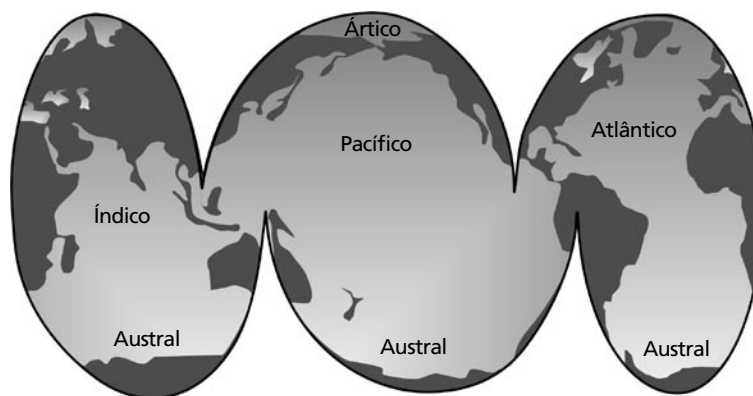
A movimentação continental ocorre muito vagarosamente. As placas movem-se entre um a cinco centímetros por ano. Entretanto, se formos considerar o tempo geológico (períodos, como proterozóico, paleozóico, cenozóico etc.), essa movimentação foi dramática. A movimentação continental causou algumas das extinções em massa de espécies que marcaram a história da vida na Terra.



Foto: Chris LaCroix

Figura 2.3: Movimentação da Terra.

Já o oceano Atlântico apresenta pouco mais da metade da área do oceano Pacífico, sendo estreito e circundado por grandes mares marginais (golfo do México, mar Mediterrâneo, Báltico e mar do Norte). Sua profundidade média é menor que a do Pacífico, e muitos dos maiores rios do mundo deságuam em suas águas, como o Amazonas (Brasil), Orinoco (Venezuela), Nilo (Egito), Congo (Congo) e Mississipi (EUA), criando neste oceano uma grande influência continental.



**Figura 2.3:** Visão equatorial dos oceanos, destacando os grandes mares marginais.

O oceano Índico, localizado basicamente no hemisfério Sul, é banhado por três grandes rios (Indo, Ganges e Brahmaputra), e apresenta três importantes mares marginais (golfo de Bengala, mar Vermelho e golfo Pérsico). Possui uma área semelhante a do oceano Atlântico.

Os oceanos menores (Antártico e Ártico), por sua vez, são restritos aos pólos e possuem menos que 10% da área dos oceanos maiores. O oceano Antártico fica localizado entre as latitudes 40-60°S e circunda o continente de mesmo nome, sendo o único que não tem barreiras continentais por possuir uma conexão de águas contínuas (ao longo das linhas de longitude ao redor do globo). Essa conexão propicia a formação de massas de água sub-superficiais que se deslocam em direção aos trópicos; e também a corrente circumpolar Antártica que, como o próprio nome diz, circunda todo o planeta, margeando o pólo Sul.

Você deve se lembrar que, em fevereiro de 2004, o navegador brasileiro Amyr Klink, a bordo do veleiro Paratii 2, terminou a volta ao mundo sem escalas em apenas 76 dias. Esta proeza só foi possível pois a rota seguida pelo velejador passou apenas pelo oceano Antártico. O trajeto estabelecido por Amyr denomina-se circunavegação polar.

### ATIVIDADE



#### 1. Circunavegando

A notícia sobre a circunavegação do velejador brasileiro Amyr Klink foi muito divulgada na imprensa nacional e estrangeira. Agora você deverá procurar em jornais, revistas e na Internet, um mapa esquemático da circunavegação polar de Amyr Klink, e um outro do globo terrestre. Observe com atenção os mapas e responda: teria como este navegador dar a volta ao mundo, em menor tempo, se esta travessia fosse circundando o pólo norte pelo oceano Ártico?



Foto: Damon Eyre

Figura 2.5: Veleiro oceânico.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### RESPOSTA COMENTADA

*Com este exercício, você pôde comprovar que a rota que permite dar a volta ao mundo em menor tempo é a circunavegação Antártica. O oceano Antártico é o único que, como já foi dito, não tem barreiras continentais, possuindo uma conexão de águas contínuas ao longo das linhas de longitude ao redor da Terra. Este tipo de travessia seria impossível de ser feita no oceano Ártico, devido aos continentes adjacentes. Nesse caso, o navegador seria obrigado a fazer diversas modificações em seu percurso para evitar os obstáculos naturais que seriam impostos a ele.*

## OS MARES

Junto à região costeira, existem outros corpos de água menores que os oceanos, denominados mares. Os mares geralmente apresentam características oceanográficas (aspectos geológicos, físicos, químicos e biológicos) diferentes dos oceanos adjacentes, devido a restrições na circulação das águas.

Os mares podem ser mais ou menos salinos (em virtude de processos físicos como congelamento, ocorrência de precipitação e evaporação, entre outros) e mais ou menos aquecidos (em virtude de correntes marinhas, clima predominante etc.), além de outras distinções.

Os mares, quanto ao grau de ligação com os oceanos circundantes, podem ser separados em três categorias:

- I) mares costeiros ou abertos – de livre acesso para os oceanos;
- II) mares continentais ou mediterrâneos – rodeados por terras, mas que mantêm uma ligação com os oceanos através de canais ou estreitos, como o estreito de Gibraltar e o mar Mediterrâneo (em relação ao oceano Atlântico);
- III) mares fechados ou isolados – não possuem qualquer ligação direta com os oceanos, como o mar Morto.

## O SOLO OCEÂNICO

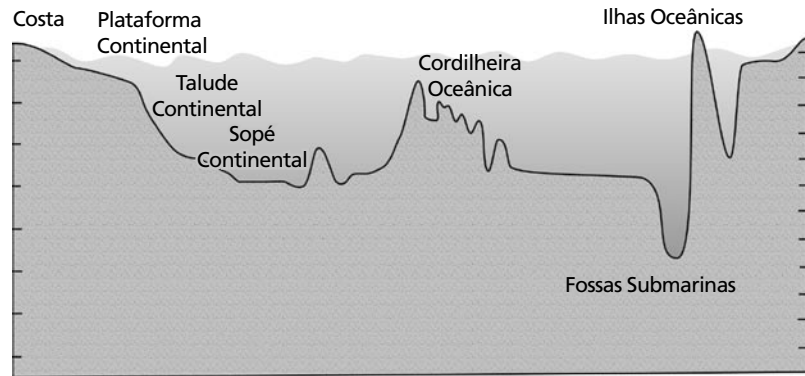
O solo oceânico apresenta uma variedade de aspectos muito distintos daqueles que nos são familiares no ambiente terrestre. O relevo submarino apresenta diferentes feições geomorfológicas (como você irá observar na **Figura 2.6**) e se divide em margem continental e bacia oceânica propriamente dita. Veremos inicialmente a margem continental:

- I) *costa* – parte de terra firme em contato com o mar e modificada pela ação deste (reveja na Aula 1 os conceitos de “costa” e “praia”). A linha de costa brasileira prolonga-se do cabo Orange (4° N) até o Chui (34° S);
- II) *plataforma continental* – é a área submersa contínua à costa, possuindo uma inclinação pouco acentuada e profundidade média de 200m, podendo chegar a 350m (como na Antártica). Em outras palavras, é a extensão

submersa do continente que vai da costa até o talude, e corresponde a cerca de 8% da superfície dos oceanos. No Brasil, a largura da plataforma varia entre 8km, na costa de Salvador (BA), a 320km, na foz do rio Amazonas (AM);

III) *talude continental* – inicia-se onde a plataforma continental sofre um aumento na inclinação (quebra), geralmente aos 130m de profundidade. É como se a plataforma continental subitamente chegasse a um “despenhadeiro” (diferente da plataforma, já que nesta há um aumento contínuo e progressivo da profundidade a partir da costa). O talude costuma apresentar inúmeros cânions submarinos, que são fendas profundas e estreitas, com um formato em “V”, e que têm papel importante no transporte de sedimentos. No Brasil, a maioria dos cânions está restrita às regiões Norte e Nordeste. Nestas, a quebra da plataforma ocorre em águas mais rasas (75-80m no Norte, 40-80m no Nordeste, e 100-160m no Sudeste-Sul);

IV) *elevação ou sopé continental* – se no talude a inclinação é bastante acentuada em relação à plataforma continental, no sopé ela é mais suave, apresentando um menor ângulo de inclinação, e ocorre geralmente entre 1.500 e 2.500m de profundidade. O sopé é formado pelo acúmulo dos sedimentos provenientes das zonas mais costeiras. Sua profundidade média é de 4.000m, podendo atingir 9.000m. Sua largura costuma variar entre cem a mil quilômetros. A maior largura encontrada na costa brasileira é em frente ao estado do Espírito Santo, com 850km.



**Figura 2.6:** Esquema de relevo submarino exemplificando as diferentes divisões geomorfológicas.

Veremos agora a bacia oceânica propriamente dita:

- I) *bacias oceânicas* – Inicia-se no *sopé continental* e prolonga-se até a cordilheira mesoceânica. Inclui predominantemente as planícies abissais, os platôs submarinos e as fossas submarinas;
- II) *fundo ou planície abissal* – Ocorre entre 4.000 e 5.000m de profundidade, com um ângulo de inclinação muito reduzido. Caracteriza-se por uma variedade topográfica; normalmente, é entrecortada por montanhas, vales, planícies etc.;
- III) *cordilheiras oceânicas* – formadas basicamente por atividades vulcânicas, são concentradas nas zonas de encontro de placas tectônicas. Surgem no assoalho oceânico como diversas montanhas altas e lineares que se elevam entre 2.000 e 4.000m acima do fundo marinho. Na costa brasileira, podemos destacar as formações do Nordeste, como a cordilheira de Fernando de Noronha, o arquipélago de Fernando de Noronha (Figura 2.7), os rochedos de São Pedro e São Paulo, o Atol das Rocas (PE) e Vitória-Trindade (ES). Estes apresentam áreas emersas que formam ilhas oceânicas.





Foto: Marco Aurelio M. Costa

**Figura 2.7:** Fernando de Noronha.

Os oceanos podem apresentar duas configurações básicas:

- I) plataforma-talude-elevação – é o caso da costa continental brasileira, com as ilhas oceânicas;
- II) plataforma-talude-fossa – é o caso da margem continental do Peru, onde o talude desce direto para fossas profundas e estreitas.

A costa brasileira pode variar de comprimento em função da forma como é medida. Os valores disponíveis são de 6.500 a 9.500 km, dependendo se é considerado ou não o perímetro das ilhas e baías.

## EVOLUÇÃO TOPOGRÁFICA

Você está achando complicado, não é ? Isso ocorre porque vemos o fundo do oceano como uma topografia contínua que se distingue somente pela profundidade (alguns o vêem como um “grande mistério”, sem imaginar o que é na verdade).

Se você observar com atenção a **Figura 2.8.d**, vai ficar nítido que a linha de costa da América do Sul parece encaixar-se na margem continental da África. Qual é o porquê disso? Será que é por acaso? Não! Há cerca de 225 milhões de anos, os continentes (Américas, Europa, Ásia, África e Antártica) estavam unidos, formando uma imensa extensão de terra: o continente Pangéia (**Figura 2.8.a**). As placas tectônicas foram se movimentando e dando forma aos atuais continentes.

Mais recentemente, algo em torno de 200 milhões de anos atrás, o Brasil e a África ainda estavam fundidos em um único continente, o Gondwana, que pode ser visto na **Figura 2.8.b**. O Sul do oceano Atlântico só surgiu há cerca de 135 milhões de anos, quando a América do Sul começou a derivar no sentido horário, separando-se do continente Africano. Neste período, o oceano Atlântico Sul ainda estava isolado do Atlântico Norte, pois existia uma ligação entre os dois continentes (atualmente corresponde ao Nordeste do Brasil).

Esta é uma das hipóteses para justificar o fato da plataforma nordestina ser tão estreita e com um talude continental de quebra tão rasa. Como essa região é mais recente e desprovida do aporte de grandes rios, a deposição de sedimentos continentais é (e foi) menor, refletindo diretamente na topografia. Esta movimentação dos continentes ocorre até hoje devido ao movimento das placas tectônicas.

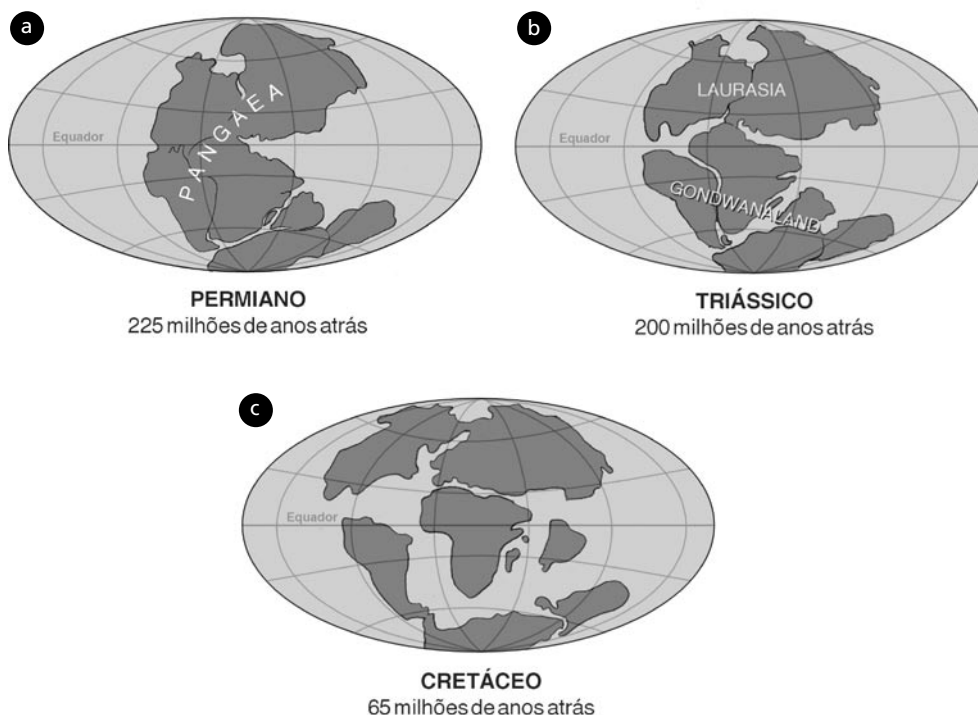


Figura 2.8: Movimento dos continentes nos últimos 230 milhões de anos.

### ATIVIDADE



#### 2. Banho de mar

Para fazer esta atividade, você deverá usar sua intuição. Pegue um mapa da costa do Brasil e do estado do Rio de Janeiro para responder à seguinte questão (se você não possuir um mapa, use o quadro demográfico que está no início da Aula 1): no verão e nos finais de semana mais quentes, em que você vai à praia, você toma banho de mar ou de oceano?

---



---



---



---



---



---



---



---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Você deve ter respondido que vai ao oceano, já que não temos mares na costa brasileira. Está certo! Entretanto, será que todas as pessoas que tomam banho de mar estão erradas? Não! Mar pode ser considerado, em uma linguagem menos técnica, toda faixa adjacente ao litoral, ou toda massa de água salgada do globo terrestre. Logo, você pode continuar tomando banho de mar sem ficar com a consciência pesada...*

## CONCLUSÃO

Já no século XX, praticamente todas as terras emersas habitáveis contavam com a presença do homem, ou de alguma de suas construções ou equipamentos instalados. Mesmo em lugares inóspitos, como o estéril deserto do Saara ou o topo do Himalaia, o homem desbrava a terra para desvendá-la e explorá-la.

Entretanto, escondido sob um manto azul, o fundo dos oceanos ainda guarda mistérios e curiosidades não catalogadas em museus ou descritas em bibliotecas. Ainda hoje as expedições científicas se maravilham com descobertas de criaturas bizarras e ecossistemas complexos.

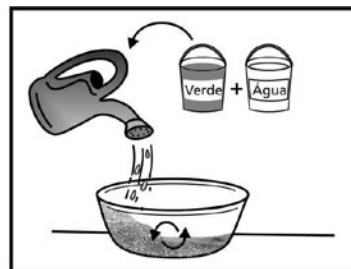
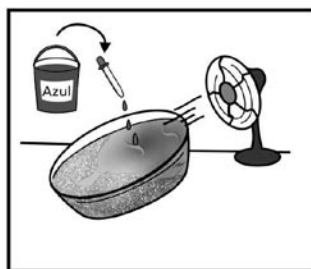
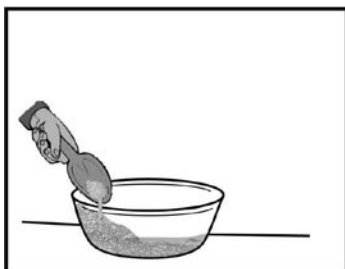
Como você aprendeu nesta aula, boa parte do planeta Terra é coberto pelos oceanos; e a região oceânica, assim como a costeira, também apresenta uma grande variedade de feições fisiográficas diferentes. Estas são resultantes basicamente do movimento contínuo das placas tectônicas. A influência continental nos compartimentos que estudamos é variável em função das restrições na troca de água com compartimentos maiores, tornando o campo da oceanografia um mundo vasto a ser pesquisado.

## ATIVIDADE FINAL

### Botando em prática

Agora você vai confeccionar um experimento que futuramente poderá ser utilizado em sala de aula. Esta atividade simula uma região oceânica, maximizando os efeitos ambientais. Vamos trabalhar passo a passo. Para fazê-lo, você vai precisar de parte do material utilizado na aula anterior, além de mais alguns poucos itens:

- uma bacia plástica com cerca de 40 cm de diâmetro por 15 cm de altura (ou uma banheira de bebê, ou outro recipiente qualquer aberto em cima que possa ser cheio de água e manuseado com pouco risco de quebra);
- areia fina e limpa, suficiente para cobrir metade da bacia;
- um ventilador pequeno;
- um regador pequeno;
- um pouco de tinta guache nas cores verde e azul;
- água suficiente para cobrir um terço da bacia.



### Procedimentos

1. pegue a bacia plástica, cubra metade desta com a areia limpa, criando em uma extremidade uma pequena elevação (simulando uma montanha);
2. coloque água na bacia de modo que cerca de cinco centímetros de areia fiquem fora da água (emerso, simulando os continentes);
3. crie um mar costeiro abrindo uma área interna no continente, ligando-o com a água (região oceânica);
4. coloque o ventilador na extremidade perpendicular ao mar costeiro. Pingue algumas gotas de tinta azul e ligue o vento. Você poderá observar a tinta diluindo-se, cobrindo a região oceânica com um tom azulado. Verifique que a área do mar costeiro apresenta-se menos azulada, indicando uma menor influência das águas oceânicas;

5. coloque água e dilua a tinta verde em um regador. Despeje-a lentamente em um fluxo contínuo sobre a areia que simula a montanha;
6. veja como a água continental esverdeada desce a montanha e começa a misturar as tonalidades (verde com azul), assim que encontra a região oceânica.

#### **RESPOSTA COMENTADA**

*Observe que, como foi explicado durante a aula, os mares geralmente apresentam características diferentes dos oceanos adjacentes, devido a restrições na circulação das águas.*

*A quantidade de mares e grandes rios adjacentes aos oceanos é um fator que cria uma grande influência continental, como é caso do oceano Atlântico, que banha a costa brasileira.*

#### **RESUMO**

A maior parte do globo terrestre é coberta por água e, na sua grande maioria, pelos oceanos. Os cinco oceanos possuem formas e tamanhos diferentes, e têm a sua origem na separação dos grandes continentes primitivos pela movimentação das placas tectônicas. Estas movimentações ocorrem até hoje, causando atividades sísmicas que continuam alterando a configuração dos fundos oceânicos.

#### **INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, iniciaremos os estudos sobre o papel dos fatores físicos e químicos nos ecossistemas aquáticos. Mantenha ao seu lado as aulas anteriores, pois continuaremos a utilizá-las. Até a terceira aula.

## Os ambientes aquáticos são estáticos?

# AULA 3

### Metas da aula

Apresentar os movimentos verticais e horizontais da coluna d'água dos ambientes aquáticos, em escala pequena e global, bem como as interações da água com a atmosfera, mostrando sua origem e como diferenciá-las.

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- realizar experimento para comprovar a influência da salinidade no congelamento e derretimento da água;
- realizar experimento para comprovar a influência da temperatura na densidade da água;
- aplicar o conhecimento sobre ventos e correntes para justificar uma rota de navegação.

## INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos, o homem utilizou (e ainda utiliza) os corpos de água como caminho para se deslocar. Um exemplo disso é a navegação, uma das práticas mais antigas na história da humanidade. Para o homem, entretanto, o meio aquático sempre foi um enigma, pois as condições para a navegação eram determinadas por fatores (como marés, ventos correntes etc.) que, à primeira vista, não tinham relação com as propriedades da água em si. Em outras palavras, normalmente o homem não percebia que o comportamento (e o movimento) da água é influenciado pelo ambiente como um todo. E você, o que acha? Será que os ambientes aquáticos são estáticos? Existe movimento nas águas?

Você viu nas aulas passadas que as regiões costeira e oceânica são bastante heterogêneas. Ao longo desta aula, você vai ver que existe um grande dinamismo no ambiente aquático; as águas estão continuamente em movimento. Esses movimentos são resultado, basicamente, da interação das águas com a atmosfera. Assim, você verá que a compreensão do processo dinâmico das águas nos possibilita prever e entender fenômenos atmosféricos e oceanográficos, como marés e correntes.

A seguir, você vai conhecer quais propriedades físicas da água são mais relevantes no movimento dos corpos d'água, e entender como eles funcionam. Para tal, veremos como cada um desses fatores se relaciona diretamente com os fenômenos atmosféricos e oceanográficos.

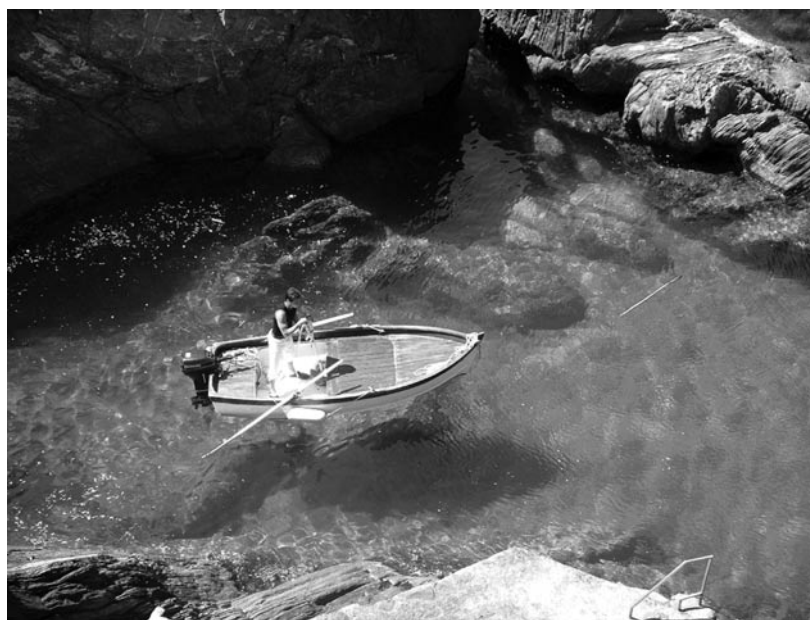


Foto: Rob Krause

**Figura 3.1:** Água: sustento, lazer e inspiração.



## TEMPERATURA

Os fatores físicos são os principais responsáveis pelos movimentos das águas. Dentre estes, destaca-se a temperatura, variável mais importante nos ambientes aquáticos.

Para você entender melhor de que forma as variações térmicas na atmosfera influenciam a dinâmica das massas d'água terrestres, é preciso, primeiro, ter uma noção global de como varia a temperatura no planeta a partir da nossa principal fonte de calor: o Sol.

Como você sabe, o planeta Terra é dividido em zonas climáticas distintas. Essa distinção se deve à incidência diferenciada dos raios solares na superfície da Terra. As regiões equatoriais, por serem mais quentes, continuamente transferem calor para as zonas polares, que são mais frias. A isso denominamos balanço térmico, responsável pela circulação das massas de ar (cinturões de vento), pela mudança de temperatura da água e, finalmente, pelas correntes oceânicas.

Existe uma transferência desse calor para zonas mais frias por meio da circulação atmosférica e oceânica. Como isso ocorre? O ar aquecido sobe na atmosfera (fica mais leve pelo calor), promovendo centros de baixa pressão atmosférica, enquanto o contrário ocorre com o ar que se resfria nos pólos: ele adensa e desce, promovendo os centros de alta pressão.

### Diferença de pressão

Variações horizontais da pressão do ar acontecem devido ao diferente aquecimento do ar perto da superfície da terra pela radiação solar. O ar se expande quando esquenta e se contrai quando esfria. A contração resulta em pressões do ar mais altas; na expansão, o ar ocupa uma área maior e é acompanhado por uma diminuição da pressão. Pressões mais altas são associadas a latitudes altas, e pressões mais baixas são encontradas perto dos trópicos.

Essa diferença dos centros de pressão é a origem dos ventos e da transferência de calor entre as diferentes zonas do planeta. Os ventos não caminham em linha reta; eles se deslocam em forma de curva e em sentido contrário nos dois hemisférios (devido à rotação da Terra). Esse fenômeno, denominado efeito de *Coriolis*, faz com que no hemisfério sul os ventos desviem à esquerda; e no norte, para a direita, como mostra a **Figura 3.2**.

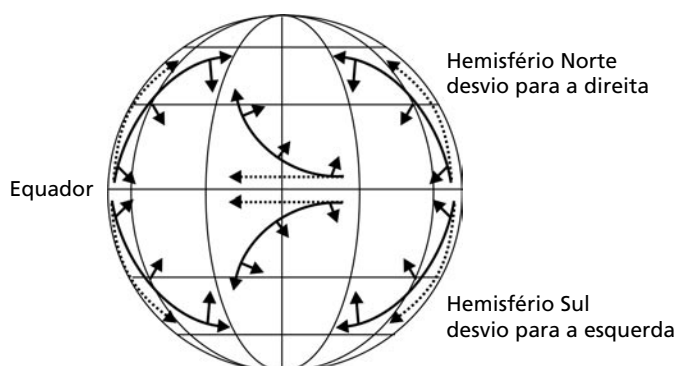


Figura 3.2: Efeito global da força de *Coriolis*.

#### Diferenças de temperatura

Por que a região equatorial é mais quente? Isso ocorre porque ela recebe cerca de duas vezes mais calor que os pólos, em virtude da curvatura de nosso planeta. Observe a Figura 3.3:

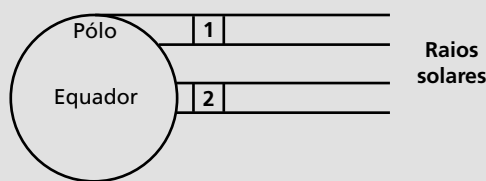


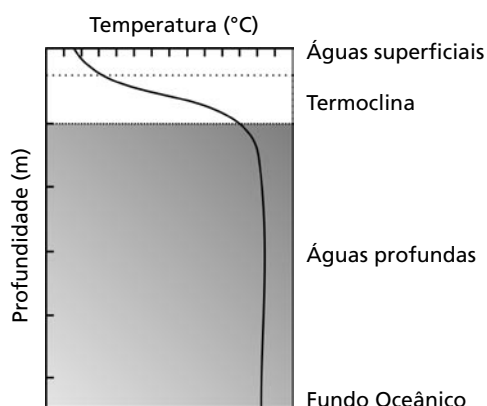
Figura 3.3: Esquema da irradiação solar no planeta Terra.

Na região 1, vemos que a área do globo que sofre radiação solar é cerca de duas vezes maior do que a área do globo destacada na região 2. Como a área da região 1 é maior (e a quantidade de energia incidente é a mesma), ela será mais fria porque a quantidade de energia solar por unidade de área será menor. O contrário ocorre na região 2.

Mas não estávamos falando da água? Pois é, a temperatura da água é basicamente resultante da absorção da radiação solar (ganho de calor), da reirradiação (perda de calor) da superfície do corpo aquático e da evaporação. A evaporação sozinha, por exemplo, representa mais da metade da perda de calor dos corpos de água.

A temperatura da água litorânea pode atingir  $-1,9^{\circ}\text{C}$  nos pólos (ponto de solidificação da água com salinidade da ordem de 35 gramas de sal dissolvido em um litro de água). Em poças de maré e regiões oceânicas com atividade vulcânica, a temperatura pode chegar a  $50^{\circ}\text{C}$ . Já em zonas profundas, abaixo de dois mil metros de profundidade, a temperatura geralmente é menor que  $4^{\circ}\text{C}$ , permanecendo constante e independente das variações sazonais.

As mudanças na temperatura da água refletem-se imediatamente nas suas outras variáveis físico-químicas: densidade, viscosidade, solubilidade do oxigênio e outras. Ao longo da **COLUNA D'ÁGUA**, tanto em ambientes aquáticos continentais quanto marinhos, a temperatura tende a diminuir gradativamente com o aumento da profundidade (**Figura 3.4**), podendo existir uma ou mais **TERMOCLINAS**.



**Figura 3.4:** Perfil vertical da temperatura da água em função da profundidade.

#### **Esfriou de repente...**

Quando falamos de termoclina, você deve ter entendido que há uma camada da coluna d'água onde a temperatura muda abruptamente. Muitas vezes essa termoclina ocorre em águas rasas.

Algumas vezes, essa mudança decorre de correntes de água gelada, e é tão marcante que é possível, pelo olhar, distinguir a corrente quente da fria. A camada d'água na superfície, por estar mais exposta à incidência dos raios solares, é mais quente. Um mergulhador, por exemplo, irá sentir na pele a diferença de temperatura: se ele não levar em conta a termoclina, sentirá muito frio!



Foto: Mirko Delgado

**Figura 3.5:** Entrando numa fria.

#### **COLUNA D'ÁGUA**

Cilindro hipotético de água que vai da superfície ao fundo do oceano, ao longo do qual as propriedades físicas e químicas da água variam e podem ser medidas.

#### **TERMOCLINA**

Camada de água que delimita a passagem entre as águas superficiais mais quentes e bem misturadas, e as águas oceânicas profundas e mais frias. Na termoclina, ocorre uma queda abrupta da temperatura por unidade de profundidade (**Figura 3.4**), definindo bem a estratificação térmica. Em águas oceânicas tropicais, costuma acontecer entre 100 e 300 metros de profundidade.

## ENERGIA RADIANTE E A COR DOS OCEANOS

### ÁCIDOS HÚMICOS

São substâncias originadas principalmente pela decomposição de organismos vegetais, aquáticos ou não, que acidificam o ambiente, tornando a coloração da água enegrecida.

Você aprendeu que a reirradiação é responsável pela perda de calor. A energia radiante (radiação solar) é a principal responsável pelo aquecimento dos corpos d'água; contudo, essa energia não serve somente como fonte de calor, mas também como fonte de luz. Outros elementos se valem dessa força da energia, como os **ÁCIDOS HÚMICOS** (elementos dissolvidos na água que também absorvem luz). Além disso, há uma dispersão da luz causada pelos materiais em suspensão (como pequenos organismos e detritos, que bloqueiam parcialmente a refração da luz ou a refletem).

Você se lembra das aulas de Física no Ensino Médio? A luz solar é constituída por ondas eletromagnéticas que se distinguem pelos diferentes comprimentos de onda. A absorção das cores na água, por exemplo, depende de seus comprimentos de onda. As radiações ultravioletas e infravermelhas, com longos comprimentos de onda, são absorvidas e refletidas logo nos primeiros centímetros, assim que penetram na água. A metade do infravermelho é convertida em calor nesses primeiros centímetros (resultado da troca térmica com a água), o restante do infravermelho representa o espectro visível, que penetra mais fundo na coluna d'água, e é chamado de radiação fotossintética ativa.

Como podemos perceber isso? Quando o mergulho submarino é feito em um dia ensolarado (e em especial ao meio-dia, em virtude do ângulo do Sol), há uma maior possibilidade de visualizar as cores da fauna e flora marinha mais nitidamente (se houver boa visibilidade). Entretanto, quanto mais fundo for o mergulhador, menor será a incidência de luz. Logo, o que era vermelho, por exemplo, passa a ter uma coloração parecida com o tom marrom (as cores perdem o brilho).

A faixa azul do espectro de cores, cujo comprimento de onda é muito curto, corresponde à cor que penetra mais profundamente nas águas. Em ambientes aquáticos continentais e próximos à costa, quase metade da luz do Sol é absorvida ainda no primeiro metro da superfície da água, devido à turbidez, criando uma coloração amarelo-esverdeada característica.

Em outros casos, entretanto, a tonalidade azul de alguns lagos de regiões temperadas e dos oceanos tropicais é um indicativo de águas pobres em nutrientes (desertos azuis), pois a cor reflete a grande absorção das faixas azuis devido à baixa concentração de compostos dissolvidos (ou em suspensão).



#### RESPOSTA COMENTADA

*Esta atividade confirma para você que o aumento da salinidade na água modifica a temperatura de congelamento em relação à água doce, fazendo com que a pedra de gelo salgada derreta mais rápido que a outra. Pela presença de sal, as ondas não congelam quando entram em contato com um litoral coberto de neve, do mesmo modo, a temperatura da água, na forma líquida, chega a valores negativos em determinados oceanos, sem congelar.*

A coluna d'água pode ser dividida verticalmente em função da penetração da radiação luminosa. A região superior (mais rasa), denominada *zona eufótica*, recebe luz suficiente para manter a atividade fotossintética e reprodutiva de vegetais, superior à perda energética resultante da respiração vegetal (que é, na verdade, o gasto metabólico dos organismos produtores na manutenção dos sistemas vitais, processo genericamente chamado de respiração).

A profundidade da *zona eufótica* varia em função da turbidez, podendo ter poucos centímetros em águas costeiras próximas a rios, e chegar a 150 metros em águas oceânicas.

Logo abaixo da *zona eufótica*, está a *zona disfótica*. Nessa região, a penetração da radiação fotossintética ativa é muito reduzida (embora ela ocorra). Entretanto, ela não é capaz de sustentar uma atividade fotossintética maior que as perdas por respiração.

A maior região, e a mais profunda, é a *afótica*, que se prolonga até o assoalho oceânico. Nesta, a ausência de luz é total e não existem vegetais.

## PRESSÃO

Pressão pode ser definida genericamente como a força exercida sobre uma área. Ao nível do mar (na superfície), a pressão atmosférica (força exercida pelo peso da camada de ar) equivale a uma atmosfera (atm); ou seja, a  $1,033\text{kg/cm}^2$ .

Como a água é mais pesada que o ar, a pressão exercida sobre um corpo submerso é maior, e soma-se à pressão atmosférica. Essa força denomina-se pressão hidrostática, que corresponde ao peso da coluna d'água por unidade de área. A cada 10 metros de profundidade, temos um aumento da ordem de uma atmosfera. Logo, se um corpo sofre pressão de 1atm ao nível do mar (pressão atmosférica), quando ele atinge 10 metros de profundidade, a pressão total exercida será de 2atm (1atm do ar + 1atm da coluna d'água).

Conseqüentemente, é nos primeiros metros de profundidade que são sentidos os maiores aumentos de pressão relativa. Na profundidade de 10 metros, por exemplo, a pressão exercida sobre um corpo dobra em relação ao nível do mar. Outra característica da pressão hidrostática é a capacidade de diminuir a temperatura (quanto maior a pressão, menor a temperatura): a cada 100m de profundidade (10atm) reduz-se 0,1C°.

#### **Barotrauma timpânico**

Por que sentimos dor no ouvido quando vamos até o fundo da piscina (ou quando mergulhamos no mar)? Como você sabe, o ouvido é dividido em duas partes: externa e interna. Na parte externa, a água penetra até o tímpano (membrana semi-flexível e semi-permeável), via conduto auditivo externo (canal em que colocamos o cotonete). Na parte interna, há presença de ar. Como o nosso corpo estava na atmosfera, a pressão em todos os espaços aéreos corpóreos (pulmão, ouvido interno etc.) estará igual à da atmosfera (ao nível do mar).

Como há ar dentro do ouvido, se mergulharmos sofreremos um aumento da pressão externa (pressão hidrostática). Esse aumento da pressão provocado pela água “empurra” o tímpano (que é semi-flexível) para dentro, pois a pressão da água é maior que a pressão interna (pressão atmosférica). Logo, sentimos dor. Essa lesão é chamada barotrauma timpânico (*baros*, em grego, significa pressão; *trauma*, lesão). Alguns barotraumas mais severos podem levar ao rompimento do tímpano.

Mas como fazer, então, para mergulhar sem sentir dor? Existe um procedimento denominado *manobra de Valsalva*. Como o ouvido interno está conectada ao nariz (rinofaringe), é possível “injetar” ar no ouvido, fazendo com que as pressões sejam equilibradas e, por conseqüência, o tímpano não seja mais “empurrado” para dentro, permanecendo em sua posição normal. O nome *manobra de Valsalva* é uma homenagem ao médico italiano Antonio Maria Valsalva (1666-1723), pesquisador que estudou, entre outras coisas, a anatomia do aparelho auditivo.

## **DENSIDADE**

A densidade é uma variável física quase tão importante quanto a temperatura no que se refere ao movimento das águas. Ela é a relação entre a massa e o volume que determinada substância ocupa (quanto maior a massa e menor o volume, maior a densidade).

No caso da água, a densidade é influenciada pela concentração de sais, sendo geralmente mais elevada em águas salgadas, e menor em águas continentais. O inverso ocorre com a temperatura. Podemos generalizar que águas mais quentes são menos densas que águas mais frias.

#### Diagrama T-S

Apesar de a temperatura e a salinidade serem variáveis independentes, esses parâmetros são tratados, geralmente, de forma combinada. São conhecidos como diagrama T-S. A junção desses dados caracteriza grandes volumes de água e identifica diferentes massas d'água.

As características de uma determinada massa d'água são resultantes da superfície dos oceanos onde elas se originam. Massas provenientes de zonas frias e muito salinas são também frias e muito salinas; e, de zonas quentes e pouco salinas, são também quentes e pouco salinas. Como o volume de água de cada massa é muito grande, a mudança dessas características físicas é lenta, e permite a identificação de massas distintas, mesmo com a movimentação horizontal e vertical dessas massas.

Em outras palavras, seria muito difícil medir a densidade de uma massa de água (especialmente pelo volume que essa massa ocuparia) e determinar a movimentação dessas massas. Portanto, a salinidade e a temperatura fornecem dados que permitem calcular facilmente a densidade das diferentes massas d'água e, a partir daí, determinar seus padrões de circulação.

Mudanças verticais são um tipo de movimentação das águas oceânicas decorrente das diferenças de densidade. Essas diferenças fazem com que águas mais densas (mais salgadas e mais frias) fiquem mais profundas, enquanto as águas com menor salinidade, pela influência continental, mantenham-se superficiais. A isso se dá o nome de circulação termoalina.

As massas de água mais profundas originam-se junto aos pólos. Com o resfriamento das águas superficiais, durante o inverno, as águas tornam-se mais densas, afundam e, conseqüentemente, diminuem a temperatura (podendo até congelar). Como durante o congelamento os sais são separados, aumenta-se a salinidade e, naturalmente, a densidade dessas águas oriundas dos pólos. Essas massas de águas prosseguem movimentando-se horizontalmente por correntes em direção à linha do Equador e, ocasionalmente, misturam-se com massas superficiais de água (mais quentes), promovendo o aporte de nutrientes do fundo para a *zona eufótica*. Esse tipo de circulação é a mais importante em águas profundas.

A estratificação da água (divisão em camadas), como conseqüência da densidade, também está presente em ambientes aquáticos continentais. Em lagos costeiros ou em zonas com grandes concentrações de sais no subsolo, o lençol freático salino, mais denso, faz com que a camada mais profunda da água esteja separada da camada superficial proveniente de chuvas e da drenagem de rios e, portanto, menos salina.



## ATIVIDADE

**2. Temperatura x densidade**

Uma boa maneira de visualizar a diferença na densidade entre massas de água quente e fria é por meio do experimento descrito a seguir. Trabalhe passo a passo, seguindo as instruções. Não esqueça de reunir todo o material necessário antes de iniciar.

Esse experimento é bastante simples e futuramente você poderá fazê-lo com seus alunos. Você vai precisar de:

- um pequeno aquário ou vasilha de vidro;
- um pouco de água;
- um potinho pequeno com tampa;
- algumas gotas de tinta que dilua em água, ou suco em pó.

**Procedimentos**

1. Pegue a água e preencha  $\frac{3}{4}$  do aquário.
2. Coloque água quente no potinho, dilua algumas gotas da tinta ou suco em pó, misture e feche bem com a tampa.
3. Ponha o potinho no fundo do aquário e abra a tampa lentamente, até o momento em que ocorra o início da mistura da água do pote com a água do aquário.
4. Marque o tempo de início da abertura do pote (T1). Após a abertura, marque os tempos subsequentes a cada minuto que passa (T2, T3 e T4).

Após a realização do experimento, descreva o que você observou e justifique os fatos ocorridos na tabela a seguir.

Tempo	Relato da experiência
T1	
T2	
T3	
T4	



**Figura 3.7:** Esquema exemplificando a água quente colorida subindo para superfície e cobrindo a água fria.

**RESPOSTA COMENTADA**

*Com esse experimento, você pôde confirmar que a água mais quente é menos densa, tornando-se superficial e sobrepondo-se à água fria mais densa, que permanece no fundo. Com a diminuição da temperatura, a água colorida começa a se misturar. Esse efeito pode ser extrapolado para os oceanos, explicando as mudanças verticais das massas de água.*

## MARÉS

Certamente você já deve ter observado em uma praia que a água atinge extensões variadas na areia. Em alguns momentos do dia, a água cobre boa faixa da praia; em outros, seu alcance é menor. As marés são os movimentos horizontais periódicos e previsíveis das massas d'água (maré alta e maré baixa) mais notados junto à costa. Elas são resultantes da força gravitacional dos astros e da força centrífuga decorrente da rotação da Terra.



Foto: John Skelch

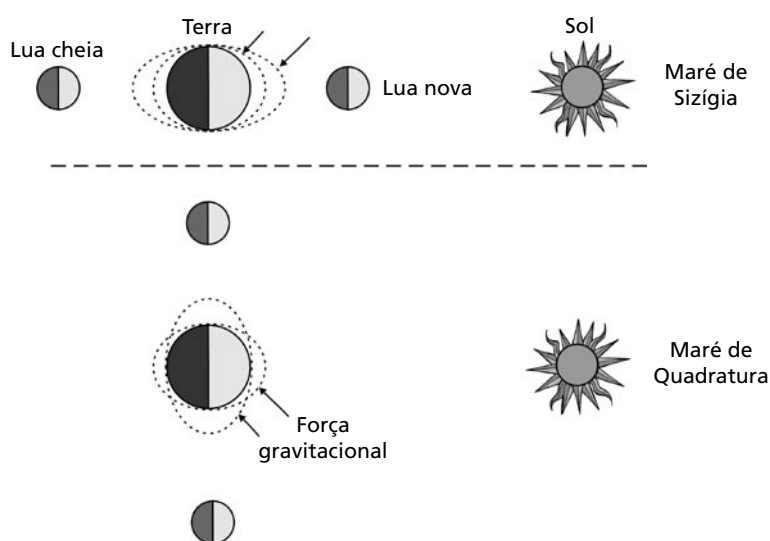
**Figura 3.8:** Barco encalhado na maré baixa.

A força de atração gravitacional da Lua e do Sol sobre a Terra, juntamente com a força centrífuga decorrente do movimento de rotação do planeta, determina a existência das marés.

A Terra e a Lua giram uma em relação à outra e ao redor dos seus eixos. A força de atração gravitacional é maior na região da Terra voltada para a Lua. Nesse ponto, a água é atraída pela Lua e a maré se eleva. Essa elevação do nível do mar caracteriza uma das duas marés altas observadas diariamente. Vale lembrar ainda que a força de atração gravitacional do Sol também influencia a formação dessa maré alta, mas a grande distância entre o Sol e a Terra faz com que a influência da Lua na elevação do nível do mar seja maior.

No ponto oposto, a água também se eleva formando a outra maré alta do dia, mas devido à força centrífuga. Esse comportamento das massas de água oceânicas gera duas marés altas diárias: uma decorrente da influência da Lua, e a outra resultante da força centrífuga. Naturalmente, nos pontos do planeta que não se encontram sob a influência dessas duas forças, observamos marés baixas. Portanto, a cada 12 horas podemos observar (como ocorre no litoral do Rio de Janeiro) uma maré alta (preamar) e uma maré baixa (baixa-mar), originadas por fenômenos astrofísicos diferentes.

Embora a influência do Sol sobre as marés seja menor que a Lua, quando os dois astros encontram-se alinhados (períodos de Lua Nova e Lua Cheia), seus efeitos gravitacionais são somados, resultando marés de grande amplitude (maré de sizígia). Quando Sol e Lua encontram-se em ângulo reto (períodos de quarto crescente e quarto minguante), as forças gravitacionais se contrapõem, resultando em marés de pequena amplitude (marés de quadratura), como ilustrado na **Figura 3.9**.



**Figura 3.9:** Interação entre a Terra e os astros e a relação com as marés.

No Brasil, as maiores amplitudes de maré são registradas na costa maranhense, com cerca de 5 metros, enquanto em toda a região sudeste e sul essa amplitude é de, em média, 1 metro. Como é possível calcular a variação das marés? São publicados anualmente documentos denominados tábuas das marés, contendo informações sobre o horário e a altura das marés (altas e baixas). Esses documentos são regionais e contemplam principalmente os grandes portos, ilhas oceânicas e desembocadura dos maiores rios costeiros. Um exemplo das informações contidas nesse tipo de documento você pode observar na **Figura 3.10**.

PORTO DO RIO DE JANEIRO (ESTADO DO RIO DE JANEIRO) – 2003

Latitude 22° 53'.8 S

Longitude 043° 11'.0 W

Fuso +3.0 horas

DHN

33 Componentes

Nível Médio 0.69 m

Carta 1512

Janeiro				Fevereiro				Março				Abril			
HORA	ALT			HORA	ALT			HORA	ALT			HORA	ALT		
	m		m		m		m		m		m		m		m
01 QUA	0228 1.2	16 QUI	0158 1.3	01 SAB	0302 1.3	16 DOM	0254 1.4	01 SAB	0213 1.3	16 DOM	0158 1.4	01 TER	0223 1.3	16 QUA	0245 1.2
	0853 0.5		0847 0.4		0915 0.4		0932 0.3		0811 0.3		0828 0.3		0856 0.3		0911 0.3
	1402 1.1		1339 1.2	☹	1443 1.3	☺	1441 1.4		1356 1.3		1347 1.3	☹	1430 1.3	☺	1458 1.3
	2041 0.2		2054 0.1		2134 0.0		2147 0.0		2030 0.0		2049 0.0		2121 0.2		2208 0.3
02 QUI	0300 1.3	17 SEX	0236 1.3	02 DOM	0323 1.3	17 SEG	0324 1.4	02 DOM	0234 1.3	17 SEG	0232 1.4	02 QUA	0247 1.3	17 QUI	0313 1.1
☹	0923 0.5		0924 0.4		0945 0.4		1000 0.3	☹	0845 0.3		0900 0.3		0932 0.3		0945 0.4
	1434 1.2		1415 1.3		1508 1.3		1515 1.4		1421 1.4		1424 1.4		1500 1.3		1539 1.3
	2121 0.1		2134 0.0		2206 0.1		2226 0.0		2106 0.1		2130 0.1		2158 0.3		2258 0.4
03 SEX	0326 1.3	18 SAB	0309 1.4	03 SEG	0345 1.3	18 TER	0400 1.3	03 SEG	0254 1.3	18 TER	0304 1.3	03 QUI	0311 1.3	18 SEX	0347 1.1
	0953 0.5		1000 0.4		1013 0.4		1028 0.4		0915 0.3		0932 0.3		1009 0.4		1030 0.4
	1500 1.2	☺	1456 1.3		1539 1.3		1556 1.3		1451 1.4	☺	1504 1.4		1536 1.3		1619 1.2
	2200 0.1		2211 0.0		2241 0.1		2302 0.2		2141 0.1		2211 0.2		2241 0.4		2349 0.6
04 SAB	0353 1.2	19 DOM	0349 1.3	04 TER	0406 1.2	19 QUA	0432 1.2	04 TER	0313 1.3	19 QUA	0338 1.2	04 SEX	0347 1.2	19 SAB	0411 1.0
	1021 0.5		1038 0.4		1043 0.4		1038 0.4		0949 0.3		0956 0.4		1054 0.4		1124 0.4
	1528 1.2		1534 1.3		1608 1.3		1636 1.2		1517 1.3		1547 1.3		1611 1.2		1700 1.1
	2238 0.1		2249 0.0		2313 0.2		2339 0.3		2215 0.2		2254 0.3		2330 0.5		
05 DOM	0413 1.2	20 SEG	0421 1.3	05 QUA	0436 1.2	20 QUI	0500 1.1	05 QUA	0339 1.3	20 QUI	0406 1.2	05 SAB	0417 1.1	20 DOM	0041 0.7
	1051 0.4		1109 0.4		1115 0.4		1023 0.5		1021 0.4		1023 0.4		1158 0.5		0443 1.0
	1558 1.2		1609 1.2		1645 1.2		1711 1.2		1553 1.3		1623 1.3		1658 1.1		1226 0.4
	2311 0.1		2328 0.1		2347 0.3				2249 0.3		2341 0.4				1745 1.0
06 SEG	0439 1.1	21 TER	0458 1.2	06 QUI	0504 1.1	21 SEX	0024 0.5	06 QUI	0406 1.2	21 SEX	0436 1.0	06 DOM	0039 0.6	21 SEG	0139 0.7
	1123 0.5		1138 0.5		1132 0.5		0528 0.9		1049 0.4		1028 0.4		0500 1.0		0509 0.9
	1630 1.2		1651 1.2		1719 1.1		1017 0.5		1624 1.2		1704 1.2		1053 0.5		1330 0.4
	2351 0.2						1756 1.0		2328 0.4				1309 0.5		1830 0.9
													1749 1.0		2109 0.8

**Figura 3.10:** Detalhe de uma Tábua de Maré para o porto do Rio de Janeiro.

## Efeitos da maré

A influência da maré é bastante importante nos ambientes costeiros. Você deve se lembrar das aulas passadas, quando mencionei que a amplitude de maré é uma das principais responsáveis pela zonação nos costões rochosos, pela formação de poças de maré e pela variação da área inundada pelo corpo d'água, com a entrada da cunha salina nos estuários, lagunas e manguezais. Além disso, a variação das marés é extremamente importante junto à costa, pois modifica as profundidades e altera a direção das correntes superficiais.

Rios costeiros também sofrem grande influência das mares. Diferenças no nível da água em rios costeiros podem ser notadas a mais de 10km da sua desembocadura no mar. A maré é igualmente relevante para mares e baías, nas quais é responsável pela inversão da direção do fluxo e troca das águas costeiras pelas oceânicas. Nesses ambientes, é comum conhecer a maré alta como maré enchente; e a baixa, como vazante.

## ONDAS

As ondas também movimentam horizontalmente as águas e são resultantes, basicamente, da transferência de energia dos ventos para a massa d'água superficial. A intensidade dessa energia depende de três fatores: a velocidade, a duração do vento e a área disponível do corpo d'água (pista). A área de ação do vento deve ser muito grande para que a onda possa se desenvolver totalmente. Esse é um dos motivos pelos quais corpos d'água continentais não apresentam grandes ondas, apesar de poderem sofrer a incidência de ventos fortes e persistentes.

Entretanto, em regiões oceânicas afastadas da costa, existe espaço para a onda se desenvolver totalmente, e é possível inclusive estimar a altura média que as ondas irão atingir em função da velocidade do vento. Enquanto o vento promove a formação de ondas, a tensão superficial da água e a força da gravidade atuam como forças contrárias ao seu desenvolvimento, e tendem a manter as ondulações no nível do mar.

Uma onda pode ser segmentada em diferentes parâmetros, como descrito a seguir e exemplificado na **Figura 3.11**:

- *crista da onda* – região superior da onda (parte mais alta);
- *vale (cava) da onda* – região formada entre duas cristas subseqüentes (denomina-se vale por ser a depressão que se apresenta entre cristas);
- *altura da onda* – distância vertical entre o topo da crista e a base da onda junto à cava;
- *comprimento da onda* – distância horizontal entre o topo das cristas de duas ondas simultâneas. O tempo para a onda percorrer esse comprimento é denominado *período da onda*;
- *amplitude da onda* – distância vertical máxima da superfície do mar a partir do nível da água em repouso. Corresponde à metade da altura da onda.

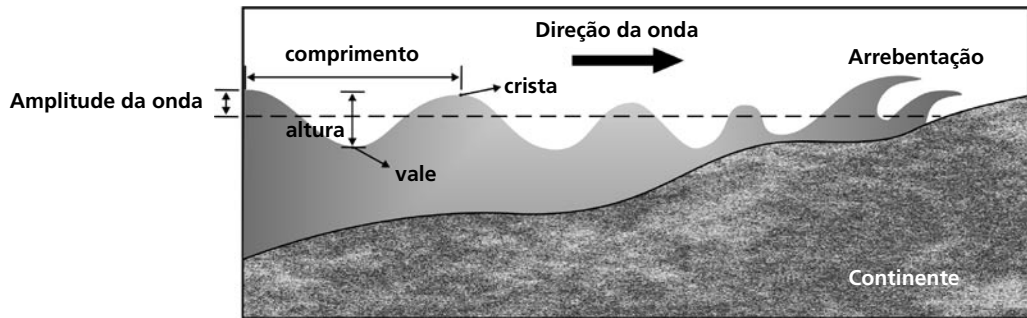


Figura 3.11: Parâmetros medidos em uma onda.

#### Por que a onda “quebra”?

Com a chegada das ondas oceânicas às águas rasas, a redução da profundidade faz com que ocorra o atrito da base da onda com o substrato. Esse atrito torna a região superior da onda mais veloz que a inferior, ocorrendo a quebra da onda e a liberação da energia.



Foto: Neil Gould

Figura 3.12: Na crista da onda.

Geralmente, a onda quebra quando a profundidade é menor que 1,3 vezes a altura da onda, ou seja, uma onda de 1 metro vai quebrar quando a profundidade for menor que 1,3 metros.

Podemos classificar as ondas em diferentes categorias em função do tipo de arrebentação na linha de costa. A quebra diferenciada da onda é consequência direta da topografia do fundo. Vejamos quais são os tipos de onda:

- *ondas em derrame* – ondas pequenas e lentas. Presentes em praias abrigadas, dentro de baías, com poucas variações de tamanho e muito planas;

- *ondas em espiral* – nesse tipo, durante a arrebentação, a crista quebra com velocidade, criando uma espiral e formando um tubo. Essa onda é característica de praias com inclinação gradativa do fundo à costa, permitindo que a onda cresça em altura e adquira energia (força de impacto). Esse tipo de onda é considerado como a melhor para a prática do *surf* e faz a fama das praias havaianas em todo o mundo;

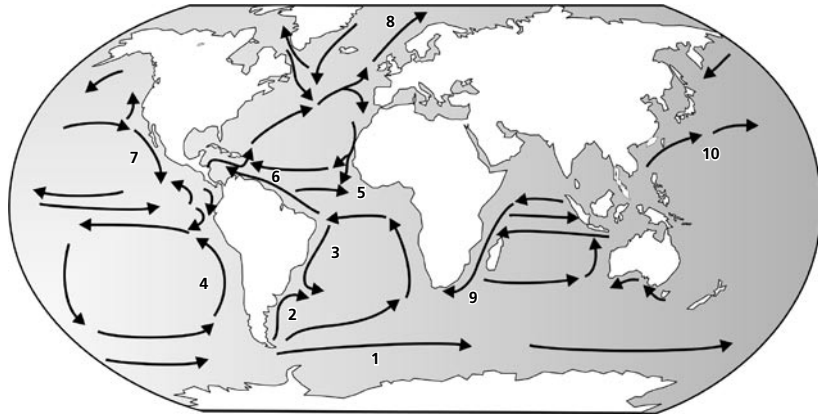
- *ondas em vagalhão* – são aquelas em que a arrebentação incide diretamente na praia. São típicas de praias com inclinação muito abrupta (como nas praias em que há presença de valas), nas quais a alteração da profundidade ocorre rapidamente (praias de tombo). Esse tipo de arrebentação é prejudicial à ocupação litorânea, pois tende a causar erosão costeira pelo transporte de sedimento, destruindo periodicamente a orla.

## CORRENTES MARINHAS SUPERFICIAIS

Responsáveis pelos movimentos horizontais dos maiores volumes de água, as correntes marinhas superficiais são originadas, principalmente, pelos ventos alísios que formam as correntes equatoriais. O vento determina a força da corrente superficial, que se desloca a 2% da velocidade do vento predominante. A direção, entretanto, é modificada progressivamente com o aumento da profundidade. Como a ação do vento é superficial, as camadas inferiores da coluna d'água diminuem o deslocamento pela fricção das moléculas de água, alterando a direção para a direita no hemisfério norte e para a esquerda no sul, devido ao fenômeno de *Coriolis*. Esse movimento da coluna da água, com direcionamento diferenciado, é conhecido como Espiral de Ekman e faz com que a corrente seja perpendicular ao vento, desviando 45° já na superfície.

Nos oceanos Atlântico e Pacífico, as correntes equatoriais são interceptadas pelas massas continentais e desviadas para norte e sul. No hemisfério norte, as principais correntes são Kuroshio e Califórnia, no Pacífico, além das Canárias, no Atlântico. As correntes equatoriais norte e sul estão separadas por uma corrente que flui em direção contrária, a Contracorrente Equatorial (Figura 3.13).

1. Corrente Circumpolar Antártica
2. Corrente das Malvinas
3. Corrente do Brasil
4. Corrente do Peru
5. Corrente Equatorial
6. Corrente das Guianas
7. Corrente da Califórnia
8. Corrente do Alasca
9. Corrente de Benguelo
10. Corrente de Kuroshio



**Figura 3.13:** Principais correntes marinhas superficiais.

No Brasil, a corrente Sul Equatorial, correndo no sentido leste-oeste, atinge a plataforma nordestina e se bifurca: uma parte flui em direção ao norte (corrente Norte do Brasil, ou corrente das Guianas), e a outra parte desloca-se para o sul. A corrente do Brasil transporta, superficialmente, uma massa d'água chamada de Água Tropical indo para o sul, sendo restringida parcialmente pelo Banco de Abrolhos e pela cadeia Vitória-Trindade, que formam uma barreira topográfica. Passando por este obstáculo, encontra o ramo costeiro da corrente das Malvinas, fluindo para o norte e levando a Água Subantártica. O encontro das duas correntes, denominado Convergência Subtropical do Atlântico Sul, forma, pela sua mistura, a Água Subtropical ou a Água Central do Atlântico Sul, que flui para o norte em camadas profundas. A corrente das Malvinas é um ramo da corrente Circumpolar Antártica que contorna a Terra pelo oceano Antártico e é uma das maiores correntes existentes em transporte de água.



## CONCLUSÃO

Os ambientes aquáticos estão em constante movimento pela circulação da água, misturando-se e minimizando as variações dos parâmetros físicos da água através dos deslocamentos verticais e horizontais.

## ATIVIDADE FINAL

### Navegando no passado

Nathaniel Philbrick, em seu ótimo livro *No coração do mar*, descreve (baseado em dados reais) o naufrágio de um barco que saiu da costa leste dos Estados Unidos para pescar baleias no litoral chileno e peruano. A história se passa em 1819, com o veleiro baleeiro Essex. Como é mostrado na **Figura 3.14**, a embarcação saiu da ilha de Nantucket, em frente a Boston, e navegou em direção à Europa. Parou na ilha dos Açores e costeou a África até as ilhas de Cabo Verde. Só então atravessou novamente o Atlântico, bordejando a América do Sul. Foi para o sul e contornou o Cabo Horn, subindo o Pacífico em direção à área de pesca.



**Figura 3.14:** Roteiro da última viagem do baleeiro Essex.



**RESPOSTA COMENTADA**

*Se você respondeu que o desvio foi feito com o objetivo de aproveitar melhor os ventos e correntes superficiais, está certo. Em 1819, ainda não existia o canal do Panamá, e a passagem do oceano Atlântico para o Pacífico era feita contornando o cabo Horn. O melhor caminho a ser seguido pelo veleiro Essex era pegar os ventos de oeste e usar a corrente do Golfo rumo a Açores. Dessa forma, ele aproveitaria os ventos alísios e a corrente das Canárias até a costa africana, quando então encontra a corrente Sul Equatorial e a corrente do Brasil, atravessando o oceano e descendo à América do Sul. Nesse momento, por falta de opção, tem de ir em direção contrária à corrente das Malvinas e contornar o cabo Horn. Já no Pacífico, navega pela corrente do Peru, rumo ao norte, costeando o Peru e o Chile e alcançando a área de pesca.*

**RESUMO**

Os ambientes aquáticos estão em constante movimento devido às interações das águas com a atmosfera. Diversos fatores físicos são responsáveis por esses movimentos.

A temperatura da água é resultante da absorção da radiação solar, interferindo diretamente nas variáveis físico-químicas das águas. A energia radiante é absorvida pela água e influencia, dentre outras coisas, na penetração da luz no meio aquático.

A pressão na água varia conforme a profundidade (pressão hidrostática). A densidade da água é influenciada pela concentração de sais, e é uma medida utilizada para medir o deslocamento de correntes.

Os movimentos de água podem ser verticais, como a circulação termoalina, ou horizontais, como as marés, ondas e correntes marinhas superficiais.

**INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, veremos a importância dos fatores químicos nos ecossistemas aquáticos. Mantenha ao seu lado as aulas anteriores, pois continuaremos a utilizá-las. Até a quarta aula e bom estudo.



## Os ambientes aquáticos são formados por água pura?

# AULA 4

### Meta da aula

Apresentar os principais elementos constituintes da água dos ambientes aquáticos naturais, mostrando qual a sua origem, interações e como classificá-los.

Ao final desta aula, você deverá:

- comprovar, por meio de experimento, a influência da temperatura na solubilidade de gases em um meio aquático;
- correlacionar a incidência de ressurgência com a atividade pesqueira;
- apontar fatores físico-químicos que explicam a mortalidade de peixes em ambientes específicos.

## INTRODUÇÃO

Na aula passada, você aprendeu que as águas são dinâmicas. Esse dinamismo, como pudemos ver, é influenciado por inúmeros fatores físicos (pressão, temperatura, densidade etc.) e pelas forças gravitacional e centrífuga, entre outros. Nesta aula, iremos nos aprofundar nas características físico-químicas da água.

Você já sabe que a água é representada quimicamente por  $H_2O$ . Agora pare e pense: será que é pura a água existente nos rios, lagos, mares, oceanos e demais ambientes aquáticos naturais? Ou melhor, os ambientes aquáticos sem poluição apresentam água pura? Claro que não! A água pura é uma das substâncias mais raras existentes no meio natural, e isso se dá exatamente em virtude de uma particularidade: a capacidade da água de atuar como solvente universal, apta a dissolver inúmeras substâncias sólidas, líquidas e gasosas.

Os corpos d'água dos ambientes naturais são compostos basicamente por grandes quantidades de água pura com inúmeras substâncias diluídas, tais como gases e íons. Se voltarmos nosso olhar para a química, diremos que as águas dos mares, rios, lagos e demais corpos d'água são soluções. Nesta aula, você verá os principais elementos que podemos encontrar diluídos nas águas dos ambientes naturais, fazendo com que possamos considerá-los soluções.

## SAIS

Na Aula 3, você já obteve uma noção geral sobre o porquê de a água ser salgada. Como vimos, os sais presentes nas águas têm origem, basicamente, na erosão causada pela decomposição de **ROCHAS MAGMÁTICAS** (de origem vulcânica). Essa decomposição libera íons de carga positiva (cátions), principalmente o sódio ( $Na^+$ ), o magnésio ( $Mg^{2+}$ ), o ferro ( $Fe^{3+}$ ), o cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e o potássio ( $K^+$ ); também libera carga negativa (ânions), como o cloreto ( $Cl^-$ ), carbonato ( $CO_3^{2-}$ ) e o sulfato ( $SO_4^{2-}$ ).

### ROCHAS MAGMÁTICAS

São rochas que se originam em profundidades abaixo da crosta terrestre. Elas atingem a superfície, na forma de magma líquido (lava), após erupções vulcânicas. São rochas antigas que formam a base sobre a qual estão assentados os continentes.



Vale um lembrete: íon é um átomo ou molécula com excesso (ânion) ou com falta (cátion) de carga elétrica negativa, em virtude do ganho ou da perda, respectivamente, de elétron(s).

A solução encontrada nos mares tem, em média, 35 gramas de sal dissolvidos em 1.000g (1kg) de água. A maior parte dos sais, cerca de 85%, é cloreto de sódio (NaCl). Contudo, essa quantidade de sal na água é variável, principalmente em virtude de fatores climáticos: pode ser praticamente nula em águas de degelo (como nos pólos); em outros lugares, alcança níveis bem altos.

Mas por que constatamos que, em alguns lugares, a água é mais salgada ou mais doce? Os corpos d'água continentais têm sua salinidade definida por alguns fatores: pela geologia da área de drenagem dos afluentes que banham suas águas, pela característica físico-química da bacia de acumulação onde se encontra o corpo d'água, pelo índice de precipitação (aporte de águas das chuvas), pela influência marinha e pelo lençol freático. Na verdade, a equação é bem simples: se a água do mar é uma solução, sua salinidade estará diretamente proporcional ao acréscimo ou decréscimo de água doce na solução.

Águas interiores podem ser doces (salinidade  $<0,5$ ) ou hipersalinas (salinidade  $>35,0$ ), e a salinidade pode inclusive variar entre esses extremos em um mesmo ambiente. A essa variação denominamos gradiente de salinidade. No Brasil, por exemplo, temos uma região conhecida como Salinas, no pantanal do Mato Grosso do Sul (MS), que fica isolada das cheias periódicas do restante do pantanal e possui grande salinidade, devido a altas concentrações de sódio e potássio em sua bacia de acumulação.

Vamos a outro exemplo. Você já esteve em Araruama? Essa cidade, localizada na região dos Lagos (RJ), possui trechos – em sua lagoa de água salgada – que podem apresentar uma quantidade de sal da ordem de 90 (em outros lugares do mundo, essa salinidade de lagoas pode alcançar até 155). Essa alta taxa se dá por diversos fatores: áreas rasas, baixa circulação da água, precipitação reduzida e grande evaporação. Áreas como Araruama geralmente abrigam uma grande quantidade de salinas (empresas de extração de sal) nas suas margens, como mostra a **Figura 4.1**.



Figura 4.1: Esquema de uma salina na região dos Lagos.

#### Sal de cozinha

Se formos observar o sal de cozinha ( $\text{NaCl}$ ), por exemplo, poderemos entender a complexa relação química que propicia a presença de sal na água. O cloro é liberado (em forma de gás) para a crosta terrestre. Os átomos de cloro, oriundos das moléculas de  $\text{Cl}_2$ , combinam-se com átomos de metal (sódio, em sua maioria), derivados da decomposição de partículas da crosta terrestre. Logo, o sal de cozinha (que é extraído do mar) tem origem a partir da combinação de átomos de dois ambientes distintos.



Foto: Levi Szekeres

Figura 4.2: Sal de cozinha.

É por meio das salinas que o homem aproveita a presença de sal na água do mar para produzir o sal de cozinha. Elas nada mais são do que terrenos em zonas costeiras com tanques em diferentes níveis, expostos ao sol e ao vento. A água salgada é represada de modo que o sal cristalizado possa ser extraído após a evaporação da água e, posteriormente, refinado. No Brasil, os principais estados produtores de sal são Rio de Janeiro, Ceará e Rio Grande do Norte.



Os ecossistemas marinhos também são afetados pela presença de sais, pois a salinidade é uma das mais importantes variáveis químicas para os ambientes aquáticos. A concentração de sais é determinante para a distribuição das espécies nos diferentes ecossistemas: espécies de água doce não conseguem sobreviver em água salgada, e vice-versa. Os estuários com amplos gradientes de salinidade têm, como uma das principais características, a presença de espécies eurialinas (espécies que toleram grandes variações na salinidade).

As águas podem ser classificadas quanto à diferença na concentração de sais, como a seguir:

- I. Hiperalina ( $> \pm 40,0$ );
- II. Eurihalina ( $\pm 40,0 - \pm 30,0$ );
- III. Mixoeurihalina ( $> + 30,0$ );
- IV. (Mixo) Polihalina ( $\pm 30,0 - \pm 18,0$ );
- V. (Mixo) Mesohalina ( $\pm 18,0 - \pm 5,0$ );
- VI. (Mixo) Oligohalina ( $\pm 5,0 - \pm 0,5$ );
- VII. Água doce ( $< = \pm 0,5$ ).

## OXIGÊNIO

Se observamos a composição gasosa do ar na Terra, veremos que o ar atmosférico possui cerca de 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases. Todos os gases presentes na atmosfera terrestre encontram-se dissolvidos nas águas. O oxigênio ( $O_2$ ) penetra na água por meio da dissolução que começa na interface atmosfera-água; e se soma à produção, resultante do processo biológico de fotossíntese.

As maiores concentrações de oxigênio dissolvido (OD) são encontradas nas águas superficiais sujeitas à grande mistura decorrente da ação de ventos, chuvas, ondas etc. Como o oxigênio penetra na água pela interface ar-água, águas com maior hidrodinâmica, como corredeiras, cachoeiras e zonas de quebra de ondas, geralmente possuem concentrações maiores de oxigênio dissolvido (**SATURAÇÃO**).

### SATURAÇÃO

É a quantidade máxima de um certo gás (como o oxigênio) que pode ser dissolvida em um certo meio (como a água), em determinada pressão e temperatura.

### O ar do mergulhador

Apesar da presença de oxigênio na água, o ser humano não pode utilizá-lo para respiração, como você já deve saber. Que ar é respirado pelo mergulhador durante sua permanência embaixo d'água? Para responder a essa pergunta, vamos começar com uma classificação dessa atividade. O mergulho pode ser dividido, de forma geral, em dois tipos: livre (também chamado de apnéia, que significa "reter voluntariamente o ar nos pulmões"), ou com aparelho de respiração. Em ambos utiliza-se ar atmosférico, salvo exceções.

No primeiro (apnéia), faz-se uma respiração profunda na superfície com a finalidade de encher os pulmões de ar. O alcance do mergulhador será de acordo com o consumo daquele ar retido nos pulmões (em termos leigos, seu fôlego). Em competições, alguns atletas dessa modalidade conseguem atingir a profundidade de 150 metros. Em outra modalidade competitiva de mergulho, denominada apnéia estática, alguns poucos mergulhadores apresentam marcas de oito minutos (ou mais) de permanência submersa sem respiração.



Foto: Emanuel V.

Figura 4.3: Mergulho em apnéia.

No segundo tipo, o mergulhador utiliza-se de um equipamento que o possibilita manter um fluxo respiratório normal (sem prender a respiração). A finalidade do equipamento é de fornecer ar atmosférico enquanto durar seu estoque. Geralmente, o equipamento é composto de um cilindro que armazena ar sobre alta pressão (normalmente 200 atm), e sua duração varia conforme o ritmo respiratório do mergulhador. Em média, podemos dizer que um mergulho a 15 metros de profundidade, com esse aparelho, dura em torno de uma hora.



Foto: Bill Low

Figura 4.4: Cilindro de ar respirável.

Por fim, vale lembrar que alguns mergulhos requerem ar diferente do ar atmosférico. Quando o mergulhador precisa permanecer muito tempo submerso, ou quando precisa atingir profundidades superiores a 50 metros, é preciso fazer uma mistura especial para a respiração, prioritariamente em virtude da intoxicação por gases.

Se você quiser saber um pouco mais sobre mergulho, faça um curso! Em praticamente toda a costa brasileira há operadoras que oferecem cursos de iniciação ao mergulho (livre e autônomo). Vale a pena, contribuirá para seu futuro como biólogo.

A concentração de OD na água é também utilizada como um indicativo de qualidade ambiental. Ambientes aquáticos com pequena concentração de OD revelam poluição. A diminuição da concentração de oxigênio no meio natural se dá por diversos fatores: pela decomposição da matéria orgânica, pelas perdas para a atmosfera, pelo consumo decorrente da respiração dos organismos aquáticos e pela oxidação de íons metálicos (como ferro e manganês, por exemplo).

Em decorrência dessa perda, ambientes aquáticos tropicais rasos e fechados (como lagos) ou semifechados (como lagoas costeiras com barra aberta), com grande acúmulo de matéria orgânica no fundo, podem apresentar um alto déficit de oxigênio nos períodos mais quentes. Isso ocorre porque temperaturas mais altas favorecem a atividade de microorganismos no processo de decomposição da matéria orgânica no sedimento, consumindo quase a totalidade do oxigênio disponível. Em consequência, podem surgir, inclusive, os gases sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ). Esse é um dos motivos da mortandade periódica de peixes em sistemas poluídos, como a Lagoa Rodrigo de Freitas (RJ).

Além disso, a solubilidade dos gases na água é inversamente proporcional à temperatura. Águas mais quentes têm menos gases dissolvidos (entre eles o oxigênio) do que águas mais frias. Em outros termos, quanto mais quente uma solução, maior é a agitação das moléculas que a compõe. Isso torna a estrutura da  $\text{H}_2\text{O}$  líquida mais desorganizada, dificultando a inserção dos  $\text{O}_2$  nos seus espaços.

## ATIVIDADE



### 1. Temperatura X dissolução de gases

Você já deve estar habituado à forma de verificar o conteúdo em nossa disciplina. Sempre tento propor uma atividade prática para que você possa usá-la futuramente. E então, vamos fazer um experimento?

Para esta atividade, você vai necessitar apenas de:

- uma cafeteira ou qualquer recipiente transparente que possa ir ao fogo;
- um pouco de água;
- uma boca de fogão.

### Procedimentos

1. Coloque a água na cafeteira.
2. Ponha a cafeteira sobre o fogo do fogão.
3. Marque o tempo de início do aquecimento (T1). Após isso, marque os tempos subseqüentes a cada minuto que passa (T2, T3 e T4).

Após a realização do experimento, descreva o que você observou e justifique os fatos ocorridos na tabela a seguir:

Tempo	Relato da observação
T1	
T2	
T3	
T4	



**Figura 4.5:** Esquema exemplificando a cafeteira com água quente, soltando pequenas bolhas de gás.

### RESPOSTA COMENTADA

*Esta atividade confirma para você que o aumento da temperatura na água diminui a capacidade de dissolução, fazendo com que os gases formem pequenas bolhas e "saíam" da água antes que esta entre em ebulição e comece a produzir vapor d'água.*

## NUTRIENTES

Você já sabe que todos os seres vivos precisam de alimento. A nutrição é um conjunto de processos através dos quais um organismo (animal, planta, bactéria etc.) absorve e assimila alimentos. Nesse conjunto de processos, vários elementos atuam como nutrientes para os organismos aquáticos. Agora, vamos detalhar como isso ocorre.

Os principais nutrientes inorgânicos são os sais, fosfatos (íons que contêm fósforo) e nitratos (íons que contêm nitrogênio). É a concentração desses nutrientes em um dado ambiente que determina a quantidade de organismos que esse mesmo ambiente é capaz de sustentar.

### Eutrofização

Processo de enriquecimento de ambientes aquáticos como resultado principalmente do aumento de nitrogênio e fósforo na água, e conseqüente incremento na produção orgânica.

Mas por que esses dois íons são tão importantes? O fósforo é um elemento essencial para a manutenção da vida, participando na composição de diversas substâncias orgânicas, como os ácidos nucleicos. O fósforo está presente nos ambientes aquáticos, principalmente como ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), ácido ortofosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) e íons ácidos ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ ). O fosfato é um elemento indispensável ao crescimento dos vegetais, principalmente o **FITOPLÂNTON**, fazendo parte da estrutura de diversos compostos de reserva das células vegetais.

O nitrogênio, por sua vez, é o componente básico na formação das proteínas. Em soluções aquosas, pode apresentar-se na forma de íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ou amônia ( $\text{NH}_3$ ), que é a variação tóxica para muitos organismos aquáticos. A forma como o nitrogênio se encontra na solução depende basicamente da temperatura, do pH e da salinidade. A formação de amônia é incrementada pelo aumento da temperatura e do pH, e diminui com o aumento da salinidade.

Outras formas de substâncias nitrogenadas também estão presentes no meio aquoso natural, como o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), mais estável; e o nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), menos estável. Além desses, há a presença do óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ),

### FITOPLÂNTON

Organismos vegetais microscópicos que flutuam livremente na coluna d'água. Sua distribuição vertical é restrita à zona eufótica, devido à necessidade de realizar a fotossíntese.

do nitrogênio molecular ( $N_2$ ), do nitrogênio orgânico dissolvido (como aminoácidos, por exemplo) e do nitrogênio orgânico particulado (como bactérias, por exemplo).

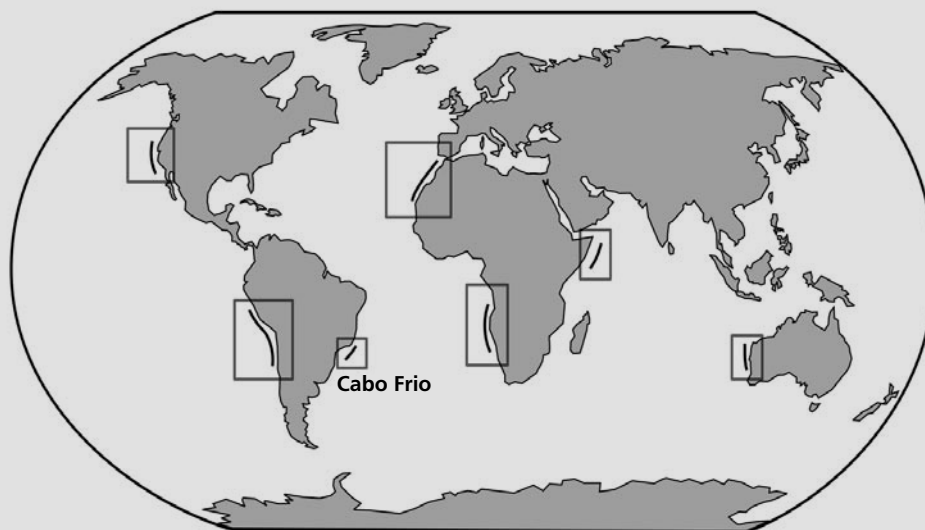
Em ecossistemas aquáticos continentais, o carbono orgânico também é um importante nutriente. Podemos separá-lo em carbono orgânico particulado detrital (basicamente material orgânico em suspensão e detrito orgânico particulado) e carbono orgânico dissolvido (originado principalmente pela excreção e pela decomposição de plantas e/ou animais). O carbono é elemento constituinte de proteínas, carboidratos, lipídeos e ácidos húmicos.

A maior entrada de nutrientes no meio aquático se dá por meio das chuvas que drenam os nutrientes dos solos continentais (o fósforo é usado como fertilizante) e pelo lançamento de efluentes de origem antropogênica (como por exemplo, esgotos não tratados). Os nutrientes são metabolizados na fotossíntese pelos vegetais aquáticos, constituindo o tecido orgânico, e voltam ao meio pela excreção e pela decomposição (após a morte dos organismos).

As maiores concentrações de nutrientes ocorrem nas águas continentais e costeiras pelo aporte continental. Verticalmente, as águas superficiais são mais pobres de nutrientes que as mais profundas. Isso se deve à atividade fotossintética, na zona fótica, consumindo os nutrientes e diminuindo suas concentrações.

Em águas profundas, devido à inexistência de atividade fotossintética, os nutrientes não são consumidos, sendo acrescidos constantemente pelo afundamento de organismos que morrem nas camadas mais acima. Entretanto, o excesso de nutrientes resulta em comprometimento da qualidade do meio ambiente e prejuízo dos organismos. Como isso ocorre? Quando há muitos nutrientes, há aumento da quantidade de organismos (bactérias e protozoários, por exemplo) naquele ambiente. Isso demanda  $O_2$  e diminui o OD, fazendo com que falte  $O_2$  para todos, incluindo peixes.

Em algumas poucas regiões do mundo (**Figura 4.6**), existe o afloramento das águas profundas (frias e muito ricas em nutrientes) para a camada superficial. Essa subida de nutrientes à zona fótica sustenta uma intensa atividade fotossintética, realizada pelo fitoplâncton, propiciando o aumento da biomassa de peixes que se alimentam desses organismos presentes na massa d'água: esse fenômeno é conhecido como Ressurgência. Na costa brasileira, o afloramento de águas profundas ocorre de forma moderada na região de Cabo Frio (RJ), pela chegada à superfície da massa de água central do Atlântico Sul.



**Figura 4.6:** Mapa exemplificando as regiões com as maiores zonas de ressurgência do globo terrestre.

### ATIVIDADE



#### 2. Atividade pesqueira

Como foi mostrado nesta aula anteriormente, zonas de ressurgência são as regiões costeiras mais ricas em nutrientes. Nesta atividade, eu gostaria que você retornasse à **Figura 4.6** e me respondesse: por que o Peru, apesar de apresentar uma linha de costa menor que a brasileira, é um dos maiores países produtores de pescado do mundo?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

Como você pôde verificar na **Figura 4.6**, a maior região de ressurgência existente no nosso planeta costeia o litoral peruano. Isso explica porque o Peru tem, na pesca, uma importante atividade econômica. O Brasil, entretanto, apresenta apenas a pequena ressurgência de Cabo Frio.

## POTENCIAL DE HIDROGENAÇÃO (pH)

Como você sabe, uma molécula de água é formada por um átomo de oxigênio ligado a dois de hidrogênio ( $H_2O$ ). Essa molécula, ao ser “partida”, libera íons  $H^+$  (prótons) e  $OH^-$  (hidroxilas), que interagem com outras substâncias. Quanto maior a concentração de hidretos (ou prótons) em relação às hidroxilas, maior a acidez da solução; se existir mais  $OH^-$  livres, mais alcalina.

A concentração de  $H^+$  em uma solução é medida em escala logarítmica negativa ( $pH = -\log [H^+]$ ), que varia desde 1,0 a 14,0. Para você entender melhor, diremos que o  $pH = 1$  é o mais ácido possível; o  $pH = 14,0$ , é o mais básico. O  $pH = 7,0$  corresponde ao neutro (porém é muito raro na natureza), com igual concentração de íons  $H^+$  e  $OH^-$ . Ambientes aquáticos naturais apresentam, em sua quase totalidade, um  $pH$  variando entre 4,0 e 9,0, com casos extremos de  $pH$  igual a 2,5 em lagos vulcânicos, e 10,5 em lagos de zonas áridas.

A água pura, totalmente isenta de outras substâncias, possui o mesmo número de hidretos e hidroxilas, sendo neutra. A água do mar, pela presença de sais, é ligeiramente alcalina [7,4 a 8,5]. Ela sofre variações mínimas devido à liberação ou absorção de hidretos, e mantém-se em torno de 7,8. As águas continentais, em grande maioria, mantêm-se entre 6,0 e 8,0.



**pH e piscina**

O pH ideal para a água da piscina é levemente alcalino: 7,2 a 7,8. O pH ácido, além de arder os olhos, pode causar irritação da pele (embora o pH muito alcalino também cause irritação nos olhos e deixe os cabelos duros). Além de desconforto aos usuários, o pH fora do ideal pode trazer outras consequências indesejáveis: pH ácido causa corrosão em equipamentos metálicos; pH alcalino pode deixar a piscina turva (a água deixa de ficar cristalina), além de causar incrustações (depósitos de detritos e sedimentos) em equipamentos e nas superfícies internas das piscinas. Outra consequência do desequilíbrio do pH é a alteração sobre o desempenho dos demais produtos químicos usados na piscina. O poder desinfetante do cloro, por exemplo, é mais eficiente quando o pH está na faixa ideal.

Existem no mercado kits próprios para se medir o pH, que deve ser mensurado diariamente e corrigido se necessário. Além disso, se for necessário corrigir o pH, há produtos específicos para aumentar (ou diminuir) a alcalinidade e/ou a acidez da água.

Entretanto, diferentemente das águas salgadas, existem ambientes bastante ácidos (com grandes concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos, resultantes da decomposição da matéria orgânica vegetal). No Brasil, os ambientes aquáticos com baixo pH [4,0 a 5,0] estão concentrados na Amazônia Central (rios, igarapés e lagos de cor escura, conhecida como água cor de chá). No estado do Rio de Janeiro, um exemplo de corpos d'água com alta acidez são as lagoas do norte fluminense, como a lagoa Comprida, em Macaé, que apresenta pH = 4,4.

Os corpos d'água continentais alcalinos estão presentes em áreas onde a precipitação é menor do que a evaporação, onde existe influência do mar (devido à maré, enchentes ou a ventos) e em regiões ricas em cálcio. No Brasil, um exemplo de ecossistema continental alcalino são os açudes do nordeste, que em secas prolongadas atingem valores de pH superiores a 9,0.

**CONCLUSÃO**

A água presente nos ambientes aquáticos, sejam esses marinhos ou continentais, é, na verdade, uma solução onde estão diluídas inúmeras substâncias gasosas, líquidas e sólidas. Essas substâncias reagem entre si, modificando as características dos corpos d'água e promovendo a diversidade de ecossistemas.

Além disso, a água é o constituinte mais característico da biosfera. Ingrediente essencial da vida, a água é o recurso mais precioso que a Terra fornece à humanidade. Embora se observe pelos países mundo afora tanta negligência e tanta falta de visão com relação a esse recurso, é de se esperar que os seres humanos tenham pela água grande respeito, que procurem manter seus reservatórios naturais e salvaguardar sua pureza. De fato, o futuro da espécie humana e de muitas outras espécies pode ficar comprometido, a menos que ocorra uma melhora significativa na administração dos recursos hídricos terrestres.

## ATIVIDADE FINAL

### Mortandade de peixes

A cada ano, especialmente durante o verão, observamos pessoalmente (ou recebemos a notícia pela imprensa) a morte maciça de peixes nas lagoas costeiras do Rio de Janeiro, como representa a **Figura 4.7**. O que muda, às vezes, é o local: pode ser a Rodrigo de Freitas, a de Jacarepaguá, a de Marapendi ou outra qualquer.



**Figura 4.7:** Peixes morrendo em uma lagoa costeira.



*ter sugerido o controle dos esgotos clandestinos, que diminuiriam a quantidade de matéria orgânica lançada no ambiente. Talvez você tenha pensado também na conservação da vegetação das margens para contribuir com a redução da temperatura e com a diminuição gradativa da profundidade por erosão.*

## **RESUMO**

Os corpos d'água são constituídos por grandes quantidades de água pura onde estão diluídas inúmeras substâncias externas ao meio, tais como gases, sais e nutrientes. Ou seja, as águas dos mares, rios e lagos e demais ecossistemas aquáticos são soluções onde estão dissolvidas quase todas as substâncias existentes.

O oxigênio é fundamental para os organismos aquáticos, e ele se encontra dissolvido na água, juntamente com outros gases. Diversos nutrientes (orgânicos e inorgânicos) servem de alimento para organismos aquáticos. O potencial de hidrogenação (pH) serve para quantificar a acidez (ou alcalinidade) da água.

## **INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, veremos a importância dos processos biológicos nos ecossistemas aquáticos. Mantenha ao seu lado as aulas deste volume, pois continuaremos a utilizá-las. Até a quinta aula.

## Tubarão come ortofosfato?

# AULA 5

### Meta da aula

Apresentar os processos biológicos existentes na coluna d'água dos ambientes aquáticos, que fazem com que os compostos inorgânicos possam ser utilizados pelos níveis tróficos superiores.

Após esta aula, você deverá:

- realizar experimento para observar a produção e liberação de oxigênio pela fotossíntese;
- reconhecer a influência da produção primária na cadeia alimentar aquática.

## INTRODUÇÃO

Você aprendeu na aula passada, dentre outras coisas, que existem diversos nutrientes dissolvidos na coluna de água, e que estes nutrientes são a base da alimentação de todos os seres vivos. Entretanto, como é que pequenos compostos inorgânicos chegam aos níveis mais altos da cadeia alimentar? Será que os grandes predadores aquáticos, como os tubarões, consomem diretamente estes nutrientes? Ou será que existem organismos menores que servem de elo entre os nutrientes e os grandes predadores?

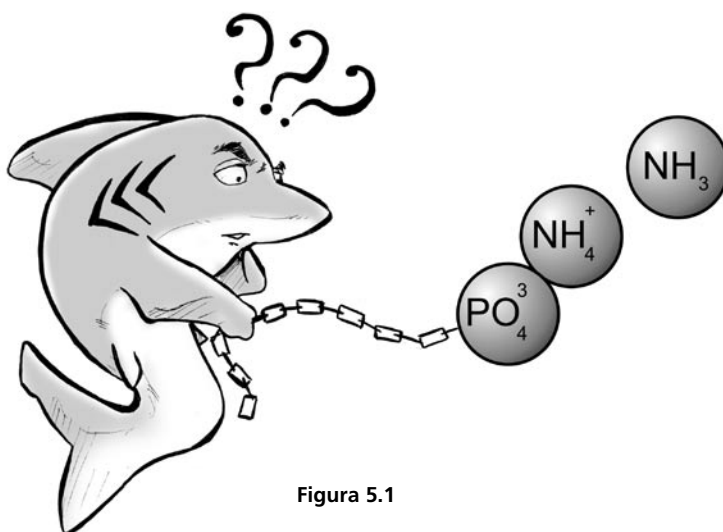


Figura 5.1

### NÍVEIS TRÓFICOS

Relativos à nutrição. Posição em que cada espécie animal ocupa na cadeia alimentar.

A grande maioria dos organismos não possui a capacidade de consumir substâncias inorgânicas e transformá-las em tecidos vivos. Os que apresentam essa capacidade, nos ambientes aquáticos, são geralmente unicelulares, planctônicos. Mas que organismos são esses? Como ocorre o fluxo de energia e matéria orgânica entre os diversos **NÍVEIS TRÓFICOS**?

## ORGANISMOS PLANCTÔNICOS

O termo plâncton, derivado da palavra grega *planktos* (cujo significado literal é viajante errante), é uma definição geral. Os organismos planctônicos são seres que apresentam um limitado poder de locomoção, posto que só se deslocam levados pelos movimentos horizontais das águas (ondas, marés e correntes). Mas será que esses seres são sempre iguais? Não. Podemos classificar tais organismos em fitoplâncton (vegetais), zooplâncton (animais), bacterioplâncton (bactérias) e protozooplâncton (protozoários).

### “O tamanho do plâncton”

Além da classificação que incide sobre o tipo de organismo (fitoplâncton, zooplâncton, bacterioplâncton e protozooplâncton), organismos planctônicos podem ser categorizados em função de seu tamanho. Mas por que outra classificação? Os organismos planctônicos, independente de serem vegetais, animais ou bactérias, variam em tamanho. Como tradicionalmente o plâncton é coletado por meio de redes, há uma correlação entre o tamanho da rede e o tamanho do plâncton. Por isso, há uma forma de estabelecer categorias para classificá-los também em função do tamanho, como a seguir:

- I) megaplâncton - > 2,0 milímetros,
- II) macroplâncton - 0,2 a 2,0 milímetros,
- III) microplâncton - 20 a 0,2 micrômetros,
- IV) nanoplâncton - 2 a 20 micrômetros,
- V) ultraplâncton (picoplâncton) - < 2,0 micrômetros.

1mm = 1.000 micrômetros

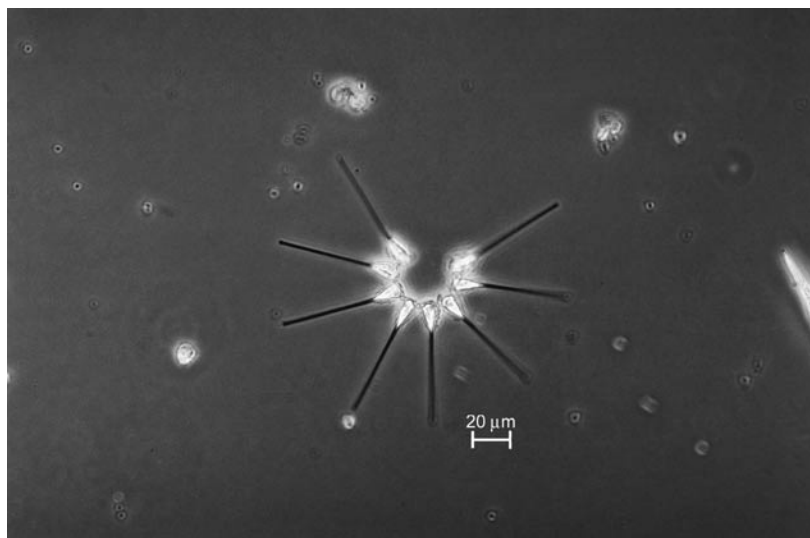


**Figura 5.2:** Água-viva.  
<http://free-stock-photos.com/animal/jellyfish-3.html>

A maioria dos organismos fitoplanctônicos é menor que 50 micrômetros, podendo atingir apenas 0,2 micrômetro. O zooplâncton compreende o macroplâncton e o megaplâncton. Pertencem a este grupo as grandes caravelas (*Physalia*), que são águas-vivas oceânicas com mais de dois metros de comprimento (**Figura 5.2**).

## FITOPLÂNCTON

Fitoplâncton é, na verdade, uma categoria que inclui uma grande variedade de seres fotossintéticos. Os organismos fitoplanctônicos são vegetais aquáticos unicelulares (células livres ou colônias) e microscópicos. Essa classificação (fitoplâncton) inclui um amplo grupo de espécies. A diversidade de espécies no ambiente lacustre é maior em relação aos ambientes marinhos. Nesse grupo, incluem-se as clorofíceas (algas verdes), cianofíceas (algas azuis), diatomáceas, silicoflagelados e dinoflagelados, entre outros (**Figura 5.3**).



**Figura 5.3:** *Asterionellops glacialis* representante do fitoplâncton.  
Foto: Denise R. Tenenbaum – Laboratório de Fitoplâncton IB/UFRJ.

Os organismos fitoplanctônicos desempenham uma função importante, pois são organismos produtores primários, ou seja, fixam matéria orgânica através da fotossíntese (como você verá mais adiante). Devido à necessidade de o fitoplâncton realizar fotossíntese, grandes concentrações desses organismos estão restritas à zona eufótica (iluminada).



A fotossíntese pode ser representada por:  
 $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + \text{energia solar} + \text{nutrientes} \rightleftharpoons 6\text{O}_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$   
(glicose).

A capacidade dos vegetais de aproveitarem a energia solar para produzir energia química depende da presença de pigmentos fotossintéticos no organismo. Cada pigmento absorve diferentes comprimentos de onda com espectros característicos, sendo o principal dos pigmentos a clorofila *a*, com maior absorção das cores vermelho e azul-violeta. Os diferentes pigmentos fotossintéticos podem ser:

- clorofila *a* (o principal),
- clorofila *b*,
- clorofila *c*,
- clorofila *d*,
- pigmentos acessórios (caroteno, xantofilas e ficobilinas).



Além do fitoplâncton, os demais vegetais, inclusive os terrestres, também realizam fotossíntese. Nos ambientes aquáticos, destacam-se as macroalgas (ou algas macroscópicas) e as plantas vasculares (como as gramíneas marinhas), que são vegetais com maior complexidade estrutural e fixos no substrato.

Até agora falamos da luminosidade e sua relação com os organismos fotossintéticos. Porém outros fatores incidem sobre a composição desse grande grupo. Dentre eles, destacamos os fatores meteorológicos em grande escala, tais como as correntes oceânicas; também, fatores hidrográficos locais, tais como o batimento de ondas. No Brasil, podemos citar a Lagoa dos Patos (RS) como exemplo de estuário onde a variação sazonal na composição específica da água influencia na incidência de determinadas espécies desse grupo: as cianofíceas, por exemplo, são mais abundantes em períodos de salinidade baixa (muita chuva); já os dinoflagelados ocorrem nos momentos de salinidade alta (período de seca).

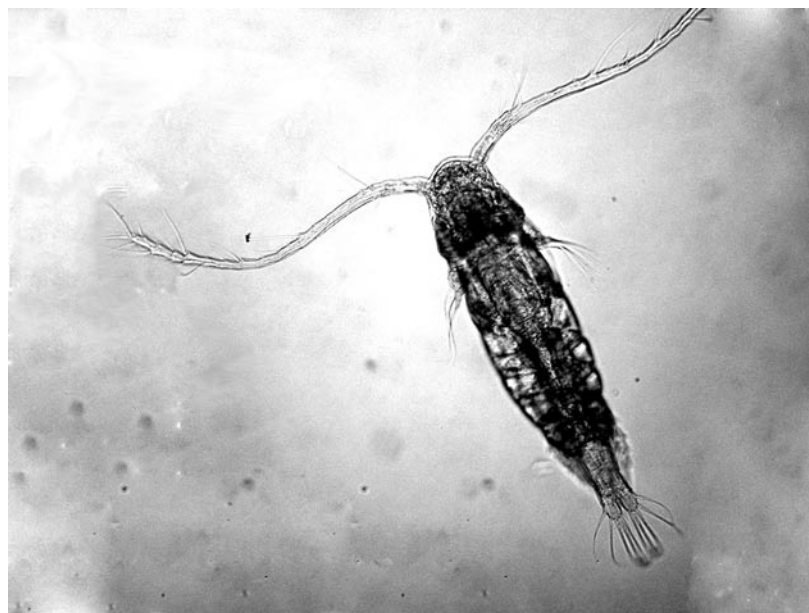
Como são organismos planctônicos, levados pelos movimentos horizontais das águas, surgem espécies características de água quente, como as associadas, na costa brasileira, à massa de Água Tropical (AT) e à corrente do Brasil. Em oposição, há espécies de água fria, presentes na ACAS (Água Central do Atlântico Sul).

As conhecidas marés vermelhas são grandes picos de crescimento populacional (florescimentos do fitoplâncton; em inglês, *bloom*). São fenômenos comuns, registrados periodicamente em águas costeiras e em dias calmos, após a passagem de frente fria (ou quando ocorre um aumento repentino de nutrientes). Essa alta concentração populacional forma manchas de coloração avermelhada na superfície da água. Caso a espécie em questão seja potencialmente tóxica, como certos dinoflagelados (*Gyrodinium aureolum*, *Dinophysis acuminata*, *Noctiluca scintillans*), pode haver produção de substâncias neurotóxicas (saxitoxina) e conseqüente morte maciça de vários organismos aquáticos, tais como peixes, crustáceos, moluscos (até aves podem sofrer os efeitos da intoxicação). O consumo humano desses animais contaminados acarreta sérias intoxicações, podendo resultar em óbito.

## ZOOPLÂNCTON

Como vimos, o fitoplâncton é uma grande variedade de seres fotossintéticos. Contudo, em termos comparativos, podemos dizer que o grupo representado pela categoria zooplâncton apresenta uma diversidade ainda maior.

Esse grupo planctônico é formado, em grande parte (cerca de 80% de toda a biomassa), por microcrustáceos da subclasse Copepoda (Figura 5.4), embora haja predominância, em alguns lagos continentais, de protozoários. Os copépodos, com tamanho de um a vários milímetros, alimentam-se do fitoplâncton por filtração (ou captura) através de apêndices bucais.



**Figura 5.4:** Copepoda (*Acartia tonsa*), representante do zooplâncton. Foto: Cláudio L. Gomes – Laboratório de Zooplâncton IB/UFRJ.

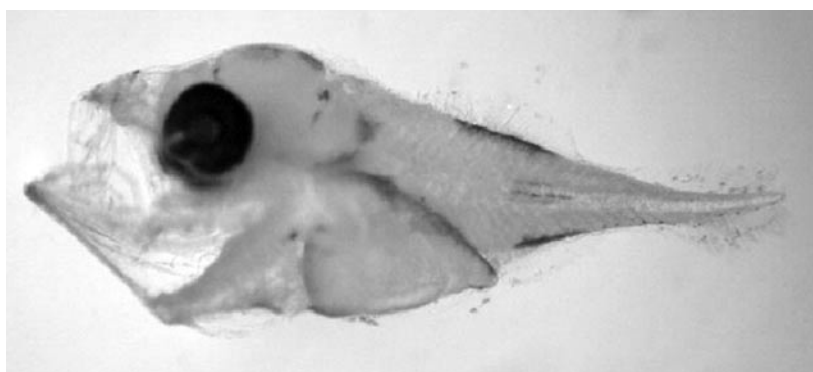
Os organismos zooplânctônicos podem ainda ser distinguidos em duas categorias: holoplâncton, organismos que completam todo o ciclo de vida como plâncton (como os copépodos); e meroplâncton, organismos que têm apenas uma fase do ciclo de vida planctônica (como os moluscos que passam a fase larval da vida flutuando e, posteriormente, descem para o substrato).

Assim como o fitoplâncton, a grande diversidade de espécies que compõem o zooplâncton depende das massas de água. Águas salgadas carregam espécies marinhas; água doce, espécies dos ambientes aquáticos continentais.

O plâncton dos ecossistemas lacustres pode apresentar uma peculiaridade: alguns mosquitos (insetos, Díptera) possuem uma fase larval planctônica, sendo facilmente encontrados (desde poças até grandes lagos).

## ICTIOPLÂNCTON

São componentes típicos do meroplâncton, representados (nos organismos planctônicos) por ovos e larvas de peixes (**Figura 5.5**). O padrão de distribuição e abundância do ictioplâncton é influenciado pela dinâmica das massas da água, nas quais encontramos os componentes do ictioplâncton em diferentes estágios de desenvolvimento (ovos, larvas recém-eclodidas, larvas mais velhas etc.). A presença e composição específica do ictioplâncton nos ecossistemas aquáticos está relacionada diretamente com a dinâmica reprodutiva dos peixes adultos das diferentes espécies (período e local de desova).



**Figura 5.5:** Representante do ictioplâncton, *Decapterus punctatus*. Foto: Ana Bonecker – Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton. IB/UFRJ.

## BACTÉRIAS QUIMIOSSINTÉTICAS

Pesquisas recentes destacam um conceito chamado alça microbiana, que consiste em um processo no qual a matéria orgânica dissolvida na massa d'água é disponibilizada, em sedimentos e águas profundas, aos níveis tróficos superiores pelas bactérias sem necessidade de luz. Nesse processo biológico conhecido como quimiossíntese, a fixação do carbono é resultado de reações químicas envolvendo substâncias inorgânicas, tais como enxofre e ferro.

As bactérias autotróficas são importantes nas massas de água oceânicas **OLIGOTRÓFICAS** devido à sua contribuição para a produção primária; também por sua influência nos processos de remineralização e por sua importância nas ligações tróficas.

### OLIGOTRÓFICO

Ambiente com baixa disponibilidade de nutrientes. O contrário é Eutrófico, que consiste em um ambiente com grande carga de nutrientes.



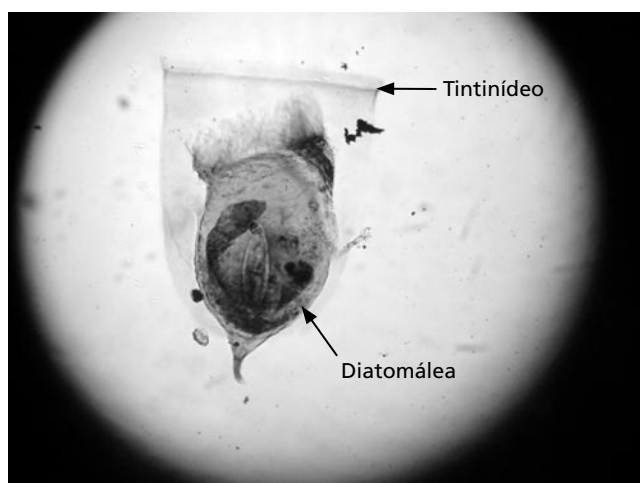
A quimiossíntese pode ser descrita por:  

$$\text{CO}_2 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{S} + \text{nutrientes} \rightleftharpoons \text{CH}_2\text{O} + 4\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}.$$

As bactérias metabolizam eficientemente grande parte da matéria orgânica produzida pelo fitoplâncton, disponibilizando carbono para os níveis tróficos superiores. Elas são predadas por flagelados, que por sua vez são predados por ciliados, e estes predados por microzooplâncton, os quais servem de alimento às larvas de peixes e crustáceos.

## PROTOZOOPLÂNCTON

O protozooplâncton é formado por organismos flagelados, ciliados e amebóides. Esses protistas heterotróficos representam um elo importante da alça microbiana, pois atuam na ciclagem de nutrientes, apresentando regime alimentar diversificado. Por serem bacteriófagos, detritívoros, herbívoros e carnívoros (inclusive canibais), consomem microorganismos muito pequenos (que não são capturados pelo zooplâncton maior), e servem de alimento para consumidores maiores. Esse tipo de comportamento pode ser observado na **Figura 5.6**, na qual é mostrado um protozoário ciliado com uma diatomácea recém-ingrida (observada por transparência).



**Figura 5.6:** Protozoário ciliado loricado, *Favella chrenbergii* (Tintinídeo), representante do protoplâncton, muito comum na Baía de Guanabara (RJ). Foto: Antonio Carlos Cavalcante Junior – Laboratório de Protista /UFRJ.

## PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA

A produtividade primária é o princípio da vida no planeta Terra porque consiste basicamente na formação de compostos orgânicos a partir de materiais inorgânicos. Isso é possível principalmente pela capacidade dos vegetais realizarem a fotossíntese; secundariamente, pela quimiossíntese feita pelas bactérias. Essa produtividade é a fixação de carbono no ambiente por meio de processos biológicos.

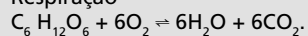
A produtividade primária é expressa em gramas de carbono fixado ( $\text{gC}/\text{m}^2/\text{dia}$  ou  $\text{gC}/\text{m}^2/\text{ano}$ ), e pode ser dividida em:

- produtividade primária bruta – quantidade total de matéria orgânica fixada, durante um determinado intervalo de tempo, em uma dada área;

- produtividade primária líquida – diferença entre a produtividade primária bruta e o gasto metabólico dos próprios organismos produtores na manutenção dos sistemas vitais (processo genericamente chamado de respiração). É o que é passado para os outros níveis tróficos não fotossintetizadores.

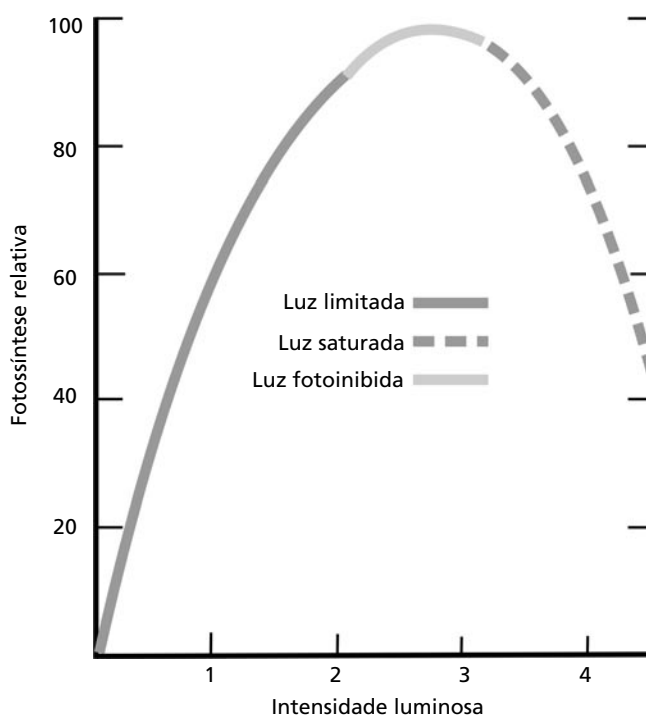


Respiração



Repare que a equação é contrária à da fotossíntese.

A maior parte da produtividade primária aquática é produzida pelo fitoplâncton que capta o  $\text{CO}_2$  dissolvido na água. Essa produtividade é afetada por fatores bióticos, como intensidade das taxas reprodutivas das espécies do fitoplâncton; e reduzida pela herbivoria e pelos fatores abióticos, como a disponibilidade de luz, temperatura e nutrientes (principalmente nitrogênio, fósforo, silício e carbono). Todos esses fatores têm de estar em equilíbrio. Até mesmo o excesso de luz inibe a fotossíntese, como é demonstrado na **Figura 5.7**.



**Figura 5.7:** Resposta fotossintética de uma diatomácea a diferentes intensidades de luz.



## ATIVIDADE

1. Como foi mostrado anteriormente, os vegetais aquáticos fabricam o alimento absorvendo água e dióxido de carbono e usam o oxigênio para transformá-los em alimento através da fotossíntese. Nesta atividade experimental, você vai poder observar como a fotossíntese produz e libera oxigênio para a água. Siga os procedimentos e lembre-se de reunir todos os itens necessários antes de iniciar o experimento.

Para esta atividade, você vai necessitar dos seguintes itens:

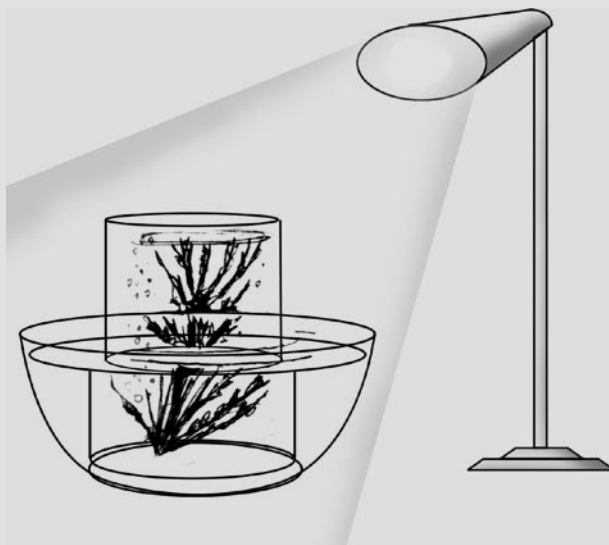
- uma tigela com fundo reto;
- um copo grande transparente;
- água suficiente para encher 2/3 da tigela e o copo;
- um pedaço pequeno de cartolina;
- solução de bicarbonato de sódio a 2%;
- uma planta aquática (macroalga ou ramos recém-cortados de *Elodea* sp., que você pode comprar em loja de aquário);
- uma luminária (opcional).

## Procedimientos

1. Ponha a planta dentro do copo, encha de água até a borda e misture a solução de bicarbonato de sódio.
2. Segure a cartolina contra a borda do copo de modo que a água não saia, vire-o ao contrário e afunde na tigela, retirando a cartolina ao terminar.
3. Coloque a tigela em um local ensolarado ou sob uma lâmpada forte.
4. Aguarde 15 minutos.

Ao concluir o experimento, descreva o que você observou e justifique os fatos ocorridos.

[illegible]



**Figura 5.8:** Esquema exemplificando a planta aquática liberando oxigênio para a água, durante a fotossíntese.

#### **RESPOSTA COMENTADA**

Observe, como exemplificado na **Figura 5.8**, que no máximo em 15 minutos irão aparecer bolhas nas folhas da planta, que se acumularão no topo do copo formando uma camada de gás. Esta atividade confirma para você que a fotossíntese produz o oxigênio (o gás produzido nesse experimento) que é eliminado pelos vegetais para a coluna d'água quando a planta quebra o dióxido de carbono.

A produtividade primária é maior nas regiões costeiras, devido ao aporte de nutrientes continentais, nas águas superficiais de plataformas continentais tropicais (pela maior luminosidade) e nas áreas de ressurgência. Em estuários, a produtividade varia de acordo com as épocas do ano. As diferenças estão relacionadas a regimes de irradiação solar, temperatura e nutrientes. Águas com alta turbidez, devido ao excesso de matéria em suspensão, diminuem a radiação que penetra na água.



Essa falta de luz é muito importante, principalmente em ecossistemas costeiros e de águas interiores sujeitos à influência das chuvas, que podem apresentar baixa atividade fotossintética e reduzida produtividade primária apesar da abundância de nutrientes. Após a alta da produtividade primária, devido ao aumento populacional do fitoplâncton, essa produtividade é reduzida devido ao consumo dos vegetais pelo zooplâncton na herbivoria.

A produtividade primária é muito reduzida em águas oceânicas (desertos azuis sem nutrientes) e em regiões polares sem luz. No Brasil, a produtividade primária marinha é considerada baixa devido à corrente do Brasil ser pobre em nutrientes. A maior produtividade primária é registrada na região Norte, junto à foz do rio Amazonas; no Sul, entre o estuário da lagoa dos Patos (RS) e a desembocadura do rio da Prata. A menor produtividade é encontrada no litoral nordeste.

## MOBILIDADE DO PLÂNCTON

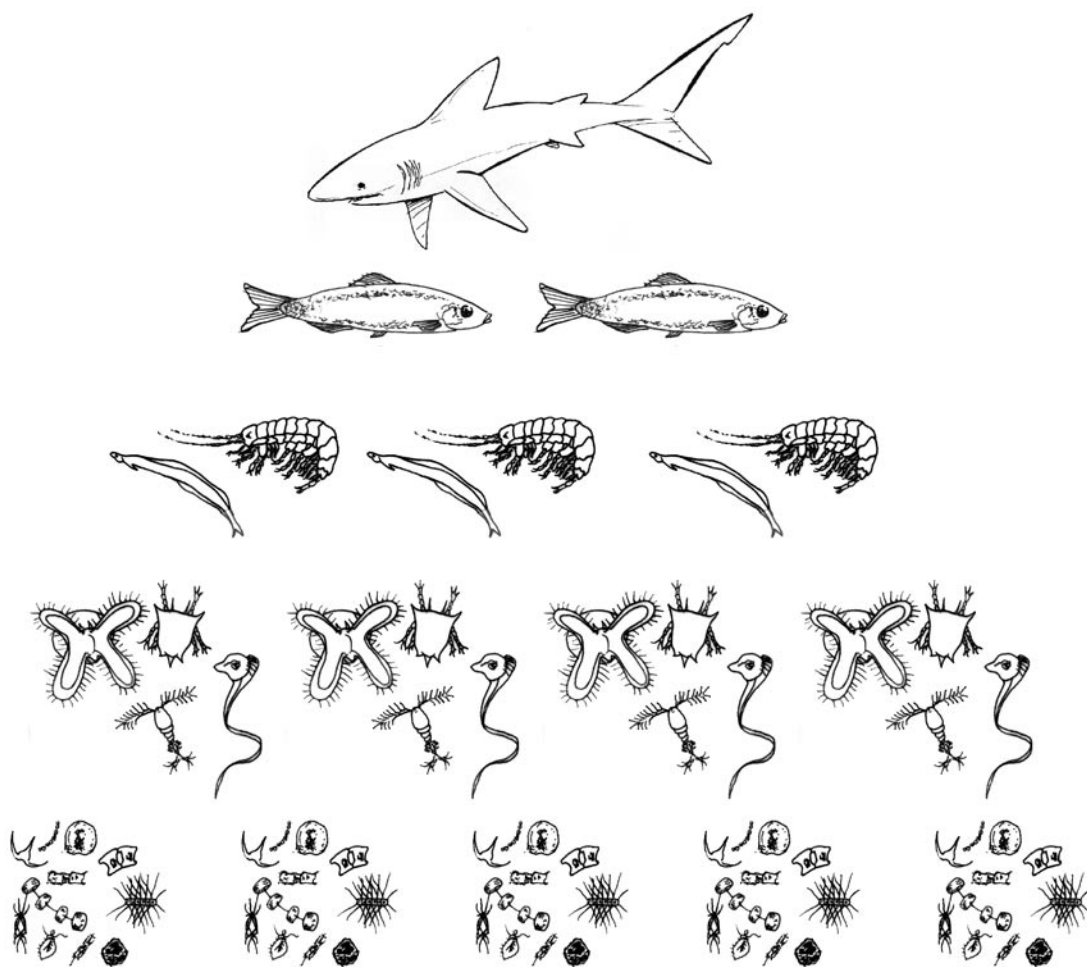
Como foi dito anteriormente, a produtividade primária está relacionada às condições ideais de disponibilidade de nutrientes e taxa de irradiação solar. A procura dessas condições ideais reflete-se na mobilidade planctônica.

São comuns migrações verticais diárias, com indivíduos planctônicos transitando entre as diferentes camadas da coluna de água. Algumas espécies migram para camadas superficiais durante o dia, afundando durante a noite. Outras fazem o trajeto contrário, subindo durante a noite e emergindo durante o dia, concentrando-se nas águas profundas. As migrações verticais podem ser resultado de diferentes motivos, tais como agregação reprodutiva, fuga de turbulência superficial e procura de alimento e condições adequadas (de salinidade, temperatura e luminosidade).

Muitas das espécies do fitoplâncton possuem fototaxia positiva, concentrando-se na superfície com maior luminosidade durante o dia, ficando mais dispersas à noite. Como a maioria dos organismos é mais densa que a água, a flutuabilidade inicialmente é negativa, e eles tendem a afundar. De modo a realizar as migrações verticais, existem mecanismos que tornam o corpo menos denso que a água (flutuadores de gás, gotículas de óleo e aumento da superfície do corpo por projeções).

## CONCLUSÃO

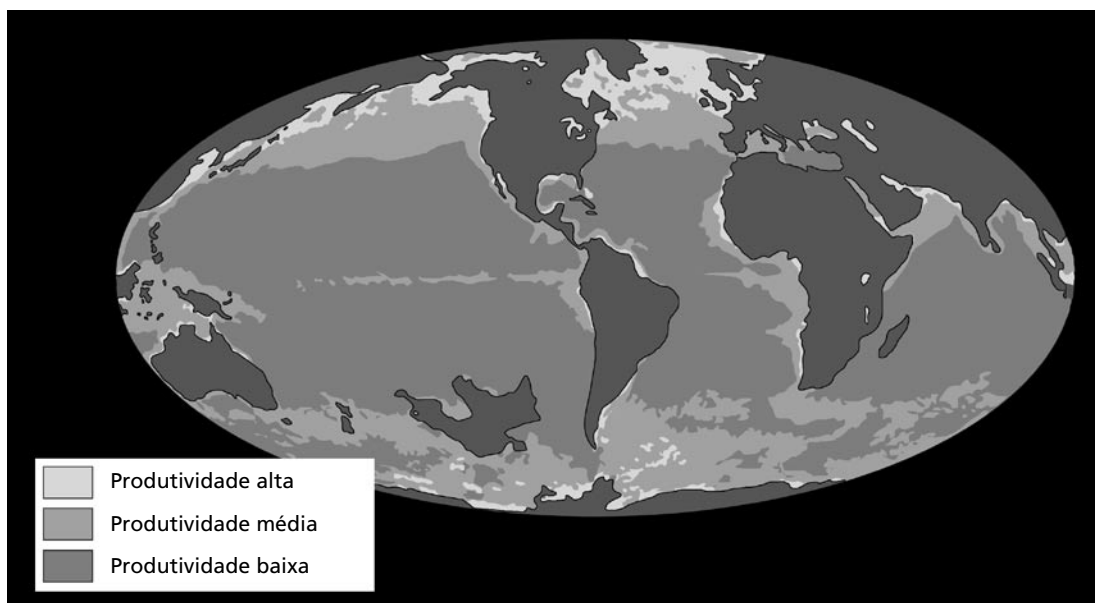
Os ecossistemas aquáticos dependem basicamente de dois processos biológicos (fotossíntese e quimiossíntese) para realizar a passagem dos nutrientes na forma inorgânica para os níveis tróficos mais altos. Após esses processos inicia-se uma corrente onde os elos são os organismos que consomem indivíduos menores e são consumidos por exemplares maiores até que os nutrientes cheguem aos grandes predadores, como ilustra a **Figura 5.9**.



**Figura 5.9:** Exemplo de cadeia alimentar nos oceanos.

## ATIVIDADE FINAL

Olhe com atenção a **Figura 5.10** a seguir em que é mostrada uma visão pontual da produtividade primária nos oceanos do nosso planeta.



**Figura 5.10:** Distribuição da produtividade primária nos oceanos.

Agora eu quero que você pense: por que quase toda a produção mundial de pescado marinho é capturada em águas costeiras da plataforma continental? Por que os maiores produtores mundiais de pescado marinho são o Peru, Japão, Estados Unidos, Índia, Rússia e os países nórdicos?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### RESPOSTA COMENTADA

*Se você respondeu que a produção pesqueira está diretamente relacionada à produtividade primária, está completamente certo. A alta produtividade primária é transferida para os níveis tróficos mais altos, resultando em grande biomassa de peixes planctófagos e, conseqüentemente, de peixes que predam esses planctófagos.*

## RESUMO

Os nutrientes inorgânicos presentes nos ambientes aquáticos só são disponibilizados para os níveis tróficos superiores após processos biológicos tais como a fotossíntese, realizada pelos vegetais, e a quimiossíntese, por bactérias quimiossintéticas. O fitoplâncton e as bactérias são consumidos pelo zooplâncton herbívoro que, por sua vez, serve de alimento para o zooplâncton carnívoro, que são ingeridos pelos níveis tróficos superiores. Assim, ocorre a transferência de energia e matéria orgânica até os grandes predadores dos ecossistemas aquáticos.

## INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, estudaremos a diversidade dos ambientes aquáticos continentais. Mantenha ao seu lado as aulas anteriores, pois continuaremos a utilizá-las. Até a sexta aula e bom estudo.

## Rios e lagos são ambientes independentes?

# AULA 6

### Meta da aula

Apresentar a diversidade estrutural e funcional dos principais ambientes aquáticos continentais e os processos de formação dos ecossistemas aquáticos lênticos, mostrando sua interdependência e como diferenciá-los.

Ao término desta aula, você deverá:

- realizar experimento para simular diferenças físico-químicas nas águas de um rio;
- identificar os processos naturais de formação dos ecossistemas aquáticos lênticos.

## INTRODUÇÃO

Você tem aprendido nesta disciplina que existem diversos ambientes aquáticos. Esses ecossistemas sofrem a ação de variáveis físicas e químicas distintas, que contribuem para esta diversidade. Podemos separar os ambientes aquáticos continentais em lóticos ou fluviais (ambientes com águas correntes), tais como os rios, e lênticos ou lacustres (ambientes com águas paradas), como os lagos e lagoas.

Mas será que os rios e os lagos são ambientes independentes? Geralmente os ambientes lóticos são mais antigos e responsáveis pela origem dos lênticos devido ao barramento parcial de suas águas. A partir de agora você vai compreender melhor esse processo e observar se existe relação de dependência entre estes dois tipos de ambiente.

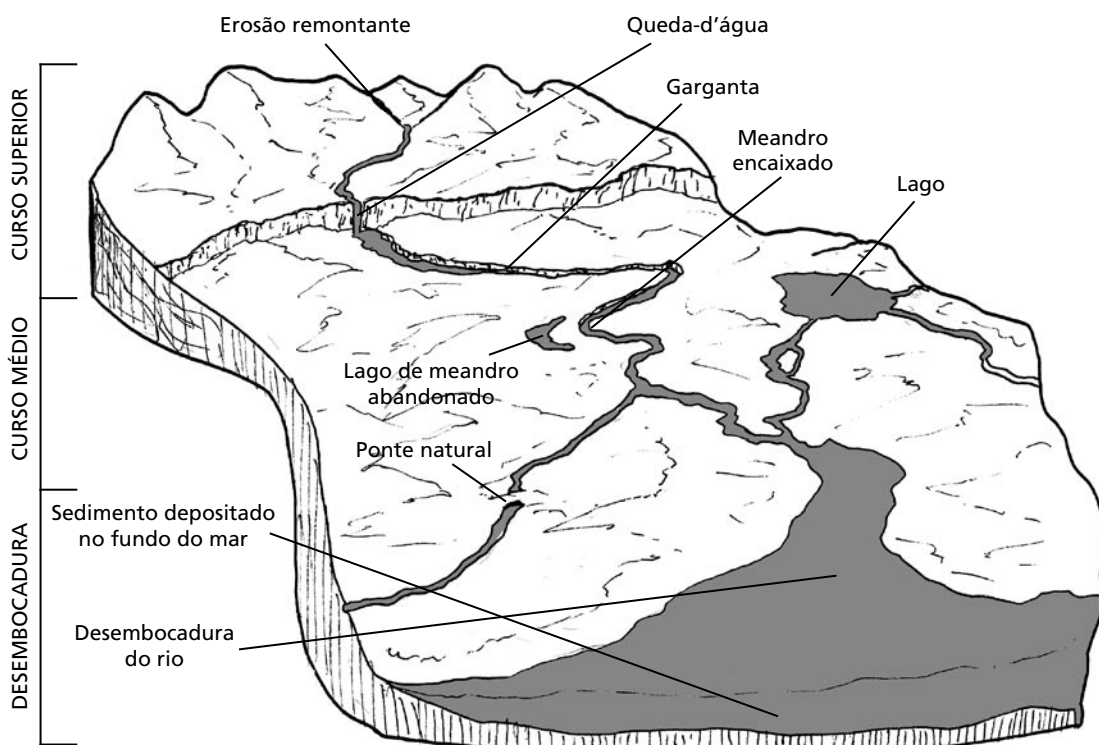
## O QUE SÃO OS RIOS?

Os rios são componentes primordiais do ciclo hidrológico porque promovem a circulação contínua das águas entre a terra, o mar e a atmosfera. Os rios podem ter nascentes em diferentes origens tais como: montanhas, lagos, degelos de geleiras e outros. A direção e o curso que cada rio toma vai depender de diversos fatores tais como a declividade dos terrenos, tipos de rochas e a formação de onde a água escoar. Essas são as principais variáveis que vão definir o padrão de drenagem de cada conjunto de rios.

Podemos separar classicamente os rios em três principais trechos. Estes trechos (ou cursos) são mostrados na **Figura 6.1** e descritos a seguir. Curso superior, junto à nascente, onde o rio se encontra em altitudes mais elevadas, com declividade alta, corre sobre vales rochosos impermeáveis, apresenta pouca profundidade, quedas d'água e muitas corredeiras. No curso médio, onde o rio já está sobre uma planície de inundação, a correnteza é menor e geralmente forma meandros (curvas acentuadas nos rios), erodindo lateralmente as margens e aumentando em largura. O último trecho do curso é a desembocadura, onde o rio deposita os sedimentos, podendo formar estuários ou **DELTA**s.

### DELTA

Trecho final do curso de um rio que desemboca no mar. Local com grande quantidade de depósito de sedimentos originando conjuntos de bancos de areia, lagoas e ilhas, onde o rio corre separado em diversos canais denominados distributários. Um delta importante no Brasil, **Figura 6.2**, é o do rio Amazonas, no estado do mesmo nome.



**Figura 6.1:** Trechos distintos de um rio clássico.



**Figura 6.2:** Delta do rio Amazonas com suas ilhas e distributários.

Os rios podem ser distintos na morfologia dos seus cursos e nas características físicas e químicas de suas águas. Uma classificação que você pode adotar separa os rios em:

- Rios de Águas Brancas – Possuem águas com grande turbidez e coloração barrenta. Caracterizam-se por carregar muitos sedimentos e sais minerais, tornando a água com o pH quase neutro. Um exemplo deste tipo de rio é o Madeira, no Estado de Rondônia.

- Rios de Águas Claras – Nesses rios as águas são translúcidas, diminuindo a transparência no período de muitas chuvas. A coloração das águas é esverdeada e os parâmetros físicos e químicos oscilam marcadamente entre as estações chuvosas de cheia e seca. O pH é variável, de pouco ácido a neutro (visto na Aula 4) e a quantidade de sais dissolvidos é pequena. Um rio com estas características é o Tapajós, no Estado do Pará.

- Rios de Águas Pretas – Os rios de águas pretas na verdade possuem águas cor de chá, mas parecem ser mais escuras quando no rio. A cor da água é escura devido à presença de solúveis como os ácidos húmicos (visto na Aula 4). Apresentam transparência intermediária entre os dois outros tipos de rios. A quantidade de sedimentos e sais dissolvidos é baixa, conseqüentemente o pH é bastante ácido. Diversos rios costeiros (que desembocam no mar) são desta categoria, mas um dos maiores rios é o Negro, no Estado do Amazonas, que não é um rio costeiro.

### ATIVIDADE



1. Agora você vai fazer uma atividade experimental, bastante simples, que futuramente poderá ser realizada com seus alunos. Como foi mostrado anteriormente os rios podem apresentar características distintas nas propriedades físicas e químicas de suas águas. Nesta atividade, você vai verificar como soluções líquidas com diferentes densidades possuem capacidades diferenciadas de transportar elementos flutuantes. Siga os procedimentos e lembre-se de reunir todos os itens necessários antes de iniciar o experimento.

Para esta atividade, você vai necessitar dos seguintes itens:

- um recipiente alto e transparente (pode ser um vidro vazio de maionese);
- um pouco de água fria suficiente para encher  $\frac{1}{4}$  do recipiente;



- uma rolha de cortiça;
- um pouco de óleo de cozinha suficiente para encher  $\frac{1}{4}$  do recipiente;
- um cubo de plástico (pode ser um desses brinquedos de montar);
- um pouco de xarope de groselha suficiente para encher  $\frac{1}{4}$  do recipiente;
- uma uva.

### Procedimentos

1. Ponha o xarope de groselha no recipiente.
2. Acima da groselha coloque a mesma quantidade de óleo de cozinha.
3. Cubra tudo com a mesma quantidade de água fria.
4. Jogue a rolha de cortiça, o cubo de plástico e a uva.
5. Observe, como exemplificado na **Figura 6.3**, que os líquidos ficaram separados e cada objeto flutua sobre um líquido diferente.

Ao concluir o experimento, descreva o que você observou e justifique os fatos ocorridos.

---

---

---

---

---

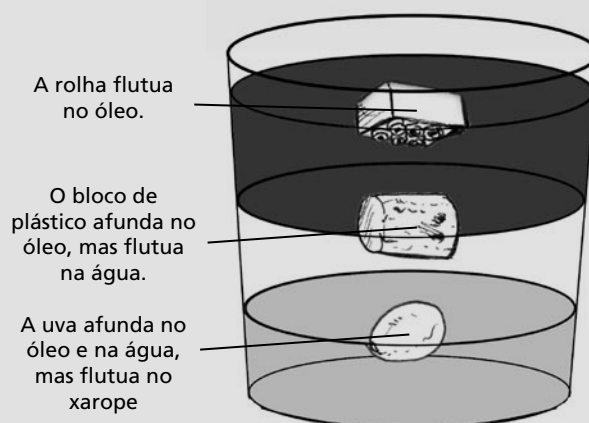
---

---

---

---

---



**Figura 6.3:** Detalhe do recipiente mostrando como os objetos flutuam em níveis diferentes, dependendo da densidade de cada líquido.

#### RESPOSTA COMENTADA

*Esta atividade mostra para você que líquidos com densidades diferentes, como as águas de rios distintos, transportam diferentemente elementos flutuantes. Conseqüentemente a quantidade de sais dissolvidos e a temperatura da água, que são variáveis que influenciam a densidade (visto na Aula 4) interferem na forma como os rios transportam sedimentos, sementes, folhas, frutos e quaisquer outros objetos para trechos inferiores. Esse comportamento tem reflexo em toda a comunidade biológica ao longo dos cursos dos rios.*

## O QUE SÃO OS LAGOS?

Lagos são corpos d'água temporários contendo água doce, salobra ou salgada. Formados pelo acúmulo de água em uma depressão no solo onde é impedida de escoar por surgimento de uma barreira. Aparecem e desaparecem ao longo do tempo em uma **ESCALA GEOLÓGICA**. Assim como são originados, tendem a ser preenchidos por sedimento pelos cursos d'água que os alimentam e depois sumirem.

Cerca de 3% da superfície da Terra são cobertos por lagos. A maioria dos lagos fica no hemisfério norte e foi formada pelo degelo das **GLACIAÇÕES**. A grande maioria dos lagos são pequenos, não passando de meras poças. Entretanto alguns são muito grandes, profundos e geralmente são divisas de países, podendo inclusive serem chamados de mares, tais como os mares Cáspio, Morto e o de Aral (ver na Aula 2 o conceito de mares fechados). O mar Cáspio é o maior lago do mundo, se estendendo por grande dimensão como mostra a **Tabela 6.1** e a **Figura 6.4**.

### ESCALA GEOLÓGICA

É a escala usada para medir a idade da Terra. A Terra possui cerca de 4,5 bilhões de anos. Esse intervalo de tempo denominado tempo geológico se torna incompreensível se as unidades usadas formarem dias, meses ou anos, pois o tempo geológico é medido em escalas superiores. A idade da Terra é estimada pela datação das rochas que considera períodos de milhões de anos.

### GLACIAÇÕES

Períodos geológicos durante os quais grande parte da terra, principalmente no hemisfério norte, ficou coberta por geleiras. Só no período Quaternário houve quatro glaciações.



**Figura 6.4:** Mar Cáspio, o maior lago do mundo.

**Tabela 6.1:** Localização e área dos maiores lagos do mundo

Lagos	Local	Área (Km²)
Mar Cáspio	Repúblicas da Antiga URSS-Irã	436.400
Lago Superior	EUA-Canadá	82.400
Lago Vitória	Quênia-Uganda	68.800

O Brasil tem poucos lagos, entretanto possui a maior bacia hidrográfica do mundo que é a do rio Amazonas com 7.000.000 km². Quanto aos sistemas lacustres brasileiros podemos classificá-los em:

- Lagos Amazônicos – são distintos em lagos de várzea e os lagos de terra firme.
- Lagos do Pantanal – esses lagos são separados em doces, que se conectam aos rios durante o período de muitas chuvas, e lagos salobros, que ficam isolados dos demais corpos d'água independente do regime pluviométrico.
- Lagos e Lagunas Costeiras – ocorrem da região Nordeste ao Estado do Rio Grande do Sul, são litorâneos e incluem quase todos os lagos do Estado do Rio de Janeiro (ver Aula 1, lagoas costeiras).
- Lagos Marginais – presentes ao longo dos rios de grande e médio porte, são formados pelo represamento natural dos pequenos **TRIBUTÁRIOS** ou pelo isolamento de meandros; esses diferentes tipos de lagos serão exemplificados mais adiante.
- Lagos Artificiais – são corpos d'água criados pelo homem, estes podem ser barragens, açudes, represas, reservatórios e outros.

#### TRIBUTÁRIOS

Sinônimo de afluentes, são rios, em sua maioria, de pequeno e médio porte que desembocam em rios maiores e contribuem com o aumento da vazão dos rios principais.

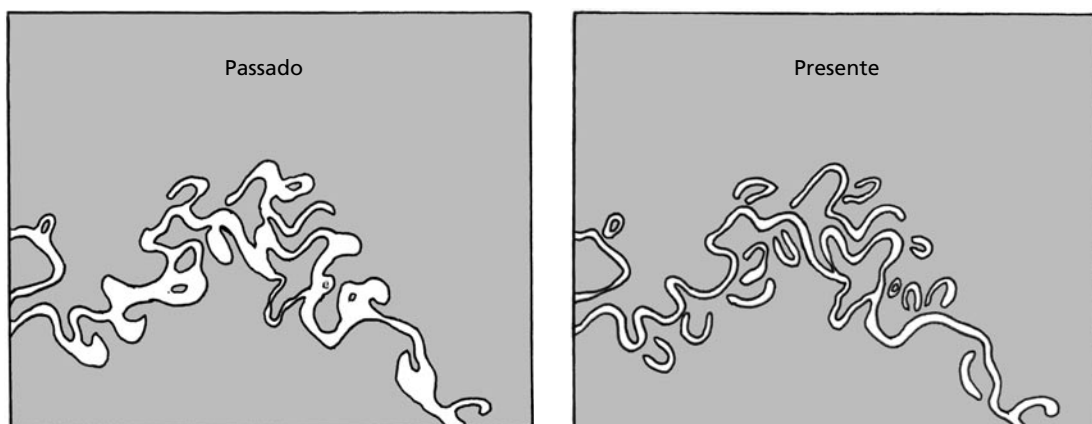
Os lagos podem ter as origens mais distintas. Podem ser formados por falhas tectônicas – como você viu na Aula 2 – (lago Tahoe, nos EUA), origem vulcânica (lago Toyako, no Japão), construído por castores (lago Beaver, nos EUA), pelo impacto de meteoritos (lago Chubb, no Canadá) e por inúmeras outras formas.

No Brasil, a maioria dos nossos lagos são originados pela ação dos rios. Muitos dos lagos amazônicos são decorrentes de represamento de afluentes pela deposição de sedimento realizada pelo rio principal que aprisiona o tributário, formando um lago, como mostra a **Figura 6.5**. Esses lagos são alongados e com diversos braços. Um exemplo deste ecossistema é o complexo de lagos do rio Amapá.



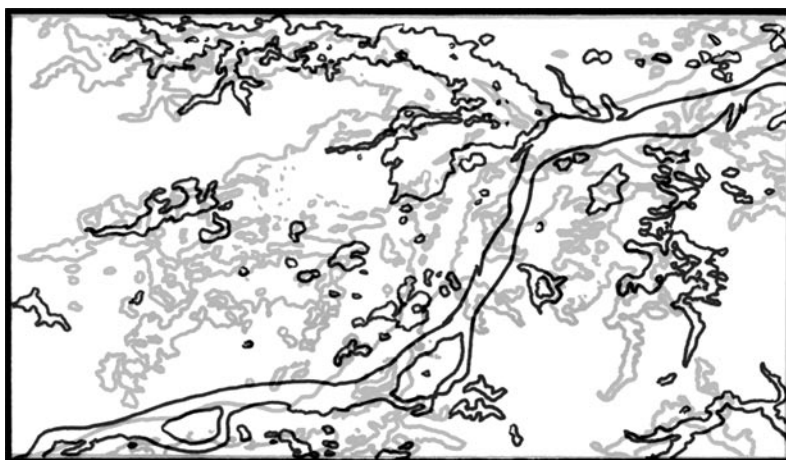
**Figura 6.5:** Exemplo de lago formado por aprisionamento de tributário.

O tipo de lago mais comum no Brasil é o lago de meandro. Os rios mais antigos geralmente apresentam-se com cursos médios bastante sinuosos, em suas planícies, formando inúmeros meandros. Esporadicamente, alguns desses são isolados do rio principal por erosão ou sedimentação de suas margens. Esses lagos, em forma de ferradura (**Figura 6.6**), são muito freqüentes na região Amazônica, Pantanal, São Paulo e norte do Estado do Rio de Janeiro.



**Figura 6.6:** Exemplo de lago formado por isolamento de meandro.

Os lagos de várzea ou lagos de inundação também são bastante encontrados nas planícies Amazônica, Pantanal e no rio São Francisco. São lagos que mudam drasticamente de profundidade em função da incidência de chuvas. Esses lagos podem ser temporários ou perenes, e no período chuvoso aumentam a área alagada se conectando em grandes sistemas antes isolados, como está exemplificado na **Figura 6.7**, que mostra na cor mais clara como fica a região no período de chuvas.



**Figura 6.7:** Exemplo de lago de várzea ou inundação.

Outro ecossistema lacustre presente no Brasil são os de origem de barragem **EÓLICA**. Consistem em trechos de rios costeiros represados por dunas de areia, movimentadas pela ação dos ventos, e transformados em lagos, como pode ser visto na **Figura 6.8**. Esse tipo de lago é bastante comum no litoral do Estado de Santa Catarina, mas existe também em diversos pontos do nordeste brasileiro.

#### **EÓLICA**

Que funciona sob a ação do vento; relativo ao vento.



**Figura 6.8:** Exemplo de lago brasileiro formado por dunas de areia.

No nosso Estado, o Rio de Janeiro, a formação lacustre mais encontrada são as lagoas costeiras, ou lagos de linha de costa. A maior dessas, entretanto, é a Lagoa dos Patos, com 9.920 km<sup>2</sup>, localizada no Rio Grande do Sul.

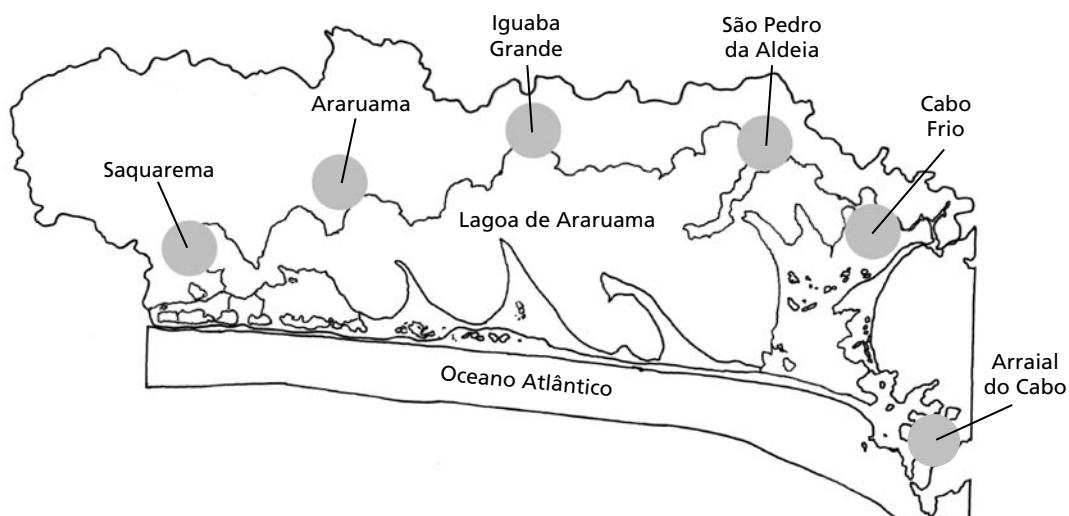
As lagoas costeiras podem ser originadas de duas formas:

- Isolamento de Enseada Marinha – são corpos d’água, geralmente enseadas, separados do mar por cordões de areia. Esses cordões, ou faixas, de areia têm origem em pontos rochosos, onde se inicia a deposição de sedimento pela ação de ondas, ventos ou correntes. A faixa de areia aumenta continuamente até isolar o corpo d’água do mar. Quando esse ambiente continua ligado ao mar, periodicamente, por um canal e sofre a influência das marés, chamamos de laguna (como exemplo eu posso citar a Lagoa dos Patos, no Rio Grande do Sul e a Lagoa de Araruama, no Rio de Janeiro). Quando o isolamento é total, o termo empregado é lagoa. Entretanto essa terminologia é pouco aplicada, como você pode observar. Para compreender melhor observe a **Figura 6.9**.



**Figura 6.9:** Desenho esquemático da Lagoa dos Patos (RS).

A Lagoa de Araruama, na região dos Lagos, no Estado do Rio de Janeiro, é a maior laguna hipersalina perene (que nunca seca) do mundo, com 220 km<sup>2</sup> de área e profundidade média de 2,5 m, chegando a 19 m na região mais profunda. Estende-se pelos municípios de Saquarema, Araruama, Iguaba Grande, São Pedro d' Aldeia, Cabo Frio e Arraial do Cabo. Tendo equivalência de tamanho às lagoas Coorong, na Austrália; Dawhat As Sayh, no golfo Árabe; Madre de Texas, nos EUA e poucas outras. O canal de Itajuru se liga ao mar por um caminho raso e estreito, que desemboca em Cabo Frio.



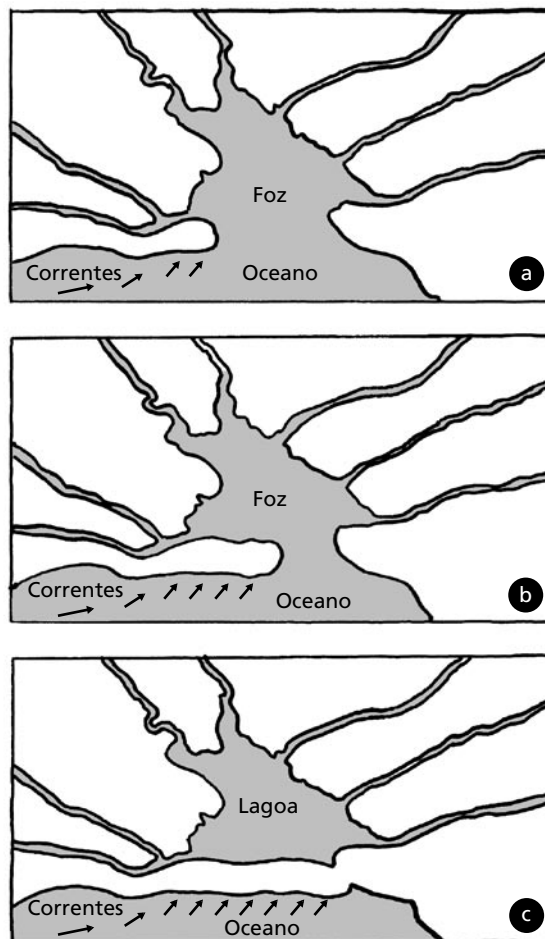
**Figura 6.10:** Desenho esquemático da Lagoa de Araruama (RJ).

- Fechamento de Foz de Rio – existem basicamente três tipos de lagoas formadas pelo fechamento de desembocadura do rio principal:

- Nesse primeiro tipo, a lagoa é derivada do fechamento da foz de um rio pela deposição de sedimentos de origem marinha (ver **Figura 6.11**), como é o caso de algumas lagoas do norte fluminense, como por exemplo Carapebus, Comprida e Cabiúnas.

- O outro tipo de lagoa é formada pelo aumento de recifes de coral na foz de um rio, obstruindo a desembocadura. Essa lagoa é rara no Brasil, sendo restrita ao Nordeste, região de águas com temperatura superior a 20 C°, pouco aporte fluvial e reduzida pluviosidade. Podemos citar como exemplo a lagoa de Rodeio, em Alagoas.

- O último tipo de lagoa tem origem no fechamento da foz por sedimentos fluviais e marinhos. A deposição ocorre nas duas direções. Um exemplo é a Lagoa Feia, em Campos, aqui no Estado do Rio de Janeiro.



**Figura 6.11:** Desenho esquemático de uma lagoa formada por sedimentos de origem marinha.



Outro corpo lacustre encontrado no Brasil são os lagos artificiais. Esses ecossistemas aquáticos têm origem antrópica originários do represamento de rios para fins de abastecimento de água para consumo humano, produção de energia elétrica, irrigação e diversos outros objetivos. Como o controle da quantidade de água liberada é artificial, a construção desses lagos tem como um dos principais efeitos no ambiente modificações no regime hidrológico já que o controle da quantidade de água no lago geralmente independe do regime pluviométrico na região, que altera os períodos naturais de cheia e seca e causa sérias consequências na comunidade biológica local adaptada a estes ciclos sazonais.

## O QUE SÃO AS BACIAS HIDROGRÁFICAS?

As bacias hidrográficas, bacias de drenagem ou fluviais são regiões cujas águas são drenadas por um determinado rio e seus tributários. Representa o conjunto de todos os corpos d'água lóticos ou lânticos que convergem para o mesmo destino.

O Brasil possui quatro importantes bacias hidrográficas:

- Bacia Amazônica com 7.000.000 km<sup>2</sup>, é a maior bacia hidrográfica do mundo. Essa bacia é formada pelo rio Amazonas e inúmeros tributários de grande porte, dentre os quais, alguns dos maiores rios do mundo. Os maiores tributários da margem direita são os rios Madeira, Tapajós e Xingu e na margem esquerda, o rio Negro, além de minúsculos igarapés. Só o rio Amazonas possui cerca de 6.520 km de extensão, alcançando 100 km de largura na foz durante a época de cheia e 100 m de profundidade em alguns trechos. A bacia Amazônica pode ser subdividida em: bacia do alto rio Amazonas (do sopé do Andes à confluência do rio Negro); bacia do médio rio Amazonas (região intermediária, com a maior área) e bacia do baixo rio Amazonas (do rio Xingu até o delta do rio Amazonas).

- Bacia do Rio São Francisco – O rio São Francisco nasce na Serra da Canastra, em Minas Gerais, corre por 2.700 km e vai desembocar no oceano Atlântico, separando Sergipe de Alagoas. É o principal rio da Bacia do Rio São Francisco que drena, ou seja, recebe os Estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Distrito Federal. O rio São Francisco tem 36 tributários, mas somente 19 perenes, que nunca secam. Os principais afluentes da margem direita são os rios

Paropeba, das Velhas e Verde Grande e na margem esquerda, os rios Paracatu, Urucuia e Grande. O Alto São Francisco é o trecho responsável pelo maior fornecimento de água para a bacia, destacando-se o Estado de Minas Gerais que contribui com 70% do total da quantidade de água. Além da grande importância da bacia por levar água a regiões bastante áridas, a bacia apresenta várias usinas hidrelétricas, destacando-se Três Marias, Sobradinho e Paulo Afonso.

- Bacia do Leste – Consiste em um conjunto de bacias hidrográficas costeiras. A principal delas é a bacia do rio Jequitinhonha. Esse rio tem a nascente em Serra Negra, no Estado de Minas Gerais, e se estende por 950 km até a sua foz no oceano Atlântico, no litoral da Bahia. A bacia do Jequitinhonha pode ser distinguida em Alto Jequitinhonha, da nascente até Terra Branca, 316 km abaixo; Médio Jequitinhonha, de Terra Branca até Salto da Divisa, 474 km; Baixo Jequitinhonha, de Salto da Divisa à foz, percorrendo 160 km.

- Bacia do Alto Rio Paraná – O rio Paraná é o segundo maior rio em extensão da América do Sul e o principal rio da bacia da Prata. O rio Paraná recebe como importantes tributários na margem direita os rios Grande, Paranapanema, Tietê e Iguaçu e na margem esquerda os rios Pardo, Ivinheima e Iguatemi. Deságua no Oceano Atlântico, na divisa entre o Uruguai e a Argentina. No Brasil, o rio Paraná nasce com o nome de rio Paranaíba e tem a sua nascente em Minas Gerais, na Serra da Mata da Corda, e corre até a foz do rio Iguaçu, no Paraná. Como Paranaíba, é um típico rio de planalto (íngreme, estreito e de fundo rochoso). Quando o rio passa a apresentar características de rio de planície (leito largo, pouca declividade e área de inundação com inúmeras ilhas e lagoas), vem a se chamar rio Paraná. No trecho final, no Brasil, o rio forma o grande reservatório da Hidrelétrica de Itaipu, no Paraná, com 150 km de extensão e 1.460 km<sup>2</sup> de área, que encobre os saltos de Sete Quedas e, ao sair do reservatório, corre encaixado em uma profunda fenda rochosa.

## CONCLUSÃO

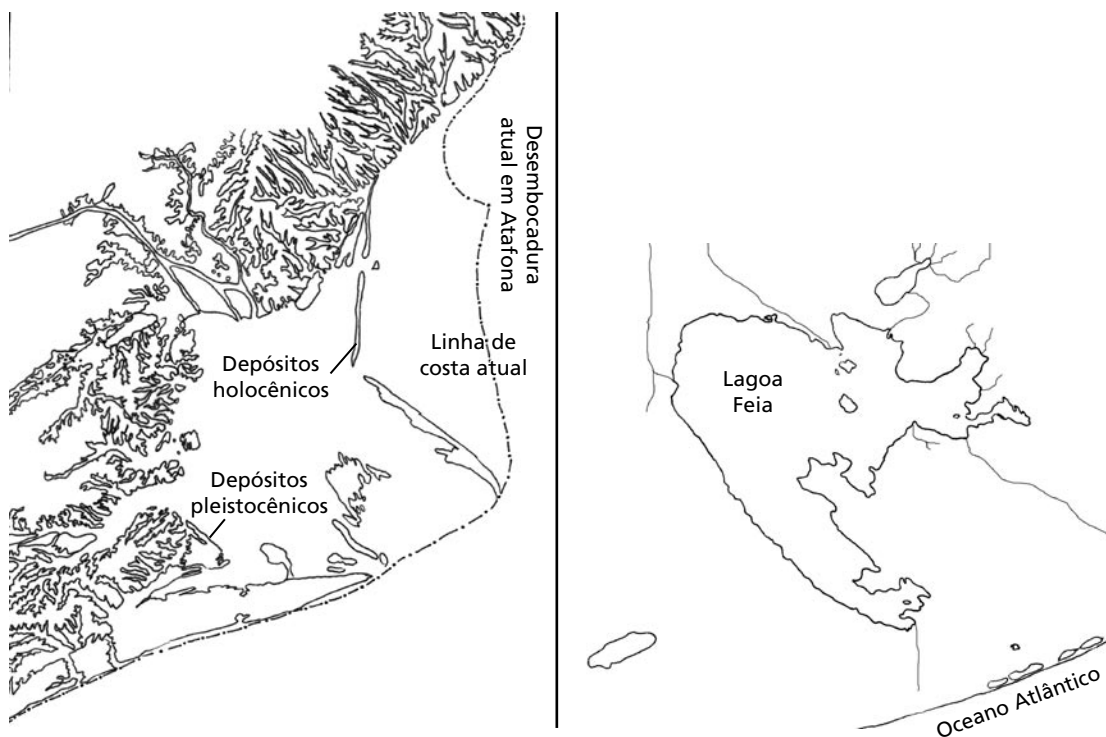
A pergunta inicial desta aula foi “será que os rios e os lagos são ambientes independentes”? Ao longo da aula pudemos concluir que geralmente os ambientes lóticos são responsáveis pela origem dos lênticos devido ao barramento parcial ou total de suas águas. A grande dependência dos dois tipos de ambientes está nos rios, não só dando origem aos lagos, mas também, em muitos casos, sendo o responsável pelo caráter temporário dos lagos. Em uma escala geológica de tempo, os lagos vão ser assoreados pelos sedimentos depositados pelos rios e sumir.

### RESUMO

Os principais corpos d'água continentais são os rios e os lagos. Os lagos e assemelhados são ambientes lênticos derivados, em muitos casos, dos ambientes lóticos, os rios. Os rios podem ser divididos em trechos: superior, médio e inferior. Os lagos são formados basicamente pelo barramento de trechos ou tributários do curso médio de rios e no caso dos lagos costeiros pelo fechamento de desembocadura por sedimentos continentais, marinhos ou ambos. O Brasil não possui grandes lagos naturais, em compensação apresenta grandes rios e importantes bacias de drenagem em todas as regiões.

## ATIVIDADE FINAL

Na **Figura 6.12**, estão representados dois momentos da configuração da Lagoa Feia (RJ). No passado, há cerca de cinco mil anos, e a configuração atual. Segundo dados históricos, até meados de 1950, a Lagoa Feia foi a maior lagoa do Estado do Rio de Janeiro, sendo pouco menor que a Baía de Guanabara. Entretanto desde o século XVII vem sofrendo uma série de intervenções humanas que resultaram em tributários retificados, canais assoreados, brejos diminuídos e desmatamento das margens e encostas. Caso alguns desses termos não lhe seja familiares, complete a atividade procurando-os no dicionário.



**Figura 6.12:** Desenho esquemático da Lagoa Feia (RJ) em dois momentos da sua história (passado e presente).

Agora eu quero que você pense: caso não ocorra nenhuma grande mudança climática global, o que vai acontecer futuramente com a área do espelho d'água da Lagoa Feia? Vai aumentar, diminuir ou permanecer igual? Explique o porquê.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Caso tenha respondido que a tendência é a Lagoa Feia ter seu espelho d'água diminuído em uma escala geológica de tempo, você está certo. Como foi dito no início desta aula, os lagos e lagoas são corpos d'água temporários. O assoreamento das margens e o contínuo depósito de sedimentos feitos pelos tributários fazem com que a profundidade e a área da lagoa diminua. Entretanto, apesar de esse processo ser natural, ele pode ser acelerado pela mão do homem de uma forma negativa. A retirada da vegetação das margens, aterros, lançamento de efluentes não tratados e muitas outras atitudes contribuem para reduzir o tempo de existência de importantes ecossistemas aquáticos e devem ser evitados.*

**INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula continuaremos estudando a diversidade funcional e estrutural dos ambientes aquáticos. Os ecossistemas abordados serão os que fazem a interface entre os corpos d'água continentais e os marinhos. Mantenha ao seu lado as aulas anteriores, pois continuaremos a utilizá-las. Até a sétima aula e bom estudo.



# Todo estuário tem manguezal e todo manguezal fica em um estuário?

## AULA 7

### Meta da aula

Conceituar estuário e manguezal, mostrando suas importâncias, suas interdependências e como diferenciá-los.

Após esta aula, você deverá:

- verificar a produção de gás pela decomposição de matéria orgânica em ambientes estuarinos por meio de experimento;
- avaliar os impactos ambientais decorrentes da atividade humana em manguezais.

## **INTRODUÇÃO**

Você já havia visto (Aula 1) um estudo introdutório sobre estuários e manguezais. Esses ambientes são dois dos mais importantes ecossistemas aquáticos. Por serem ambientes intermediários entre os corpos d'água do continente e do mar, são áreas ecologicamente ameaçadas por poluição, aterro e outros impactos de origem humana. Apesar de maltratados, são importantes por múltiplas funções: suportar diferentes comunidades biológicas, servir de filtro natural contra poluentes terrestres, abrigar inúmeras espécies animais (tanto invertebrados quanto aves migratórias), além de representar outros papéis socioambientais.

Embora manguezais e estuários sejam ambientes conectados, existe uma confusão acerca da interdependência desses ambientes. Estuários e manguezais apresentam características bastante variáveis em função dos regimes hidrológicos e das marés, por exemplo. Em termos gerais, podemos estabelecer o seguinte movimento: as águas da maré cheia (reveja *marés*, na Aula 3) entram nos estuários e trazem consigo parte da biota marinha (principalmente o *zooplâncton*, conforme você viu na Aula 5). Quando os estuários recebem essa água do mar, acabam extravasando um fluxo de água doce para o manguezal, introduzindo aí a biota estuarina. O inverso ocorre com a maré vazante, que faz o sentido oposto, e leva consigo espécies de água doce para o mar (como os pitus, *Macrobrachium*) que, em virtude do aumento da salinidade, retornam aos rios.

Mas será que todo estuário tem um manguezal no fundo? E será que todo manguezal fica obrigatoriamente dentro de um estuário? Durante esta aula, você vai verificar se existe relação de dependência entre estes dois tipos de ambiente.

## **O QUE SÃO OS ESTUÁRIOS?**

Os estuários são trechos da zona costeira localizados em uma região parcialmente fechada, nos quais ocorre o encontro e a mistura de corpos d'água continentais e marinhos. A água do estuário é chamada salobra (doce + salgada). Esses ambientes aquáticos estão presentes em todo o mundo, mas são mais evidentes em latitudes temperadas e tropicais, onde ocorre uma descarga estável de água doce na costa (um aporte regular).

Uma das principais características desse tipo de ambiente é a existência de uma grande amplitude espacial e temporal dos parâmetros

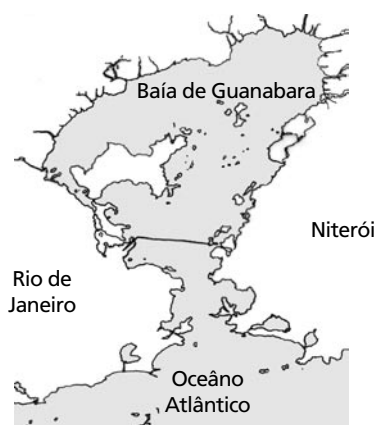


físicos e químicos da água. O que isso significa? Se formos observar a salinidade, por exemplo, veremos que a constante mistura da água doce com salgada faz com que esse seja o parâmetro de maior variação. Entretanto, diversos outros parâmetros sofrem grandes oscilações (entre os quais estão a temperatura, o oxigênio dissolvido e a transparência). Essa grande variação da qualidade da água faz com que os estuários sejam ambientes inóspitos para muitas espécies.

Apesar das mudanças abruptas nos parâmetros físico-químicos, os estuários são ambientes ricos em nutrientes, devido ao aporte proveniente do deságüe de água doce, estabelecendo uma alta produtividade primária (releia *produção primária* na Aula 5). São considerados berçários da Natureza devido à imensa diversidade de espécies que utilizam essa área para crescimento dos seus juvenis e para reprodução. Mas qual é sua relevância para o homem? É simples entender, haja visto que a alta produtividade faz com que os estuários tenham grande importância econômica na produção de recursos pesqueiros.

À primeira vista, os estuários são caracterizados por possuírem poucas espécies residentes. Contudo, apresentam uma elevada biomassa de peixes, camarões e siris. Mas por que essas espécies ocorrem? Por uma simples questão de compensação. Apesar de sofrerem um estresse fisiológico causado pelas variações na água do estuário, essas espécies não-residentes são recompensadas pela riqueza de alimento e pela grande quantidade de abrigo contra possíveis predadores.

No estado do Rio de Janeiro, um dos estuários mais conhecidos – e infelizmente muito maltratado pelo homem – é a baía da Guanabara, que pode ser vista na **Figura 7.1**.



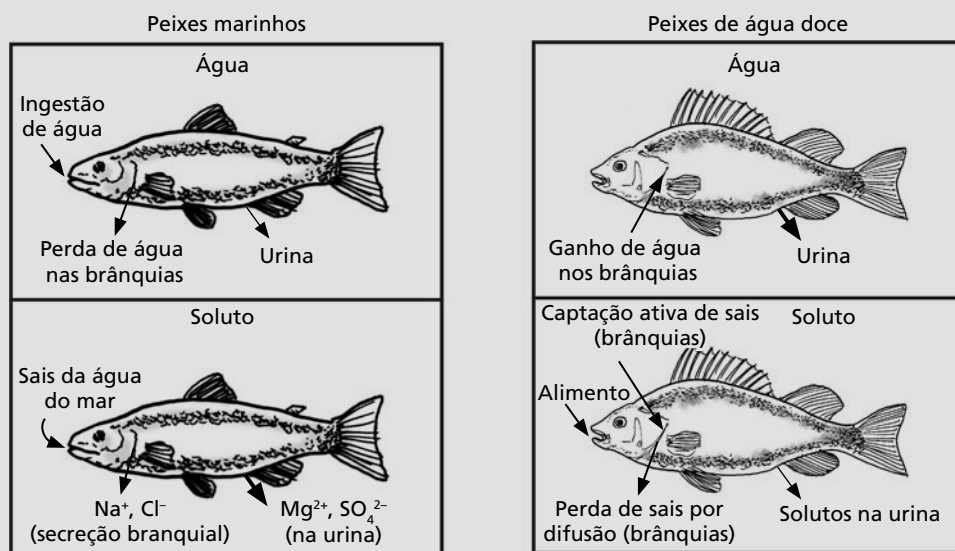
**Figura 7.1:** Estuário da baía da Guanabara, no estado do Rio de Janeiro.

## ESPÉCIES QUE OCORREM NOS ESTUÁRIOS

Como acabamos de ver, poucas espécies animais toleram ao longo de toda a vida as variações ambientais dos estuários, principalmente as variações de salinidade da água, que causam problemas de **OSMORREGULAÇÃO**.

### OSMORREGULAÇÃO

Processo biológico pelo qual os organismos controlam a variação da concentração de sais (íons) nas células dos fluidos corporais, adequando a pressão osmótica do interior do organismo com o meio mais ou menos salino. Esse controle é feito de inúmeras formas, como mostra a **Figura 7.2**. Uma delas é absorvendo sais pelas brânquias ou eliminando íons pela urina.



**Figura 7.2:** Exemplo de osmorregulação em peixes de estuários.

Mas é possível a ocorrência de espécies durante determinados períodos do ciclo de vida? Sim! Por isso é possível estabelecer uma classificação quanto ao momento do ciclo biológico em que espécies utilizam esse ambiente, como a seguir:

- *espécies estuarino-residentes*: espécies que completam todo o ciclo de vida dentro do estuário como, por exemplo, o peixe-rei (*Atherinella brasiliensis*);
- *espécies marinhas estuarino-dependentes*: são aquelas que liberam os ovos no mar durante a reprodução, porém suas larvas e juvenis utilizam obrigatoriamente o estuário para crescer até alcançar a idade adulta, quando retornam novamente ao mar. Um exemplo desta categoria de espécies é a corvina (*Micropogonias furnieri*), pescado bastante comercializado;

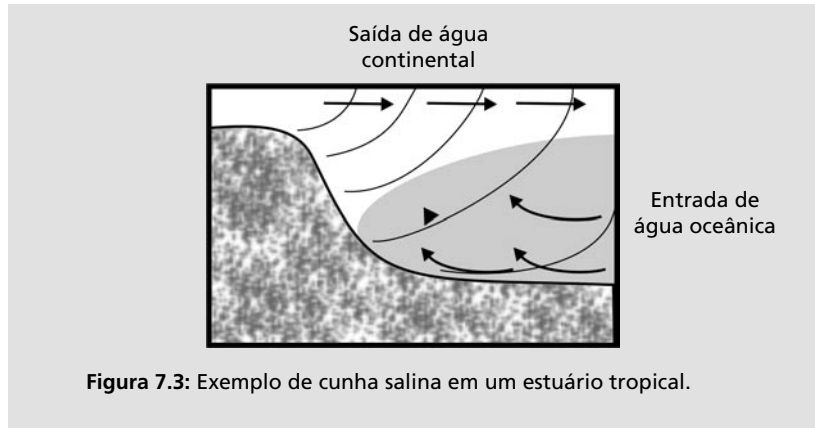
- *espécies marinhas estuarino-oportunistas*: diferentemente das estuarino-dependentes, seus jovens podem facultativamente usar o estuário para crescer, caso as condições sejam mais favoráveis do que no ambiente de desova (mar). Uma espécie oportunista é o baiacu-arara (*Lagocephalus laevigatus*);
- *espécies marinhas visitantes-ocasionais*: grupo de maior número de espécies em um estuário. As visitantes-ocasionais não apresentam um padrão claro na forma como exploram o estuário, pois aparecem lá e retornam ao mar esporadicamente. O peixe-porco, também conhecido como porquinho ou peroá (*Balistes capriscus*), é um exemplo dessa categoria;
- *espécies anádromas*: espécies que completam quase todo o ciclo de vida no mar, mas procuram águas menos salgadas para se reproduzir. Os jovens crescem no estuário e, posteriormente, migram para continuar o ciclo de vida no mar. Como exemplo podemos citar o bagre-marinho (*Genidens barbatus*);
- *espécies dulcículas*: espécies típicas de corpos d'água continentais. Durante os períodos de chuvas intensas, as larvas, ovos e pequenos juvenis são carregados para o estuário, voltando para águas doces com a diminuição das chuvas. Diversas espécies de poecílídeos (guarus, barrigudinhos) são exemplos de espécies dulcículas.

## INFLUÊNCIA DA ÁREA FÍSICA DOS ESTUÁRIOS NO ECOSISTEMA

Conforme dissemos anteriormente, todo estuário é um ambiente parcialmente fechado. Mas como ocorre o fluxo de água? O estuário caracteriza-se por possuir uma região de maior profundidade, denominada canal, que é por onde ocorre a maior circulação e, conseqüentemente, a troca e renovação da água. A zona de canal apresenta fortes correntes, por onde passam as marés enchente e vazante e surge a **CUNHA SALINA**. É no canal também que acontece a maior parte da entrada e saída de espécies deste ecossistema.

### CUNHA SALINA

Penetração de água salgada devido a ventos ou marés enchentes, simultâneos à grande descarga de água de origem continental resultante de deságüe fluvial. Isso origina uma estratificação vertical com gradientes de salinidade (**Figura 7.3**).



Esses ambientes, por serem um ecossistema parcialmente fechado, possuem alguns trechos com reduzida circulação de água, ainda que a zona de canal promova a troca de água dos estuários. Esses trechos apresentam pouca profundidade, sedimento muito fino e grandes depósitos de matéria orgânica.

E quais são as conseqüências químicas da redução de circulação? A conjunção desses fatores (pouca profundidade, sedimento fino etc.) propicia a criação de um habitat com concentrações mínimas (ou nulas) de oxigênio dissolvido (OD), caracterizado pela ocupação de diversas espécies de bactérias anaeróbicas e fungos. Esses microorganismos (bactérias e fungos) são os responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, e podem produzir alguns gases durante esse processo. Um desses gases é o gás sulfídrico ( $H_2S$ ), responsável pelo cheiro desagradável (semelhante a ovo podre) presente em algumas partes do estuário.

#### **Bolsão de ar embaixo d'água**

Durante alguns tipos de mergulho, é possível encontrar bolsões de ar submersos. Como exemplo, podemos citar essa ocorrência em naufrágios. Dependendo da posição em que o barco naufragado "estacionou" no fundo, há um acúmulo de ar (que estava no interior da embarcação durante o afundamento) em parte do casco. Como o ar é mais leve

que a água, ele tende a subir (nesse caso, ficar aprisionado em algum compartimento). Durante um mergulho em naufrágio, é possível que o mergulhador se depare com um bolsão de ar (Figura 7.4).



**Figura 7.4:** Mergulhador em bolsão de ar.

Foto retirada do site  
<http://morguefile.com/archive/?display=94397&ACIMA> (free)  
 Autora: Belinda Gallagher.

Será que é possível respirar esse ar do bolsão? Não! Como você viu, o gás sulfídrico é produzido pela decomposição de matéria orgânica, e uma característica desse gás é seu forte (e desagradável) cheiro; em altas concentrações, entretanto, ele é inodoro.

Como há decomposição de matéria orgânica dentro do navio (morte de cracas, moluscos etc.), há produção de gás. Como o gás está aprisionado dentro do navio, todo novo gás produzido será acumulado no bolsão. Logo, esse bolsão pode estar, na verdade, lotado de  $H_2S$ , que é altamente tóxico e impossível de ser identificado pelo cheiro quando em altas concentrações.

### ATIVIDADE



1. Vamos para mais um experimento? Nessa atividade, você vai observar a produção de gás resultante da atividade de microrganismos, semelhante ao que acontece em trechos de ambientes estuarinos com carência de oxigênio dissolvido. Siga os procedimentos e lembre-se de reunir todos os itens necessários antes de iniciar o experimento.

Para esta atividade, você vai necessitar dos seguintes itens:

- um balão (bexiga) de ar de festa de aniversário;
- três colheres de chá de fermento biológico;
- duas colheres de chá de açúcar;
- 150ml de água quente;
- uma garrafa plástica de água mineral (ou similar).

#### Procedimentos

1. Coloque o fermento e o açúcar misturados na garrafa.
2. Ponha a água quente e feche o gargalo com o balão.
3. Marque o tempo de início do processo (T1). Após isso, deixe o expe-

rimento de lado e, a cada 45 minutos, observe-o e marque o fenômeno observado (T2, T3 e T4).

Ao concluir o experimento, descreva o que você observou e preencha a tabela:

Tempo	Fenômeno observado
T1	
T2	
T3	
T4	



**Figura 7.5:** Detalhe da garrafa com o balão cheio de gás.

#### **RESPOSTA COMENTADA**

Observe, como exemplificado na **Figura 7.5**, que em poucas horas a mistura vai começar a espumar e o balão vai se encher de gás. Essa atividade experimental mostra que os microorganismos (nesse caso, fungos) utilizam o açúcar em um processo semelhante ao da decomposição de matéria orgânica que ocorre no sedimento dos estuários. O processo de decomposição produz gases que são os responsáveis pelo cheiro desagradável de trechos com menor circulação de água nos estuários.

## **O QUE SÃO OS MANGUEZAIS?**

Conhecidos também como florestas tropicais anfíbias, os manguezais são comunidades vegetais distintas, presentes em estuários, baías, ilhas, lagoas costeiras e deltas de rios tropicais e equatoriais. Esses ambientes se caracterizam pela presença de árvores que crescem em áreas alagadas por águas com gradiente de salinidade; nestas árvores, os troncos periodicamente ficam, em parte, submersos pelo mar.

Os maiores manguezais ocorrem em zonas com alta precipitação e amplitude de marés em geral próximas a rios. Manguezais existentes em ilhas e lagoas salgadas sem rios perenes têm nas chuvas a água doce responsável pela sua sobrevivência.

No Brasil os manguezais ocorrem desde a foz do rio Oiapoque ( $4^{\circ} 30' N$ ), no estado do Amapá, até Laguna ( $28^{\circ} 30' S$ ), em Santa Catarina (estado já sobre a influência das águas frias de origem Antártica). Os grandes manguezais estão em áreas onde a amplitude de maré (a variação entre a maré cheia e a vazante) é maior, como nos estados do Norte, principalmente Amapá, Maranhão e Nordeste.

No Rio de Janeiro, como mostra a **Figura 7.6**, as maiores formações de manguezal estão na foz do rio Paraíba do Sul, no norte do estado, mas ainda existem boas áreas de manguezal na baía da Guanabara, baía de Sepetiba e baía da Ilha Grande.



**Figura 7.6:** Mapa do estado do Rio de Janeiro mostrando as principais áreas de manguezal atuais.

O manguezal caracteriza-se por apresentar baixa diversidade vegetal. O mangue brasileiro é restrito a poucas espécies de árvores: no Rio de Janeiro, podemos classificar as árvores em: a. grandes (com cerca de 12 metros), como o mangue-vermelho ou bravo (*Rhizophora mangle*) e o mangue-preto ou siriúba (*Avicennia germinans* e *Avicennia schaveriana*), que são mostrados na **Figura 7.7**; b. árvores de tamanho médio (com cerca de seis metros), como o mangue-branco (*Laguncularia racemosa*), na **Figura 7.8**.

O mangue-tintureiro, ou mangue-de-botão (*Conocarpus erectus*) também, ocorre no Rio de Janeiro, embora seja mais comum na região Norte (curioso é que essa não é uma árvore restrita aos mangues). Também nesta região (Norte) ocorrem mais duas outras espécies de mangue-vermelho (*Rhizophora harrisoni* e *Rhizophora racemosa*).



**Figura 7.7:** *Rhizophora mangle* fotografada no estuário da baía da Guanabara, no estado do Rio de Janeiro.





**Figura 7.8:** *Laguncularia racemosa* fotografada no estuário da baía de Guanabara, no estado do Rio de Janeiro.

Devido às condições variáveis do manguezal, as árvores desses ambientes apresentam adaptações específicas para sobreviverem nesse local. Uma dessas adaptações é a presença de raízes respiratórias, que têm as funções de fornecer oxigênio para as raízes enterradas no fundo (sem suprimento direto de oxigênio), e amortecer o choque do caule com as ondas durante a maré enchente. As raízes respiratórias, por terem lenticelas (células especiais adaptadas para capturar oxigênio), podem ser classificadas em pneumatóforos (*Avicennia* e *Laguncularia*) ou rizóforos (*Rhizophora*).

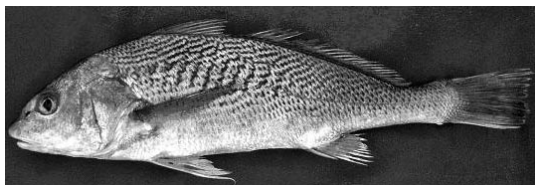
Outras adaptações específicas para a sobrevivência das árvores nesse ecossistema são as secreções ativas de solutos, a queda das folhas e a formação de propágulos (**Figura 7.9**), que são sementes dos mangues germináveis dentro dos frutos que ainda estão nas árvores.



**Figura 7.9:** Propágulo fotografado no estuário da baía de Guanabara, no estado do Rio de Janeiro.

Além das árvores, outros vegetais ocorrem em zonas contíguas ao manguezal, tais como as gramíneas (*Spartina brasiliensis*), o crino (*Crinum attenuatum*), os arbustos (*Hibiscus pernanbucensis*), as algas unicelulares, as algas macrófitas e a vegetação epífita, como os líquens barba-de-velho (*Usnea barbata*).

Como as árvores periodicamente perdem as folhas, o chão da floresta do mangue acumula uma grande quantidade de folhas caídas que são degradadas gradativamente pelas bactérias e fungos. Esse detrito vegetal é retido pelas raízes aéreas e permite o desenvolvimento de uma complexa cadeia alimentar que tem, nos níveis tróficos mais baixos, microorganismos decompositores; e, em seu topo, animais que aparecem em outros ambientes além do manguezal, como corvinas – **Figura 7.10** – (*Micropogonias furnieri*), lontras (*Lutra longicaudis*) e colhereiro (*Ajaia ajaia*).



**Figura 7.10:** Corvina pescada no estuário da baía de Guanabara, no estado do Rio de Janeiro.

A fauna associada ao mangue inclui uma grande diversidade de espécies animais, tais como anelídeos, moluscos, crustáceos, aracnídeos, insetos, peixes, anfíbios, aves e mamíferos. Parte desses animais estão associados ao substrato duro e vivem fixos às raízes e troncos das árvores, como os caramujos (*Littorina*), ostras (*Crassostrea*) e cracas (*Balanus*) ou ao sedimento como o caranguejo-chama-maré, ou aratu (*Aratus pisoni*), como mostrado na **Figura 7.11**.



**Figura 7.11:** Caranguejo-chama-maré, fotografado no estuário da baía de Guanabara, no estado do Rio de Janeiro.

Diversas outras espécies estão presentes no sedimento mole do mangue. Os mais característicos e numerosos são os caranguejos de lama (*Uca*, *Ucides*, *Goniopsis* e *Cardisoma*). Além da importância econômica destes crustáceos, o ato dos caranguejos escavarem (revolvendo o sedimento para procurar alimento e construir abrigo), oxigena o substrato e disponibiliza nutrientes para o meio.

Devido à alta movimentação das águas dos manguezais, pela constante entrada e saída da maré e pelo lançamento de sedimentos e material em suspensão pelos corpos d'água continentais, a água tende a ser turva em ambientes de mangue. Essa alta turbidez (com muito material particulado) tem como consequência o entupimento do sistema respiratório dos animais.

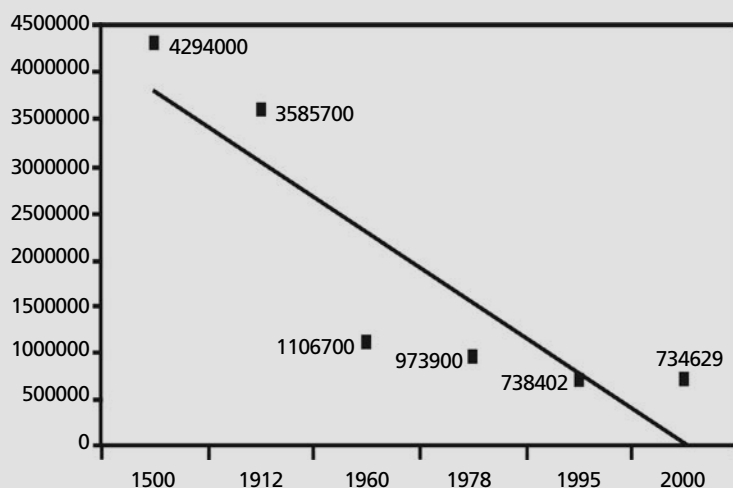
Uma das principais adaptações para resolver esse problema é a presença de estruturas com numerosos pêlos e cerdas, que funcionam como filtro para proteger o aparelho respiratório. Um exemplo disso são os caranguejos de mangue, que apresentam patas peludas (*Uca*) e usam dessas patas para limpar o aparelho respiratório.

Os manguezais são considerados Área de Reserva da Biosfera pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), além de serem Área de Preservação Permanente, protegidos por lei federal brasileira. Apesar disso, têm sido vítimas históricas de desmatamento. Os primeiros registros da ação danosa do homem nos manguezais são do século XVI, quando suas árvores eram cortadas para extração de tinta de tanino, utilizada para tingir tecidos e para uso em curtumes.

Com o passar dos anos, o desmatamento das árvores dos manguezais foi direcionado para a produção de carvão, para a construção de cercas, de currais de pesca e inúmeros outros usos pouco nobres. Aliado ao corte das árvores, os manguezais foram agredidos também pelos aterros. Com o pretexto de conter focos de mosquito nas áreas alagadas, muitos manguezais foram aterrados dando origem a portos, moradias, hotéis, condomínios de praia e estradas costeiras. Em Angra dos Reis, litoral do Rio de Janeiro, diversos condomínios de luxo foram edificadas em áreas de mangue.

### Desmatamento ao longo do tempo

No momento da descoberta do Brasil, em 1500, estimava-se que o estado do Rio de Janeiro tivesse cerca de 4.294.000 hectares de manguezal. Atualmente, a área de manguezal no nosso Estado é menor que 700.000 hectares. Essa diminuição gradativa e preocupante dos manguezais fluminenses de fato desacelerou nos últimos anos, mas ainda continua crítica. Em uma projeção, podemos dizer que, se o processo de desmatamento continuar, em breve não existirão mais manguezais em nosso estado (Figura 7.12).



**Figura 7.12:** Gráfico da diminuição histórica das áreas de manguezal no estado do Rio de Janeiro.

## CONCLUSÃO

Vamos ter, desta vez, uma conclusão diferente. No título desta aula, eu perguntei para você se todo estuário tem manguezal e se todo manguezal fica dentro de um estuário. Lembra dessa pergunta? Pois então, durante esta aula você pôde aprender que os estuários são ecossistemas existentes em todas as regiões costeiras do mundo, apesar de haver uma maior ocorrência em latitudes temperadas e tropicais. Ainda, vimos que os manguezais são restritos às regiões tropicais e equatoriais. Logo, existem estuários temperados onde não ocorrem manguezais.

Quanto à segunda pergunta, a maioria dos estuários tropicais e equatoriais possui trechos com manguezais. Entretanto, os manguezais de ilhas e lagoas salinas, alimentados por chuvas, crescem independentes de estuários.

## ATIVIDADE FINAL

Segundo a literatura científica e as notícias veiculadas pela mídia, atualmente os manguezais enfrentam grandes prejuízos devido ao cultivo de camarão marinho. A criação de camarão representa a pior ameaça para os mangues, para sua vida silvestre e para as comunidades humanas por eles sustentadas. No mundo, aproximadamente um milhão de hectares de pântanos litorâneos – incluindo manguezais – foram desmatados para serem transformados em fazendas de camarão.

No Brasil, se observarmos somente o estado do Rio Grande do Norte, dos 18.080 hectares de mangue, 390 hectares já foram desmatados e hoje são ocupados por empreendimentos para criação de camarão. Em 2002, o Brasil já registrara mais de 10 mil hectares de fazendas de camarão produzindo cerca de 60 mil toneladas. Espera-se que os tanques para criação cubram 25 mil hectares de áreas alagadas litorâneas, com uma produção que ultrapassa 160 mil toneladas até 2005. Produtores de camarão vindos do Equador e Taiwan estão chegando ao Brasil para esse lucrativo empreendimento. A carcinicultura brasileira está sendo preparada para um rápido crescimento, conduzindo o Brasil a um lugar de destaque entre outros gigantes da aquicultura mundial, como a Tailândia, o Equador e a China. Em 2000, o Governo brasileiro iniciou um ambicioso plano para expandir a área da aquicultura de camarão em seis vezes, alcançando 30 mil hectares.

Agora eu quero que você pense e me responda: Caso não ocorra uma mudança de postura quanto ao crescimento da aqüicultura de camarão marinho no Brasil, o que pode acontecer com os ecossistemas de manguezal? Fundamente sua resposta.

[illegible]

\_\_\_\_\_

---

[illegible]

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Caso você tenha respondido que a tendência é que a área dos manguezais diminua sensivelmente nos próximos anos, você está certo. Mas será que a harmonia entre o manguezal e a carcinicultura é possível? A carcinicultura é um dos mais importantes filões da economia costeira e deve ser vista com bons olhos. Entretanto, explorar uma atividade econômica sem ter uma forte preocupação com a sustentabilidade ambiental dessa própria atividade é um erro, condenado historicamente ao fracasso.*

*Segundo alguns especialistas que não aprovam a construção de viveiros de camarão em mangues, quem derruba mangue para fazer cultivo de camarão não sabe que o solo é instável, e fica difícil a construção de barreiras e comportas. Ainda, esse solo é bastante ácido, logo inadequado para viveiros (isso sem levar em consideração que se trata de uma área protegida por lei federal). O problema, segundo esses especialistas, é que historicamente o preço das áreas dos mangues (e seu entorno) é baixo. Isso, aliado à facilidade de acesso à água, fazendo com que haja atrativos suficientes para a escolha dos manguezais como ambiente ideal para o desenvolvimento da aquíicultura.*

*Atualmente já existe uma legislação brasileira (e uma forte pressão internacional) para a proteção integral dos manguezais remanescentes. Aliado a isso, é notada uma preocupação dos especialistas em carcinicultura acerca da sustentabilidade ambiental da atividade.*

## RESUMO

Os estuários e os manguezais são importantes ecossistemas aquáticos, por serem intermediários entre os corpos d'água do continente e do mar. Esses ambientes suportam diferentes comunidades biológicas, servem de filtro natural contra poluentes terrestres e abrigam inúmeras espécies animais. Apresentam características variáveis em função dos regimes hidrológicos e das marés.

Os estuários são trechos da zona costeira onde existe a mistura da água continental e marinha em uma região parcialmente fechada. Esses ambientes aquáticos estão presentes em todo o mundo, mas são maiores nas regiões temperadas e tropicais, onde ocorre uma descarga estável de água doce na costa. Uma das principais características desse tipo de ambiente é a existência de grande amplitude espacial e temporal dos parâmetros físicos e químicos da água.

Os manguezais são comunidades vegetais presentes nos estuários, baías, ilhas, lagoas costeiras e deltas de rios tropicais e equatoriais, caracterizadas por terem árvores que crescem em água com gradiente de salinidade, e onde os troncos ficam parcialmente submersos pelo mar. Os maiores manguezais ocorrem em zonas com alta precipitação e amplitude de marés. Entretanto, manguezais existentes em ilhas e lagoas salgadas, sem rios perenes, têm nas chuvas a água doce responsável pela sua sobrevivência. Os dois ambientes sofrem a ação predatória do homem e necessitam de maior atenção na sua conservação.

## INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na oitava aula, ainda continuaremos estudando a diversidade dos ambientes aquáticos. Falaremos dos ambientes marinhos de substrato duro, tais como os costões rochosos e os recifes naturais. Mantenha ao seu lado as aulas anteriores, pois continuaremos a utilizá-las. Até a próxima aula.



# Os organismos aquáticos são capazes de construir grandes ecossistemas?

## AULA 8

### Metas da aula

Apresentar a diversidade estrutural dos ambientes aquáticos de substrato consolidado e descrever o processo de bioconstrução.

Esperamos que, após estudar o conteúdo desta aula, você consiga:

- identificar quais cuidados devem ser tomados com a comunidade biológica ao se tentar limpar um ambiente de substrato consolidado ocupado;
- descrever a relação entre os ambientes de substrato consolidado e a produtividade aquática.

## INTRODUÇÃO

### BENTOS

Conjunto de organismos que vivem intimamente associados ao substrato. Representam cerca de 95% das espécies marinhas.

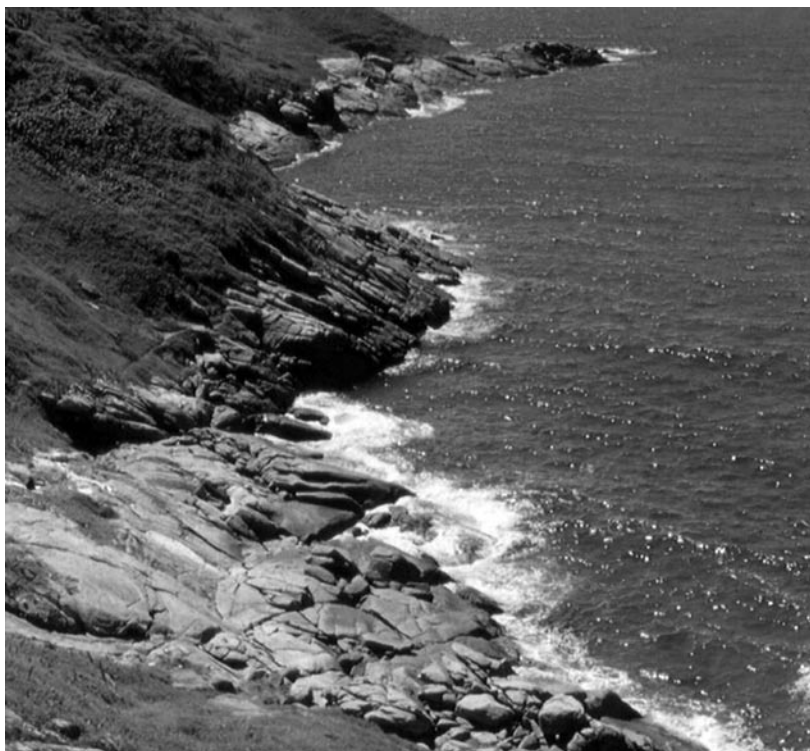
Na primeira aula dessa disciplina, você conheceu uma grande diversidade de ambientes aquáticos, dentre eles, os ambientes costeiros bentônicos de substrato consolidado ou duro. Os costões rochosos e os recifes naturais são dois exemplos desse tipo de ambiente, além de serem os mais importantes, complexos e belos ecossistemas marinhos presentes na costa brasileira. Esses ambientes se caracterizam por mesclarem substratos rochosos com substratos biogênicos, originados pelos organismos do **BENTOS**. Do mesmo modo que os estuários e os manguezais, os costões rochosos e muitos dos recifes naturais recebem nutrientes do continente. Apresentam grande diversidade de espécies, muitas de importância econômica, e uma fauna residente que completa todo o ciclo de vida nesses ambientes.

É exatamente pela complexidade desses ecossistemas que eles são tão sujeitos a distúrbios causados pelo homem. Será que esses grandes ecossistemas são construídos, mesmo que parcialmente, pelos próprios organismos aquáticos? E que organismos são esses?

## O QUE SÃO OS COSTÕES ROCHOSOS?

Os costões rochosos são ecossistemas costeiros presentes em todo o mundo na região intermediária entre a terra e o mar, tanto na borda continental (Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, mostrado na **Figura 8.1**), quanto em ilhas costeiras ou oceânicas.

No Brasil, os costões rochosos são formados por afloramentos do escudo cristalino presentes ao longo da costa, do Nordeste ao Sul. As regiões Sudeste e Sul concentram a maioria dos costões rochosos brasileiros, devido à proximidade da Serra do Mar com o litoral, que em alguns pontos, chega a alcançar a água. Os principais costões rochosos da nossa costa estão entre Cabo Frio (RJ) e o Cabo de Santa Marta (SC).



**Figura 8.1:** Trecho de costão rochoso, no lado direito da Prainha, em Arraial do Cabo, estado do Rio de Janeiro.

Os costões rochosos são muito dependentes da variação das condições atmosféricas. Os parâmetros que mais influenciam os costões são a temperatura e o hidrodinamismo (marés e o batimento das ondas). Parte deste ambiente se encontra na região entremarés e fica acima do nível do mar duas vezes ao dia em virtude das marés baixas (ver Aula 3). Essa exposição dos organismos aquáticos diretamente à atmosfera implica **DESSECAÇÃO**, exposição direta ao embate de ondas e aumento da temperatura. Como você vai aprender nesta aula, existem diversas estratégias para lidar com a variação dos parâmetros ambientais. Estas estratégias são distintas entre organismos sésseis (fixos permanentemente ao substrato) ou vágéis (com capacidade de deslocamento).

As condições inóspitas do trecho entremarés do costão rochoso fazem com que os organismos que habitam esse local possuam adaptações para diminuir os efeitos ambientais. A adaptação mais característica é a consistência do corpo rígida (calcificada) ou semi-rígida (córnea), presente na maioria dos organismos. Mas para cada problema existem algumas adaptações como você vai ver a seguir:

#### **DESSECAÇÃO**

Ação de perda de umidade.

– dessecação e altas temperaturas – Estes problemas são minimizados pelo fechamento completo das valvas das conchas, como pode ser observado em moluscos, como os mexilhões, e em crustáceos, como as cracas. Corpos com cores claras para refletir o calor, como nas cracas mostradas na **Figura 8.2**; produção de muco para diminuir a desidratação, como nas anêmonas, e a migração vertical de organismos vágéis para zonas mais úmidas, como o que acontece com os caranguejos-de-pedra, também são soluções adotadas para reduzir a dessecação e o aumento excessivo da temperatura.



**Figura 8.2:** Detalhe de um conjunto de cracas e mexilhões, durante a maré baixa, na praia do Arpoador, Rio de Janeiro, mostrando o fechamento das conchas.

– Elevado embate de ondas – Essa ação física é diminuída pela forma eficiente de fixação dos organismos sésseis ao costão rochoso, como a cimentação das cracas e ostras e os filamentos córneos (bisso) dos mexilhões. Espécies vágéis com tamanho reduzido e conchas cônicas como alguns gastrópodes e a ocupação de locais protegidos (**Figura 8.3**), tais como fendas nas rochas, canto de pedras e reentrâncias por ouriços-do-mar e peixes marias-da-toca, são bastante eficazes na diminuição do impacto das ondas.



**Figura 8.3:** Detalhe de um local do costão rochoso protegido das ondas, na praia do Arpoador, Rio de Janeiro.

– Variações amplas na salinidade – A salinidade é um parâmetro que pode aumentar significativamente em locais como poças-de-maré, que são microambientes dentro dos ambientes de substrato duro (**Figura 8.4**) e diminuir bastante em trechos superiores do costão durante períodos intensos de precipitação pluviométrica. As mesmas adaptações utilizadas contra dessecação e ação da temperatura são empregadas no controle da salinidade.



**Figura 8.4:** Poça-de-maré, formada durante a maré alta nas rochas da praia do Arpoador, Rio de Janeiro.

#### **ZONAÇÃO**

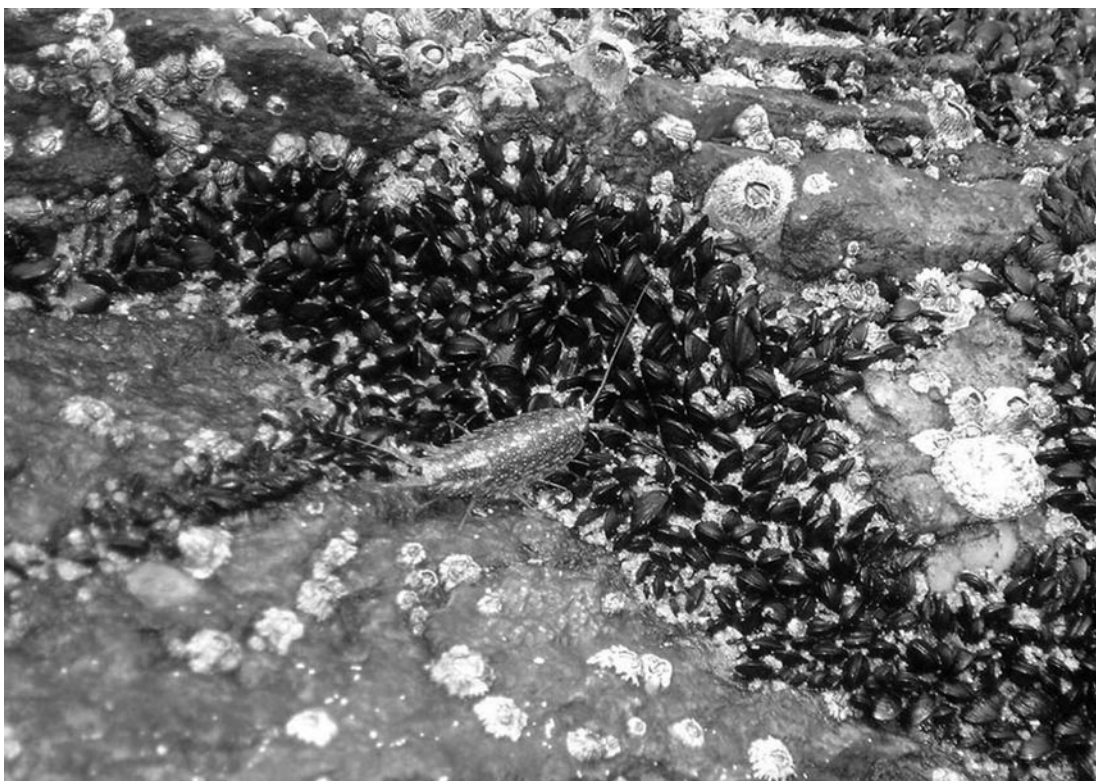
Distribuição restrita de organismos em uma determinada zona definida por um conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos.

Além das variáveis físicas ambientais, as interações biológicas (predação, competição e herbivoria) têm um importante papel na composição de espécies em abundância nos costões rochosos. A junção desses parâmetros resulta na característica mais visível dos costões rochosos, a **ZONAÇÃO**.

A zonação vertical refere-se à distribuição das diferentes espécies de organismos em faixas horizontais ao longo dos costões rochosos, onde a abundância de cada espécie vai ser maior na faixa em que os parâmetros ambientais são mais propícios à sua estratégia de vida. Com base na zonação, podemos distinguir classicamente o costão rochoso quanto à ocorrência dos organismos marinhos em:

- Supralitoral – Faixa emersa de forma perene. Seu limite superior é onde os respingos de água salgada das ondas não chegam e, por este motivo, cessa a ocorrência dos organismos marinhos. A área dessa faixa é proporcional à dinâmica das ondas: regiões de intenso batimento e com ondas grandes apresentam um extenso supralitoral. Essa zona é caracterizada pela ocupação de poucas espécies de algas. As algas que toleram grandes

temperaturas e são resistentes à dessecação, além de pequenos gastrópodes (*Littorina*) e crustáceos herbívoros, tais como as baratinhas-de-praia (*Lygia*), mostrados na Figura 8.5, têm estas características.



**Figura 8.5:** Trecho de um supralitoral coberto por pequenos gastrópodes (*Littorina*) e crustáceos (*Lygia*) herbívoros, na ilha do Governador, Rio de Janeiro.

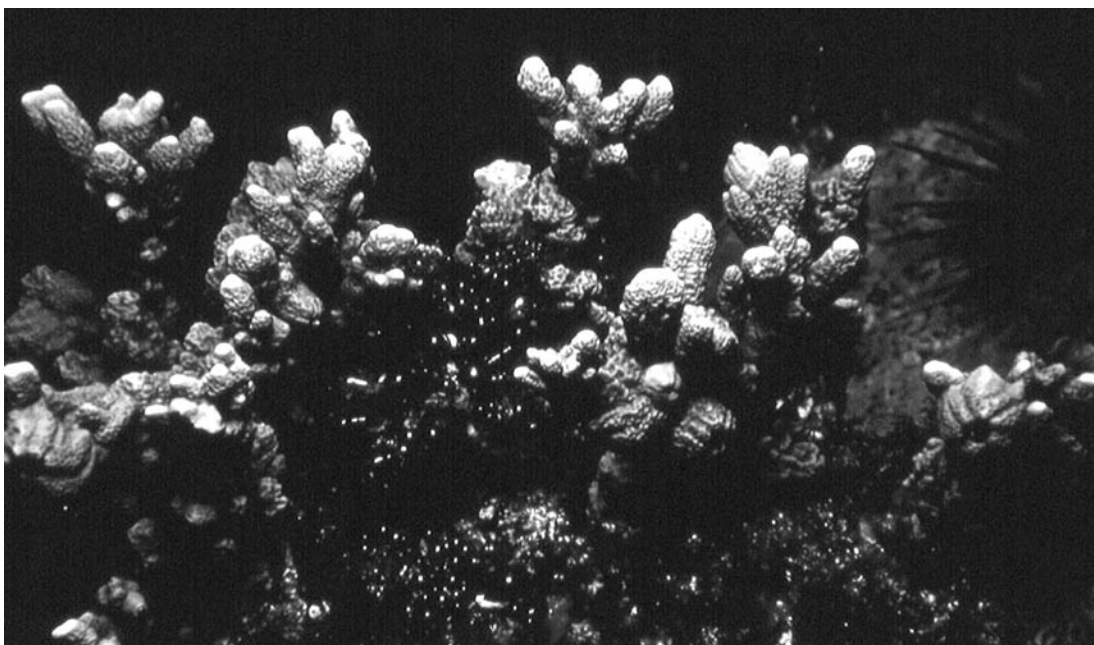
– Mediolitoral – Região entre mares, com o limite inferior na baixa-mar de quadratura (ver Aula 3) e o superior variando em função da maré alta associada ao batimento de ondas. Zona com alternância de total imersão e total emersão, tendo sua extensão definida pela amplitude das marés. Apresenta espécies adaptadas a elevado hidrodinamismo, com nítida zonização. Possui a faixa superior com alta diversidade de espécies de algas. A área logo abaixo fica ocupada por invertebrados sésseis filtradores (Figura 8.6), inicialmente, por cracas (*Chthamalus*), e na parte inferior por mexilhões (*Perna perna*) e na subzona limite, quase chegando ao infralitoral, algumas espécies de anêmonas. Esta zona sofre grande pressão de predadores vágéis do infralitoral, como as estrelas-do-mar, os peixes e os polvos, que, durante a alta da maré, aproveitam para se alimentar nesta região.



**Figura 8.6:** Trecho superior de um mediolitoral coberto por algas, cracas e mexilhões, e inferior apresentando esponjas e anêmonas, na praia do Arpoador, Rio de Janeiro.

– Infralitoral ou sublitoral – tem o limite superior abaixo da faixa de maré vazante e o inferior no desaparecimento das macroalgas. O tamanho dessa zona é muito variável, dependendo inclusive da transparência da água. Pode alcançar mais de 250 metros, mas, no Brasil, fica entre 10 e 15 metros. Caracteriza-se por apresentar organismos que não suportam condições de exposição ao ar atmosférico, apesar de esse precedente possuir a maior diversidade de espécies entre as zonas do costão, contendo polvos (*Octopus*), ouriços-do-mar (*Echinometra*), corais-de-fogo (*Millepora*), corais-moles (*Palythoa*), peixes (*Abudefduf*) e diversos outros organismos, como você pode ver na **Figura 8.7**.





**Figura 8.7:** Detalhe de um trecho de infralitoral mostrando colônias de corais-de-fogo (*Millepora*) e ouriço-do-mar (*Echinometra*) em Arraial do Cabo, Rio de Janeiro.

Como você pôde ver até agora nesta aula e pelas fotos, o costão rochoso tem o substrato duro como um fator limitador que restringe a colonização de organismos sésseis e o abrigo para espécies vageis. Essa falta de espaço resulta em severos comportamentos de predação e competição. Um mecanismo para diminuir esta limitação é a utilização de outros organismos, vivos ou mortos, como substrato duro. Bancos de algas, ostras, mexilhões e cracas modificam tridimensionalmente o relevo do substrato e são comumente ocupados por inúmeras espécies que ficam associadas. Relações como estas, vistas na **Figura 8.8**, permitem que os costões rochosos apresentem grande biomassa e diversidade. Ou seja, além do substrato rochoso, este ambiente apresenta espaços bioconstruídos.



**Figura 8.8:** Exemplo de utilização de mexilhões servindo de substrato para fixação de algas e cracas, em Ilhéus (BA).

### ATIVIDADE



1. Nesta atividade, vamos usar um pouco a memória. Você deve se lembrar de um fato bastante noticiado pela imprensa; em 18 de janeiro de 2000, ocorreu um vazamento de um duto de petróleo cuja mancha de óleo atingiu diversos trechos da baía de Guanabara, no Rio de Janeiro. Um dos locais alcançados pelo óleo, como mostra a **Figura 8.9**, foi um costão rochoso na ilha dos Lobos, ao lado da ilha de Paquetá. O vazamento afetou negativamente a comunidade bentônica, local que vinha sendo alvo de estudo por um grupo de pesquisadores desde 1997. A técnica de limpeza utilizada para remover o óleo foi o jateamento do costão com água do mar sob alta pressão.



**Figura 8.9:** Trecho afetado pelo vazamento de óleo, no costão rochoso da ilha dos Lobos, na baía de Guanabara, Rio de Janeiro.

Foto: Sergio Henrique Gonçalves da Silva. Laboratório de Benthos/UFRJ.

Com base no que você aprendeu até agora sobre costão rochoso, o que você acha que deve ter acontecido com a comunidade biológica do costão ao ser atingida pelo óleo? E após o procedimento de limpeza? Descreva o que você acha que ocorreu.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### RESPOSTA COMENTADA

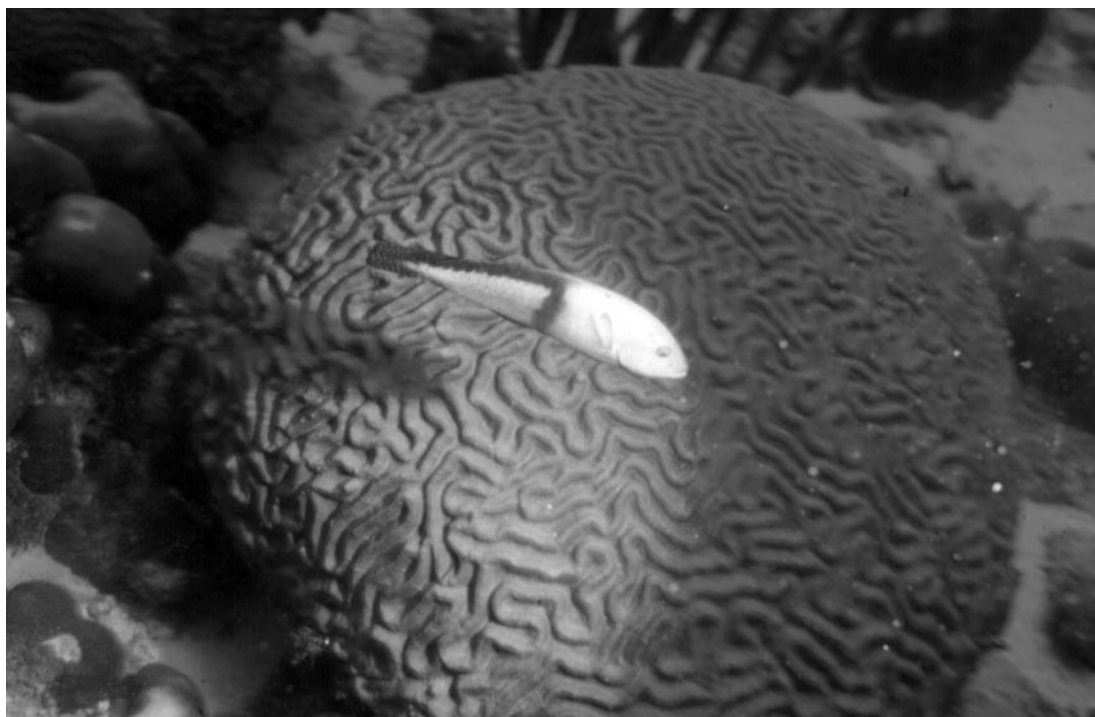
Se você respondeu que houve mortalidade de organismos do costão rochoso devido ao vazamento de óleo, você está certo(a). Se respondeu também que a técnica de limpeza empregada agravou ainda mais o problema, você tem razão. A técnica de jateamento apresentou mais desvantagens que vantagens do ponto de vista ecológico. A mortalidade dos organismos foi maior nos locais limpos por jateamento do que nos demais, já que o costão contaminado possuía uma diversidade biológica muito baixa, restrita quase que somente a cracas, que possuem a capacidade de se isolar do meio externo, reduzindo a ação deletéria do óleo. A ação física do jateamento mostrou-se extremamente impactante, aumentando o número de indivíduos mortos. Como muitos dos organismos do costão são sésseis, não puderam sair da zona alcançada pelo óleo, principalmente das faixas de supra e mediolitoral, e acabaram morrendo.

Entretanto, a questão deve ser analisada sob todos os aspectos envolvidos. O local afetado trata-se de um ponto turístico. Como tal, deveria ser limpo rapidamente, já que, na região do fundo da baía, com reduzido hidrodinamismo, a limpeza natural ocorreria muito lentamente e a demora no processo de lavagem poderia ocasionar sérios prejuízos socioeconômicos.

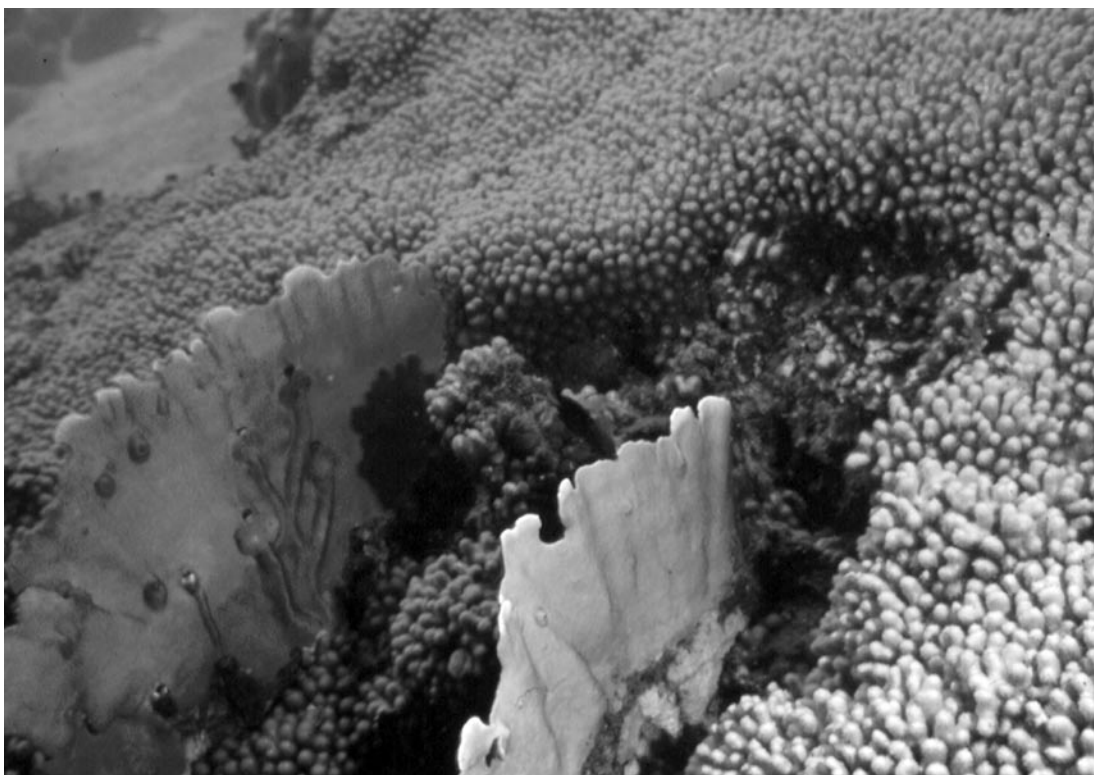
Outro aspecto relevante é a diversidade biológica preexistente. Como o local já estava bastante degradado, o dano causado pelo jateamento foi baixo. Porém, são importantes os dados gerados por esse estudo para evitar que a mesma técnica de limpeza seja empregada na remoção de óleo em costões rochosos com maior integridade biológica.

## O QUE SÃO OS RECIFES NATURAIS?

Os recifes naturais (ou biológicos) são ecossistemas costeiros bioconstruídos (ou biogênicos) formados por comunidades bentônicas muito complexas e com grande potencial pesqueiro. Estas comunidades são compostas, em grande parte, por espécies coloniais com inúmeros pólipos (indivíduos), que podem se reproduzir sexuadamente ou por rápido crescimento vegetativo, aumentando as colônias preexistentes (reprodução assexuada). O crescimento de um recife biológico depende das espécies coloniais do local. As colônias podem ser maciças, de crescimento lento, como mostrado na **Figura 8.10**, ou ramificadas e de crescimento rápido, como exemplificado na **Figura 8.11**.



**Figura 8.10:** Exemplo de coral-cérebro, bioconstrutor maciço, fotografado em Bonaire, Antilhas Holandesas.



**Figura 8.11:** Exemplo de coral-chifre-de-alce, bioconstrutor ramificado, fotografado em Bonaire, Antilhas Holandesas.

A taxa de crescimento de um coral biogênico vai ser a relação entre a capacidade de assentar o cálcio (bioconstrução) e a velocidade com que esse cálcio é dissolvido por processos biológicos (bioerosão) ou ambientais (crescimento = bioconstrução - bioerosão).

Boas condições de crescimento só ocorrem em regiões com águas quentes (entre 23°C e 29°C), limpas, claras, com salinidade perto de 36 e muita radiação solar. Condições restritas aos trópicos entre 30°S e 30°N, mas correspondem a 15% do substrato marinho, em águas rasas até 30 metros de profundidade (**Figura 8.12**).

Os recifes naturais consistem em uma fina camada de matéria orgânica viva, cobrindo grande quantidade de depósitos calcáreos acumulados ao longo de muitos milhões de anos.

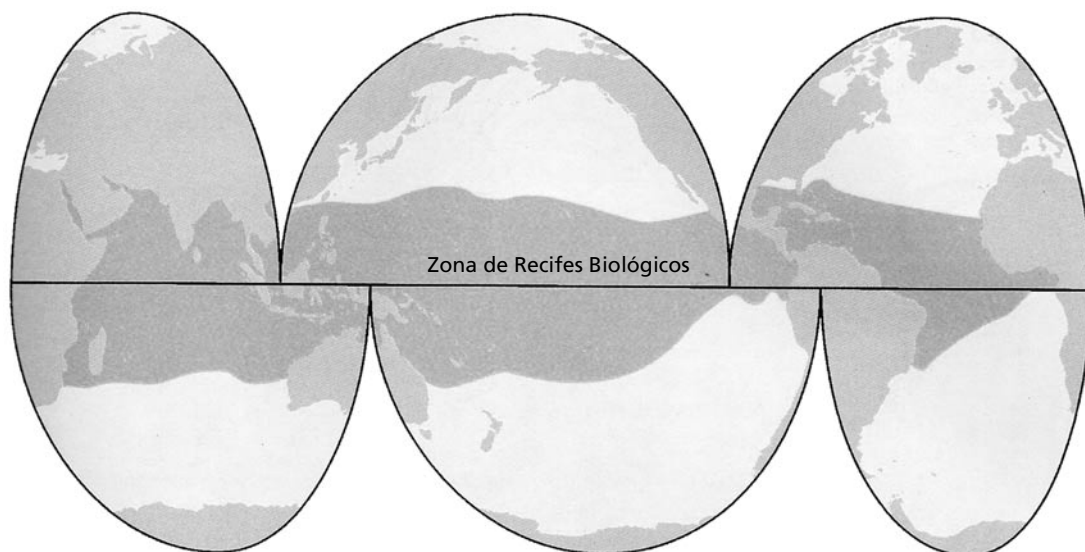


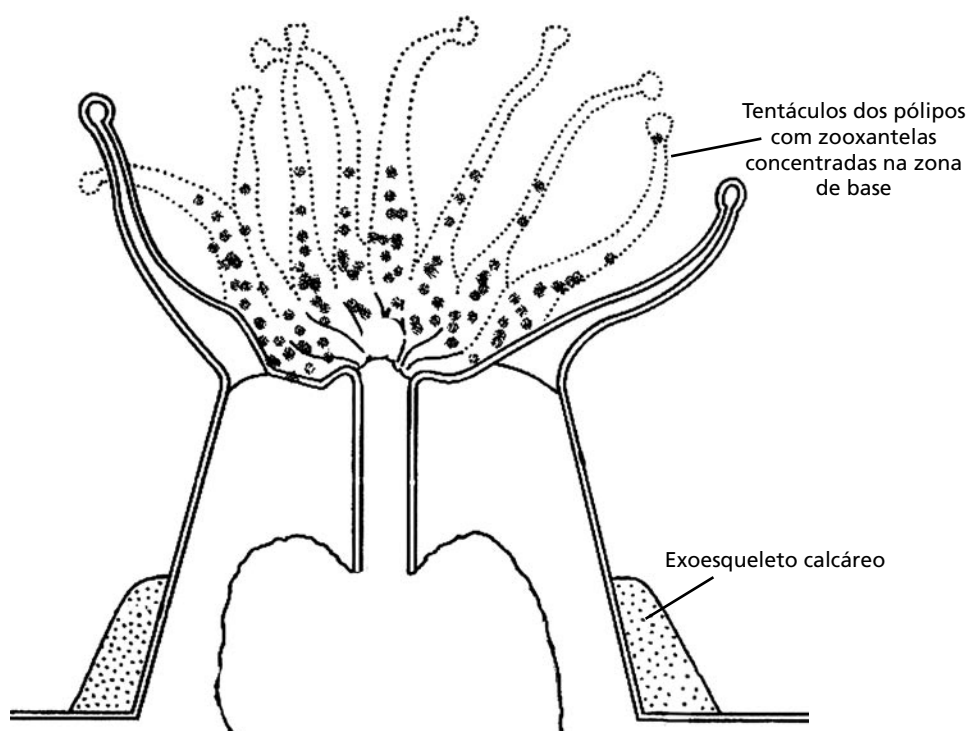
Figura 8.12: Regiões costeiras e insulares onde ocorrem ambientes de recifes biológicos.

Águas transparentes, quentes e com muita luz ajudam a promover a atividade fotossintética nos corais. Agora você deve estar confuso e se perguntando: na Aula 5, vimos que a fotossíntese era exclusividade dos vegetais e, nesta aula, vimos que os recifes são formados principalmente por corais, que são animais cnidários. Então, qual é a relação da fotossíntese com a formação dos recifes biológicos?

Dentro das células endodérmicas de alguns corais, com capacidade de secretar cálcio, existem algas zooxantelas. As zooxantelas são algas dinoflageladas **SIMBIONTES** aos corais zooxantelados (= hermatípicos ou bioconstrutores). Os corais oferecem às algas abrigo, proteção, nutrientes e gás carbônico. As zooxantelas, em troca, fornecem a eles alimento e oxigênio, estimulando e auxiliando a formação do seu exoesqueleto calcificado, secretado pela epiderme da base dos pólipos, por um processo químico de solidificação pela precipitação de carbonato de cálcio. A simbiose entre corais e zooxantelas, esquematizada na **Figura 8.13**, é um dos motivos pelos quais os pólipos dos corais só ficam estendidos à procura de alimento à noite, ficando durante o dia recolhidos e expondo melhor as algas da base à luminosidade.

#### **SIMBIONTES**

Espécies que vivem juntas ocorrendo proveito de ambas ou de uma delas desde que a outra não seja prejudicada por essa associação.



**Figura 8.13:** Esquema mostrando um póipo de coral com zooxantelas simbióticas concentradas na zona de base.

Os recifes naturais são bioconstruídos basicamente por cnidários da classe Anthozoa (Figura 8.14), a classe Hydrozoa contribui secundariamente, porém, a parcela de contribuição delas é muito menor. Além dos cnidários, as macroalgas das classes Rhodophyceae e Chlorophyceae e alguns moluscos vermetídeos e foraminíferos bentônicos são importantes bioconstrutores recifais. Em contrapartida, os peixes-papagaio (Família Scaridae), os ouriços e as estrelas-do-mar são os principais responsáveis pela bioerosão mecânica dos recifes, por comerem as algas calcáreas ou aquelas fixadas sobre corais mortos, e comer os pólipos dos corais vivos. A herbivoria é um importante controlador da abundância das algas. Quando as algas crescem descontroladamente, cobrem e matam por sobreposição os corais bioconstrutores.

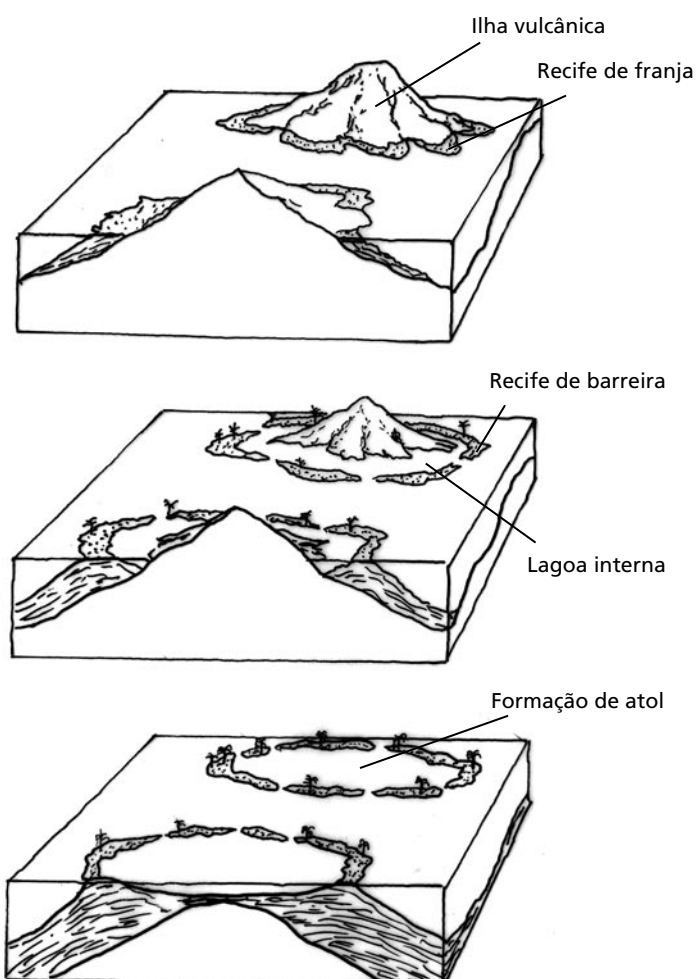


**Figura 8.14:** Trecho de recife biológico, na ilha de Curaçao, no Caribe, com diversos cnidários bioconstrutores.

Os recifes biológicos podem passar por fases sequenciais de desenvolvimento, descritas na **Figura 8.15**, e ser classificados como:

- Franja – São recifes recentes, de borda de costa, ligados diretamente à região emersa.
- Barreira – Esse tipo de recife é geralmente mais antigo que o anterior, estando separado da costa por uma lagoa interna.
- Atol – Os atóis são formações coralinas circulares em regiões oceânicas. Esses recifes são originários de ilhas vulcânicas submersas, cujos corais cresceram enquanto ocorria a submersão da ilha.

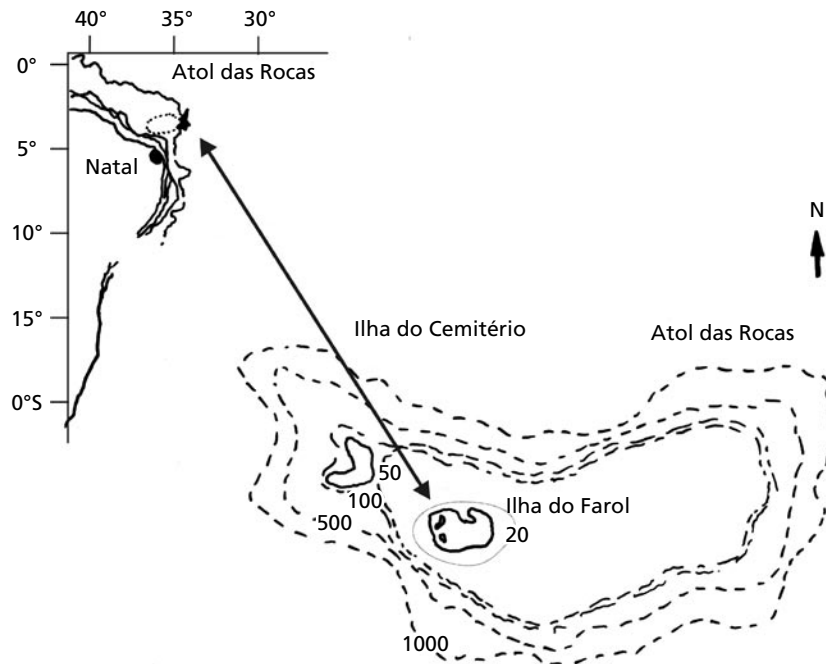




**Figura 8.15:** Sequência de desenvolvimento dos três tipos de recifes biológicos.



No Brasil, o Atol das Rocas (**Figura 8.16**) é o único do oceano Atlântico Sul, ficando a cerca de 260 quilômetros da costa. Faz parte da cadeia de montanhas de Fernando de Noronha.



**Figura 8.16:** Formação do Atol das Rocas, recife constituído de algas calcáreas e corais, com 1.600 metros de diâmetro, 7,2 km<sup>2</sup> de área e duas ilhas emergidas: ilha do Farol e ilha do Cemitério, com altitude máxima de três metros.

No Brasil, ocorrem recifes de coral basicamente do cabo de São Roque, no Estado do Rio Grande do Norte, ao sul da Bahia. O litoral brasileiro apresenta duas subáreas separadas por barreiras ambientais como demonstra bem a **Figura 8.17**. A foz do rio São Francisco é uma importante barreira natural, despejando sedimento na costa e turvando a água, o que conseqüentemente impede a fotossíntese das zooxantelas e o surgimento de recifes biológicos, entre Sergipe e o norte da Bahia.

O delta do rio Amazonas, ao norte, e a faixa de transição tropical para subtropical, além dos grandes estuários que também turvam a água (como a Lagoa dos Patos, RS) ao sul, representam os limites geográficos para esse ecossistema. Dos cerca de 3 mil quilômetros de costa brasileira com recifes, Abrolhos contém a maior riqueza de espécies. O complexo recifal de Abrolhos, apesar de ser o mais rico do Brasil, apresenta um número comparativamente pequeno de espécies de coral, 18 contra 140 da grande barreira de recifes da costa leste australiana. No entanto, possui diversas espécies endêmicas, ou seja, que só ocorrem neste local em todo o mundo.



**Figura 8.17:** Exemplo da diminuição dos ecossistemas, em direção ao sul, ao longo da costa brasileira.

A região de Abrolhos, no sul do Estado da Bahia, apresenta a maior diversidade de espécies de coral do Atlântico Sul Ocidental. Diversas embarcações afundaram ao colidir com os recifes submersos. Daí vem o nome Abrolhos, ou abra os olhos, alertando os navegantes para a área. O Parque Nacional de Abrolhos é a primeira Unidade de Conservação desse tipo criada no Brasil, cujo principal objetivo é cuidar desse importante patrimônio nacional que são os recifes da área.

## CONCLUSÃO

Os costões rochosos e os recifes biológicos, ecossistemas aquáticos de substrato duro, são bioconstruídos em graus diferentes. Nesses ambientes, o substrato consolidado é um fator limitador para a fixação das espécies sésseis e de abrigo para os organismos vágéis. Esta restrição de espaço é compensada pela utilização dos demais indivíduos

previamente fixados como substrato para os demais organismos se fixarem ou utilizarem como proteção. Nos costões rochosos, os melhores exemplos são vistos nos bancos de algas, cracas, ostras e mexilhões. Já no recife natural (ou biológico), toda a base do ambiente é biogênica. Os corais zooxantelados e alguns outros organismos são responsáveis pela existência e crescimento do ambiente no qual toda a comunidade bentônica se estabelece.

### **ATIVIDADE FINAL**

Nos últimos dez anos, você deve ter escutado falar muito de recifes artificiais ou ambientes artificiais subaquáticos. O Governo Federal, por meio da SEAP (Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca), está promovendo a implantação de diversos sistemas de recifes artificiais, inclusive no nosso Estado, o Rio de Janeiro, onde algumas estruturas já foram submersas. Um exemplo de módulo de recife artificial é mostrado na **Figura 8.18**.



**Figura 8.18:** Modelo experimental de recife artificial, construído com blocos de cimento, testado no litoral de Ubatuba, São Paulo.



## RESUMO

Os ambientes de substrato duro ou consolidado são representados no Brasil pelos costões rochosos e recifes naturais. Esses dois ecossistemas comportam comunidades bentônicas com grande diversidade específica e alta produtividade. Os costões rochosos são ecossistemas presentes em todo o mundo na região intermediária entre a terra e o mar. No Brasil, os costões estendem-se como afloramentos do escudo cristalino da costa do Nordeste ao Sul, destacando-se as regiões Sudeste e Sul, pela proximidade da Serra do Mar com o litoral, que apresenta os principais costões rochosos entre Cabo Frio (RJ) e o Cabo de Santa Marta (SC). A principal característica dos costões rochosos é a zonação na distribuição das espécies, resultante de interações entre parâmetros biológicos e ambientais, onde podemos distinguir as faixas supra, médio e infralitoral. Os recifes naturais são ecossistemas bioconstruídos basicamente por espécies coloniais que secretam e sedimentam cálcio, e que podem se reproduzir por rápido crescimento vegetativo. Ocorrem em regiões tropicais com águas quentes, claras, com alta salinidade e muita radiação solar. No Brasil, os recifes biológicos estão presentes basicamente do cabo de São Roque, no Estado do Rio Grande do Norte, ao sul da Bahia. Com duas subáreas separadas pela foz do rio São Francisco despejando sedimento na costa, turvando a água e impedindo o surgimento de recifes biológicos, entre Sergipe e o norte da Bahia. O delta do rio Amazonas, ao norte, e a faixa de transição tropical para subtropical ao sul, representam os limites geográficos para esse ecossistema.

## INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, vamos continuar estudando a diversidade dos ambientes aquáticos marinhos, só que agora iremos nos afastar da costa em direção à plataforma e ao talude continental. Mantenha ao seu lado as aulas anteriores, pois continuaremos a utilizá-las. Até a Aula 9 e bom estudo.

## O território do Brasil termina na praia?

# AULA 9

### Meta da aula

Apresentar os mais importantes relevos submarinos contíguos à costa continental e a relevância ambiental e política desses ecossistemas.

Ao final desta aula, você deverá:

- correlacionar a sub-regiões costeiras brasileiras pelo Projeto REVIZEE com as características oceanográficas da plataforma continental;
- apontar os motivos pelos quais plataforma e o talude continental são as regiões oceânicas mais cobiçadas pelos estados costeiros em detrimento de outras áreas espacialmente muito maiores;
- verificar, por meio de pesquisa, se o aumento do território marinho do Brasil já foi acatado pela comunidade internacional.

## INTRODUÇÃO

Como você já viu nas Aulas 4 e 5, é na região oceânica costeira ou contígua (também chamada de Zona Nerítica), até cerca de 200 metros de profundidade, que ocorre a maior produtividade primária em decorrência do aporte de nutrientes do continente, ressurgências costeiras e demais enriquecimentos. Essa região adjacente ao continente é chamada plataforma continental e sustenta quase metade da produção oceânica total.

Em continuidade à plataforma continental, surge outro tipo de relevo submarino. É o início da região profunda, o talude continental (Zona Batial), que se estende até cerca de 1.000 a 4.000 metros de profundidade. Essas duas regiões juntas, como você pode observar na **Tabela 9.1**, representam menos de 25% da área do fundo oceânico. Nesta aula, você vai entender por que, apesar da extensão reduzida, essas regiões oceânicas são as mais importantes e cobiçadas pelos estados costeiros.

**Tabela 9.1:** Divisões ecológicas do ambiente marinho.

	<b>Nerítica</b>	<b>Batial</b>	<b>Abissal</b>	<b>Hadal</b>
<b>Tipo de relevo submarino</b>	Plataforma continental	Talude continental	Planície abissal	Fossas submarinas
<b>Área do fundo (%)</b>	8	16	75	1
<b>Profundidade (m)</b>	0-200	200-4.000	4.000-6.000	6.000-11.000
<b>Temperatura (°C)</b>	25 ± 5	15 ± 5	< 5	< 3

Modificado de Pereira e Soares-Gomes (2002).

Qual a relação do relevo submarino com o Estado costeiro? Qual é o tamanho do território brasileiro? A soberania territorial do Brasil acaba junto ao limite da praia ou continua mar adentro? Caso continue, até onde ela vai, e qual a sua relação com o relevo submarino?

Como você deve saber, a região oceânica adjacente à costa continental representa uma zona histórica de conflito entre os estados costeiros. Ao longo desta aula, você vai entender como a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar (CNUDM), tenta diminuir esse problema e consagrar os conceitos de espaços oceânicos.



## O QUE É PLATAFORMA CONTINENTAL?

A plataforma continental, que compreende a zona sublitoral, é parte constituinte do relevo submarino. Existem dois conceitos distintos de plataforma continental: a Geomorfológica (PCG) e a Jurídica (PCJ). A PCG é uma área plana, com relevo muito suave e gradiente de declividade sempre inferior a 1:1.000. Internacionalmente, a PCG está limitada a profundidades com menos de 460 metros, ficando a maioria acima de 185 metros. Por este motivo, a **ISÓBATA** de 200m é considerada o limite da PCG. A quebra da plataforma, ou borda externa, é definida pela mudança brusca do gradiente de declividade, que passa de cerca de 1:1.000 para mais de 1:40.

A Plataforma Continental Jurídica é uma definição política empregada por estados costeiros para fins de soberania territorial. A PCJ, definida pela Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar, compreende o leito submarino e o subsolo submarino que se expande além do **MAR TERRITORIAL**, em toda a extensão do prolongamento natural do território terrestre, até o bordo exterior da margem continental, ou a uma distância de 200 **MILHAS NÁUTICAS** das linhas de base a partir das quais se mede a largura do mar territorial (isso nos casos em que o bordo exterior da margem continental não atinja essa distância). Pode englobar, além da PCG, outros constituintes do relevo submarino, tais como talude continental, elevações e, até mesmo, trechos da planície abissal. O conceito de PCJ não se aplica à massa de água acima do relevo submarino, incluindo apenas o solo e o subsolo marítimos.

A plataforma continental é considerada o prolongamento submerso natural do território de um estado costeiro e zona territorial de um país. As plataformas em regiões tropicais, com zonas de ressurgência e desembocadura de grandes rios, são altamente produtivas, ao passo que plataformas estreitas banhadas por correntes quentes são pouco produtivas.

O Brasil, apesar de possuir trechos extensos de plataforma continental (PCG), apresenta-se com ela em sua maior parte estreita. Como está mostrado na **Tabela 9.2**, a região Norte possui a maior plataforma continental brasileira, com 320km de largura, junto à foz do rio Amazonas. A plataforma continental se estreita em direção ao sul, alcançando a região Nordeste muito reduzida, mantendo-se entre

### ISÓBATA

Linha imaginária que une pontos de igual profundidade.

### MAR TERRITORIAL

Faixa de mar adjacente à costa, definida pelo CNUDM, onde o Estado costeiro exerce soberania e controle absoluto sobre a massa líquida e o espaço aéreo sobrejacente, assim como sobre o leito e o subsolo da área de mar.

### MILHAS NÁUTICAS (MN)

Ou milhas marítimas (mm).  
Unidade de distância empregada em espaços marítimos. Cada milha marítima corresponde a 1.852 metros.

20 e 50 quilômetros. A costa leste se apresenta em transição, chegando a apenas 8km em frente a Salvador (BA). Amplia-se novamente junto ao banco de Abrolhos, onde alcança 240km, mantendo-se larga pelas regiões Sudeste e Sul.

**Tabela 9.2:** Características da plataforma continental (PCG) nas diferentes regiões da costa brasileira.

	Norte	Nordeste	Leste	Sudeste	Sul
<b>Latitude</b>	4°N a 3°S	3° a 13°S	13° a 22°S	22° a 28°S	28° a 34°S
<b>Largura (km)</b>	80 - 320	20 - 90	8 - 240	80 - 220	110 – 170
<b>Área (km²)</b>	285.383	76.844	92.842	180.754	122.443
<b>Prod. primária (g C m-2 d-1)</b>	0,3 a 4,0	0,02 a 0,2	0,1 a 1,1	0,3 a 1,3	0,3 a 2,9
<b>Prod. pesqueira (103 t ano-1)</b>	94	46	34	350	75

Modificado de Pereira e Soares-Gomes (2002).

Apesar dessa heterogeneidade, a Plataforma Continental Geomorfológica, ao longo da costa brasileira, pode sofrer algumas generalizações e ser subdividida em zonas distintas em função da profundidade. Essas subdivisões são mais bem aplicadas para as regiões Sudeste e Sul, onde a plataforma é extensa e fortemente influenciada por massas d'água distintas (Aula 3):

**Plataforma continental interna** – Ocorre da costa aos 50 metros de profundidade. Sofre influência da desembocadura de rios e estuários com grande deposição de sedimentos costeiros, tais como silte e argila e é caracterizada por grande instabilidade ambiental, com predomínio de espécies com fase larval planctônica, tamanho reduzido e ciclo de vida curto, como moluscos, poliquetos e crustáceos.

**Plataforma continental intermediária** – Vai da isóbata dos 50 aos 80 metros. Tem uma região de fundos de transição, intermediando a plataforma continental interna com a externa.

**Plataforma continental externa** – Presente da faixa mais profunda da zona intermediária ao final da plataforma continental e início do talude continental, em cerca de 200 metros de profundidade. Apresenta alta estabilidade ambiental, com poucas espécies de grande porte e maior longevidade, como peixes e grandes crustáceos.

Como já foi dito, a plataforma continental é uma continuidade do território de um Estado costeiro. Conseqüentemente, o território brasileiro é bem maior do que se supõe visto da praia. O território deve abranger, no mínimo, a área submersa da plataforma. Mas o território de

um país é um assunto sério, por ser a principal causa de muitas guerras. Por questões diplomáticas, os limites territoriais de um país devem ser fixados de acordo com a comunidade internacional e principalmente com os países circunvizinhos.

Historicamente, os países costeiros aceitavam três milhas náuticas (5.556km) como limite de mar territorial. Essa era a distância alcançada pelo tiro de um canhão. Com o aumento da potência dos canhões e principalmente pela demanda na exploração dos recursos naturais marinhos, o interesse estratégico pelo domínio da zona costeira aumentou e a ONU, em 1950, iniciou acordos internacionais de gestão desta zona. O Brasil, em 1963, esteve envolvido em um conflito internacional por esse motivo: a chamada “guerra da lagosta” causou a discórdia entre o Brasil e a França devido à pesca desse recurso em águas costeiras brasileiras por embarcações francesas. Para evitar problemas como esse, em 1970 o Brasil e outros países costeiros arbitraram individualmente o mar territorial de 200 milhas como sendo o alcance da plataforma continental. Em 1982, a ONU, através da Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar, criou os conceitos de mar territorial e **ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA (ZEE)**. O Brasil, em 1993, sancionou o novo conceito de mar territorial e reduziu de 200 milhas marítimas para 12 milhas marítimas, como a atual dimensão do mar territorial. A partir de 1994, os países obtiveram o direito, em um prazo de dez anos, de apresentar um estudo sobre a verdadeira extensão das respectivas plataformas continentais.

A “guerra da lagosta” foi tema de um samba na década de 1970, cantado por João Nogueira. A música exaltava o mar territorial de 200 milhas como zona de pesca exclusiva dos brasileiros. Leia alguns fragmentos do samba:

#### **Pescador dos olhos verdes**

Esse mar é meu  
Leva seu barco pra lá desse mar

Pegou bem a sua idéia  
Peixe é bom pro pensamento  
A partir desse momento  
O meu povo vai pescar  
Nesse mar (...)

#### **ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA (ZEE)**

É uma zona situada depois do mar territorial e a este adjacente. Representa uma alternativa para o limite individual dos países litorâneos e define uma faixa de 200 milhas náuticas de largura ao longo da costa. Passou a vigorar internacionalmente em 1994. A CNUDM garante ao Estado costeiro os direitos de soberania para fins de exploração, aproveitamento, conservação e gestão dos recursos naturais, vivos e não-vivos das águas sobrejacentes ao leito do mar e seu subsolo.

A plataforma continental brasileira tem sido alvo de um programa governamental de delimitação jurídica conhecido como Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (ou Projeto LEPLAC). Esse estudo, com critérios técnicos muito complexos, tem por objetivo delimitar o bordo externo da Plataforma Continental Jurídica em conformidade com os métodos estabelecidos pela Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar, por meio da Comissão Internacional de Limites da Plataforma Continental (CLPC). O projeto teve início em 1987 e já levantou informações ao longo de toda a costa até a distância de 350 milhas do litoral, tendo sido investidos mais de US\$ 70 milhões. O prazo final dado aos países costeiros para terminar e interpretar esse levantamento é 13 de maio de 2009.

O Brasil entregou à ONU, em 2004, o relatório final e esperava a aprovação do relatório ainda em 2005. Segundo os resultados obtidos, o Brasil possui uma Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de 3.539.919km<sup>2</sup> e uma Plataforma Continental Jurídica de 911.847km<sup>2</sup>, com até 350 milhas náuticas de largura, ultrapassando muito a ZEE. Essas áreas somadas correspondem a 4.451.766km<sup>2</sup> de jurisdição marítima brasileira e acrescentam ao Brasil uma área equivalente a cerca de 52% de sua extensão territorial e está sendo chamada de Amazônia Azul, em função da imensa riqueza de recursos naturais supostamente existente nessa área.

O reconhecimento internacional desse território depende da aceitação dessas informações pela ONU, e só aí exercerá direitos de soberania para exploração e aproveitamento dos recursos naturais vivos (pescados) e minerais do leito e do subsolo marinhos, onde deverá exercer direitos de soberania e jurisdição, com poder de exploração dos recursos naturais.



### ATIVIDADE

1. Você aprendeu que o governo do Brasil criou, em 1987, o Projeto LEPLAC, que tem por objetivo determinar o limite externo da Plataforma Continental Jurídica segundo os métodos definidos pela Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar, por meio da Comissão Internacional de Limites da Plataforma Continental. O relatório final do projeto foi encaminhado à ONU em 2004, solicitando a ampliação da Plataforma Continental Jurídica brasileira em cerca de 900 mil km<sup>2</sup> (ver **Figura 9.1**). Até o fechamento desta aula, ainda não se tinha uma resposta quanto ao encaminhamento. Nesta atividade, você deve pesquisar como está o andamento da solicitação brasileira e verificar se o que foi pleiteado pelo governo brasileiro foi ou não acatado.

Ao concluir a atividade, descreva o que você observou e justifique o ocorrido.

---

---

---

---

---

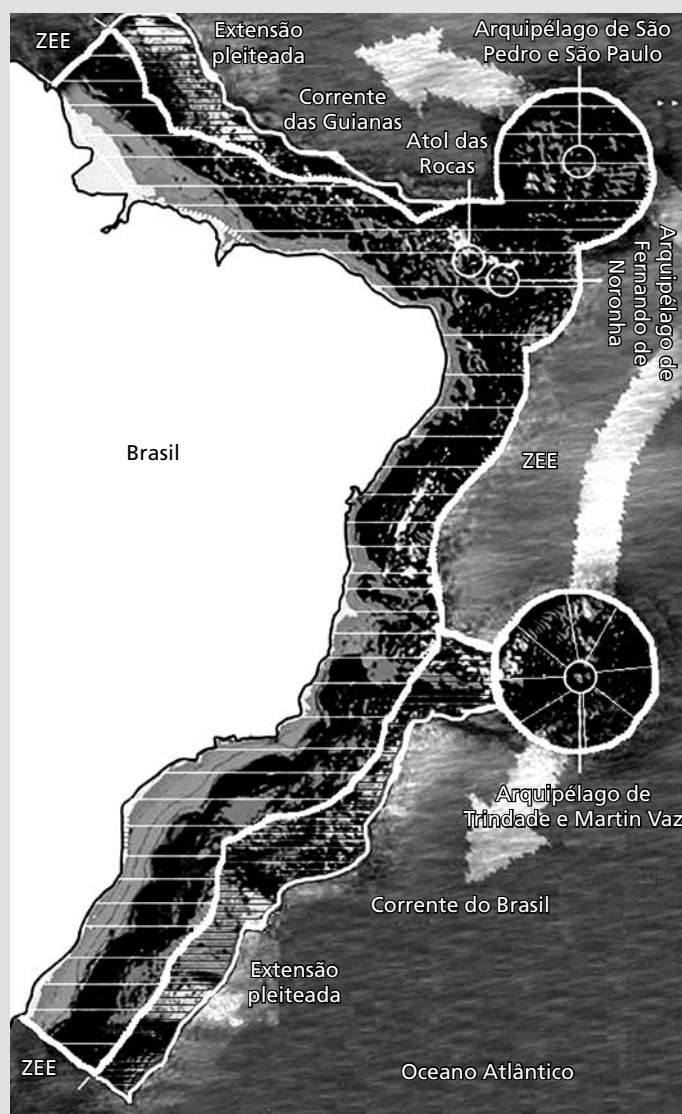
---

---

---

---

---



**Figura 9.1:** Área pretendida pelo governo do Brasil para ampliar a Plataforma Continental Jurídica e formar a Amazônia Azul.

#### **RESPOSTA COMENTADA**

A recomendação final do pleito brasileiro à ONU era aguardada para abril de 2006. Entretanto, devido à seriedade da questão e à complexidade técnica envolvida na obtenção dos dados, esse cronograma não foi cumprido. Caso o Brasil obtenha o que solicita, acrescentará à sua jurisdição e soberania, uma área de mar que equivale aos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Assim, nosso país terá direito sobre todos os recursos minerais que estão no solo, no subsolo e sobre recursos naturais vivos associados ao leito marinho.

O CNUDM garante ao Estado costeiro os direitos de utilização sustentável dos recursos naturais vivos. De modo a promover a utilização ótima desses recursos, o governo brasileiro deve comprovar para a comunidade internacional a capacidade de efetuar a totalidade da **CAPTURA PERMISSÍVEL**. Assim, criou o Projeto REVIZEE (Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva), que teve por objetivo identificar os recursos vivos e estabelecer os potenciais de captura na área da ZEE brasileira.

**CAPTURA PERMISSÍVEL**

Total de pescado que, com permissão da legislação, pode ser retirado do mar, sem comprometer a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade pesqueira para as futuras gerações.

A plataforma continental geralmente é bastante homogênea e apresenta condições ambientais menos variáveis que nas regiões mais costeiras (Aula 1) e mais variáveis que nas zonas mais profundas (Aula 2). O tamanho do sedimento é maior próximo à costa e menor nas zonas mais profundas, onde pouco se observa a ação de variáveis atmosféricas ou ambientais provenientes do continente. A plataforma é composta, em sua maioria, por fundos moles formados por lama e areia (sedimentos inconsolidados). Entretanto, fundos consolidados, tais como rochas, bancos de algas calcáreas e recifes de coral, podem ser comuns em regiões tropicais (Aula 8).

Devido ao fato de a maior parte da plataforma continental ser constituída por substrato inconsolidado, os animais dessa região apresentam, como característica, estratégias adequadas a organismos que habitam áreas com pouco abrigo e grande exposição a predadores. Esses animais geralmente têm grande mobilidade e exoesqueleto desenvolvido provido de estruturas protetoras como espinhos, presentes nos ouriços, estrelas-do-mar, camarões e siris. Observe, na **Figura 9.2**, os espinhos laterais e os espinhos das patas de um exemplar de siri-azul, *Callinectes danae*:



**Figura 9.2:** Siri-azul, *Callinectes ornatus*, capturado na plataforma continental do estado do Rio de Janeiro. Observe os espinhos utilizados como estrutura protetora. Foto: Francisco Nilson Moreira Costa e Silva. Laboratório de Biologia e Tecnologia Pesqueira – UFRJ.

Como você já aprendeu na Aula 5, a maior parte do alimento dos oceanos se torna disponível durante a produção primária realizada pelo fitoplâncton. Esses organismos, também como já foi mostrado nas Aulas 3 e 5, são restritos à zona fótica da Plataforma Continental, onde ocorre a penetração da radiação solar. Basicamente, apenas os dejetos, organismos mortos e detritos fecais são depositados no fundo marinho e carreados para zonas mais profundas, sustentando a biota dessa faixa do relevo submarino, principalmente dos organismos componentes do bentos (ver Aula 8).

### ATIVIDADE



2. Como foi explicado anteriormente, o governo do Brasil criou o Programa REVIZEE para avaliar e identificar os recursos vivos, estabelecendo os potenciais de captura desses recursos na área da ZEE brasileira. A partir da **Figura 9.3**, pesquise como o REVIZEE subdividiu a costa brasileira em quatro grandes regiões: (escores) qual a relação dessas regiões com as características oceanográficas da Plataforma Continental Geomorfológica.

Ao concluir a atividade, descreva o que você observou e justifique o ocorrido.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





**Figura 9.3:** Esquema da costa brasileira definindo as diferentes sub-regiões adotadas pelo Programa REVIZEE.

#### RESPOSTA COMENTADA

Você deve ter verificado que a costa brasileira foi subdividida pelo Programa REVIZEE em quatro grandes regiões. Costa Norte, da foz do rio Oiapoque à foz do rio Parnaíba; Costa Nordeste, da foz do rio Parnaíba até Salvador, incluindo os arquipélagos de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo e o Atol das Rocas; Costa Central, de Salvador ao cabo de São Tomé, incluindo as ilhas de Trindade e Martin Vaz; Costa Sul, do Cabo de São Tomé à desembocadura do Arroio Chuí. A Costa Norte apresenta a linha de costa com grandes complexos estuarinos, alta influência de corpos d'água continentais, amplas marés e plataforma continental extensa com sedimentos lamosos (ver Aula 7). A Costa Nordeste é caracterizada por plataforma continental estreita, fundos irregulares com bancos de algas calcáreas, barreiras de recifes de coral (ver Aula 8) e ilhas oceânicas (Atol das Rocas, arquipélago de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo). A região da Costa Central se distingue por possuir a plataforma continental estreita, mas expandida pelos bancos submarinos das cadeias Vitória-Trindade e de Abrolhos (ver Aula 2). A Costa Central é uma região de transição entre o

*fundo calcáreo e extensas áreas cobertas de areia, lama e argila. A Costa Sul tem a plataforma continental ampla com sedimentos inconsolidados, recebe a água fria vinda do pólo que forma a Convergência Subtropical, ressurgência de Cabo Frio e termoclinas bem marcadas (ver Aula 3).*

Na plataforma continental brasileira existem três tipos distintos de ilhas:

- as provenientes de cristas emersas de trechos afogados da serra do Mar. São o tipo mais comum no litoral, como as ilhas do arquipélago das Cagarras, no Rio de Janeiro;
- as sedimentares de baixa altitude, originadas pelo depósito de sedimento paralelamente à costa, como a ilha Comprida, no litoral sul de São Paulo;
- as oceânicas, resultantes de atividades vulcânicas. São ambientes importantes pelo elevado número de espécies endêmicas devido ao isolamento. Um bom exemplo desse tipo de ilha são as do arquipélago de Trindade, em frente ao estado do Espírito Santo.

## O QUE É TALUDE CONTINENTAL?

O relevo submarino denominado talude continental se inicia onde a plataforma continental sofre um aumento na inclinação (quebra), na maioria das vezes, aos 130 metros de profundidade. Geralmente, o talude tem substrato com rochas expostas e sedimento muito fino, ausência total de luz solar, alta pressão atmosférica e baixas temperaturas. Apesar de distante das fontes naturais de oxigênio (as interações água/atmosfera e a fotossíntese), as concentrações de oxigênio dissolvido nas águas do talude não costumam ser baixas, pois são provenientes de correntes profundas com origem polar, ricas nesse gás. Além disso, as águas mais frias do talude são mais densas e têm maior capacidade de dissolução de gases (Aula 4).

O talude continental tem como característica apresentar cânions submarinos, que são fendas profundas e estreitas com formato de V e

com papel importante no transporte de sedimentos. No Brasil, a maioria dos cânions está restrita às regiões Norte e Nordeste.

Como você já aprendeu na Aula 2, as características do talude refletem o comportamento da carga de sedimentos terrígenos carregados pelo aporte dos rios e a tectônica das placas. As correntes de fundo geralmente são lentas, mas outros mecanismos de transporte (como os cânions submarinos) podem acelerar o processo de condução de matéria orgânica para o fundo.

A ausência de fotossíntese cria uma dependência de alimentos de origem externa ao talude. Esses alimentos chegam transportados pelas correntes ou na forma de dejetos fecais, exoesqueletos de crustáceos e carcaças de organismos mortos que afundam. Como existe uma relação inversa entre a concentração de matéria orgânica e a profundidade, nota-se uma diminuição da quantidade de animais do bentos com o aumento da profundidade, excetuando-se zonas profundas com grande fluxo de matéria orgânica.

Em alguns taludes continentais, por exemplo, em diversas áreas do golfo do México, existe a presença de petróleo extravasando pelo sedimento e atingindo a massa d'água, ocorrendo um fenômeno chamado *cold seeps*. Nesses locais, algumas bactérias realizam quimiossíntese utilizando moléculas de  $H_2S$  e  $CH_4$  para a produção de compostos orgânicos. Essa produção sustenta grande biomassa de animais bentônicos, superior até à biomassa de locais da plataforma continental.

Na extensa costa brasileira, a quebra da plataforma, fazendo a transição para o início do talude continental, é bastante heterogênea. Na região Norte, o talude continental ocorre em águas mais rasas, com 75-80 metros de profundidade, e a base do talude oscila entre 2.000 e 3.300 metros. Na costa Nordeste e na costa Leste, o talude se inicia entre 40-80 metros, com a base variando entre 1.600 e 3.600 metros. No Sudeste-Sul, o talude aparece aos 100-160 metros e termina entre 2.000 e 3.600 metros.

A quebra da plataforma marca uma zona de forte mudança da biota. A fauna do talude se apresenta como de transição entre a da plataforma continental e a das planícies abissais. Nesse local, a profundidade representa o principal limitador na distribuição dos organismos. Nesta

profundidade muitas espécies apresentam uma zonação batimétrica restrita como resultado da intolerância à variação na pressão.

Mesmo com todas as limitações impostas pela elevada profundidade, a região do talude é abundante em recursos minerais e comporta uma fauna de grande importância econômica. No caso brasileiro, boa parte do petróleo é proveniente de poços perfurados em zona de talude, e a importância dos recursos pesqueiros dessa região é tão grande que o governo brasileiro criou, em 2005, o Comitê Consultivo Permanente de Gestão dos Recursos Demersais de Profundidade, assessorado por um subcomitê científico só para tratar da pesca nessa área. Um exemplo de recurso pesqueiro do talude é o caranguejo-real-de-profundidade, ou *Chaceon ramosae* (Figura 9.4), capturado entre 200 e 900 metros de profundidade. Este animal, devido ao seu elevado valor comercial, é destinado totalmente ao mercado externo.



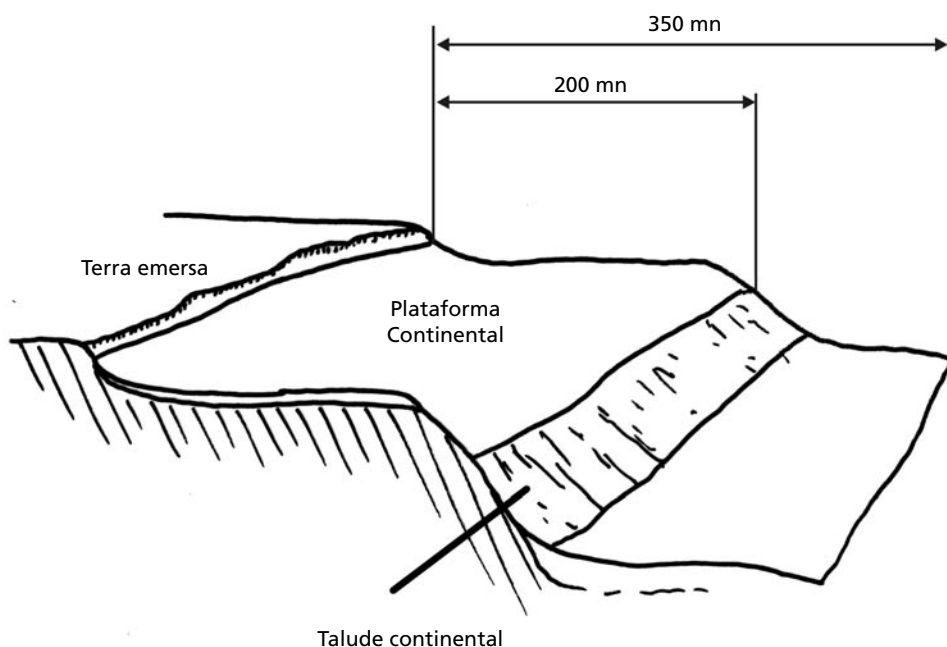
**Figura 9.4:** Caranguejo-real-de-profundidade, ou *Chaceon ramosae*, capturado pela frota pesqueira brasileira no Talude Continental. Note a ausência de grandes espinhos. Foto: Paulo Pezzuto – Universidade do Vale de Itajaí – CTTMar.

## CONCLUSÃO

O território brasileiro continua por muitas milhas depois da linha de costa. Essa imensa área de mar, contígua à costa, é chamada Amazônia Azul, compreendendo basicamente a plataforma e o talude continentais. Esses trechos do relevo submarino aumentam de importância com o desenvolvimento tecnológico, que permite ao homem explorar comercialmente regiões cada vez mais profundas. Nessas regiões mais próximas à costa concentram-se os maiores estoques pesqueiros, e cada vez mais novos recursos minerais, como o petróleo, são retirados.

## ATIVIDADE FINAL

Olhe com bastante atenção a **Figura 9.5**, que representa um esquema das divisões do ambiente marinho nos oceanos do nosso planeta.



**Figura 9.5:** Esquema das divisões batimétricas e do relevo do ambiente marinho.

Em sua opinião, por que os Estados costeiros estão tão interessados em obter domínio jurídico das águas costeiras da plataforma continental? Por que, no momento, é vantajoso acrescentar parte do talude continental à área da Plataforma Continental Jurídica, em detrimento de outras regiões oceânicas mais profundas, mesmo sendo estas espacialmente maiores?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Se você respondeu que a ampliação territorial de um Estado costeiro pela soberania da plataforma continental contígua está diretamente relacionada à exploração comercial dos recursos naturais presentes nessa região, está certo. A plataforma continental concentra a maior biomassa de pescado dos oceanos, além de diversos recursos minerais. O talude continental vem ganhando importância a cada dia, com o aumento do desenvolvimento tecnológico. Atualmente, boa parte das reservas de petróleo e gás descobertas e passíveis de serem exploradas estão em zonas de talude. Somam-se a isto os recursos pesqueiros de grande valor comercial, que, por serem de difícil acesso, são considerados o grande filão da pescaria mundial nos próximos anos.*

**RESUMO**

Os relevos submarinos adjacentes ao continente são os mais almejados pelos Estados costeiros. A soberania dessas regiões contíguas à linha de costa permitem o direito de explorar comercialmente, com exclusividade, os recursos naturais disponíveis. A plataforma continental inicia-se na costa e se prolonga suavemente (por cerca de 200 milhas) com o aumento da profundidade, com pouca declividade, até quebrar abruptamente (aos 200 metros, no máximo) e dar origem ao talude continental. A plataforma pode ser classificada em Geomorfológica (relevo natural contínuo ao continente) e jurídica (definição política e tecnicamente complexa criada pela ONU para mitigar conflitos territoriais). O talude prolonga-se até cerca de 4.000 metros e, devido à elevada profundidade, possui grande estabilidade ambiental porém reduzido aporte de alimento, o que limita a diversidade de espécies mas oferece pescados de grande valor comercial.

**INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, você vai estudar as comunidades biológicas nos diversos ambientes aquáticos descritos ao longo desta disciplina. Mantenha ao seu lado as aulas anteriores, pois continuaremos a utilizá-las. Até a décima aula e bom estudo.

# Como os organismos se agrupam nos ambientes aquáticos?

## AULA 10

### Meta da aula

Apresentar as diferentes classificações das comunidades biológicas aquáticas quanto à mobilidade, com ênfase no nécton, e quais as principais adaptações desse grupo para ocupar o ambiente pelágico.

## objetivos

Ao final desta aula, você deverá:

- verificar a diversidade de organismos componentes do plâncton presentes na superfície de corpos d'água lânticos;
- verificar a diversidade de organismos componentes do bentos presentes no fundo de corpos d'água costeiros;
- apontar a necessidade e a existência de medidas para a conservação de mamíferos marinhos;
- verificar que boa parte das espécies componentes do nécton estão registradas em listas como ameaçadas de extinção em decorrência da histórica pesca predatória.

## **INTRODUÇÃO**

Diversas classificações são empregadas na separação das comunidades biológicas presentes nos ambientes aquáticos. Uma das mais utilizadas é a que distingue os organismos quanto a sua mobilidade, categorizando as espécies em planctônicas, bentônicas e nectônicas.

Na Aula 5, vimos o conceito de plâncton: organismos que flutuam ou nadam na coluna d'água passivamente; na Aula 8, a definição de bentos: espécies que vivem intimamente relacionadas ao substrato, sendo sésseis ou vágeis. Nesta aula, vamos reforçar os conceitos aprendidos e incluir um novo: o nécton.

Mas como a mobilidade separa as comunidades biológicas dos ambientes aquáticos? Quais são os organismos nectônicos? Que conjunto de adaptações diferenciam os componentes do nécton dos demais organismos, permitindo que eles ocupem o ambiente pelágico?

## **MAS O QUE É PLÂNCTON?**

Como o plâncton já foi estudado na Aula 5, agora iremos apenas acrescentar novos elementos. O plâncton é formado por organismos muito pequenos (até unicelulares); seu tamanho reduzido o impede de vencer a viscosidade das moléculas de água e permitir uma natação efetiva. Pode também ser formado por espécies de maior porte, adaptadas a flutuar ou boiar (como as águas-vivas), cujo formato do corpo cria grande resistência à água dificultando a natação. Algumas espécies de água-viva, como a *Velella*, possuem a capacidade de secretar gases em uma vesícula do corpo (pneumatóforo) e de se manterem na superfície da água, na interface com o ar. Esse grupo planctônico específico é denominado nêuston. O plâncton, em geral, pode ser dividido em fitoplâncton e zooplâncton (tratados na Aula 5), que são representados pelo meroplâncton, formas temporariamente planctônicas, somente nos estágios larvais, com cerca de cinco mil espécies, e holoplâncton, formas permanentemente planctônicas.





### ATIVIDADE

1. Você aprendeu anteriormente que a superfície e a coluna d'água dos ambientes aquáticos comportam uma grande diversidade de espécies e formas planctônicas (ver **Figura 10.1**). Entretanto, mais interessante do que saber da existência desses organismos é a possibilidade de você vê-los pessoalmente. Nessa atividade, vá até um lago, lagoa ou qualquer outro ambiente aquático lântico e, com ajuda de uma redinha de malha bem fina (pode ser filó), passe-a logo abaixo da superfície algumas vezes. Assim que você perceber que o fundo da rede está ficando sujo, pare, vire a rede ao contrário e, com a água do mesmo local, lave a malha em um recipiente. Leve o recipiente para o seu pólo e observe a água sob uma lupa.

Ao concluir a atividade, descreva o que você observou e justifique o ocorrido.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**Figura 10.1:** Exemplos de organismos planctônicos coletados em uma amostra aleatória em ambiente estuarino no Rio de Janeiro.

**RESPOSTA COMENTADA**

*Como a malha da sua redinha deve ser muito grossa para colher o fitoplâncton, provavelmente você só deve ter coletado organismos do zooplâncton. Entretanto, podem ter se grudado na rede alguns exemplares fitoplanctônicos. A composição específica do plâncton varia de um local para outro, mas a maioria da sua amostra deve ter sido composta por crustáceos. Aproveite para observar as diferenças morfológicas entre os grupos.*

## O QUE É O BENTOS?

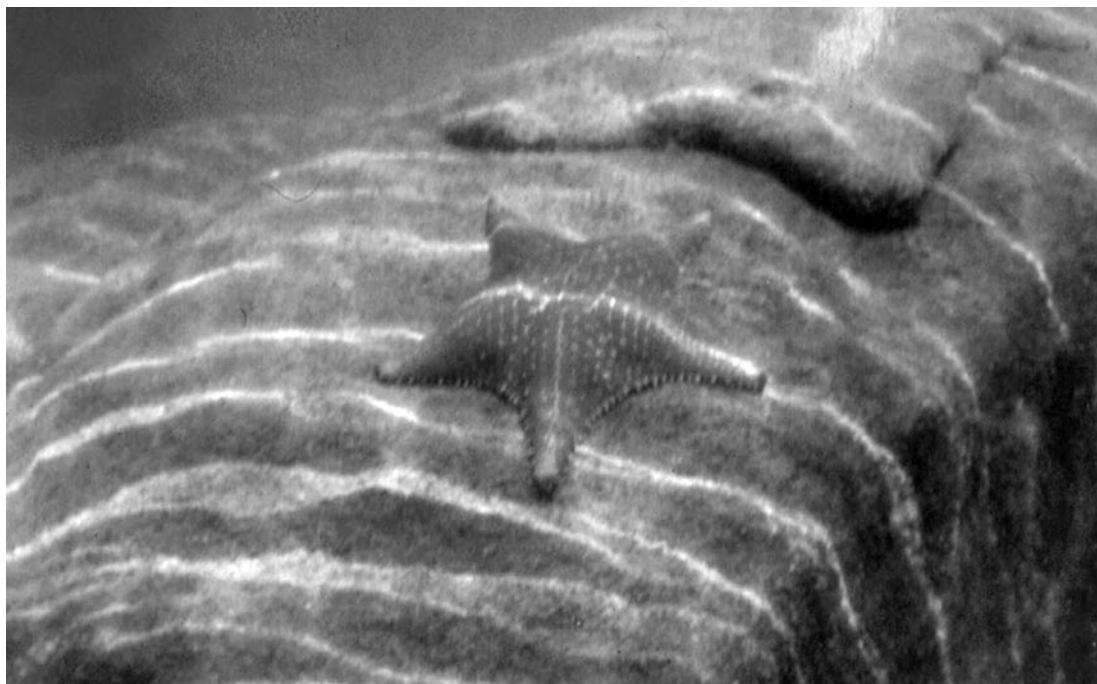
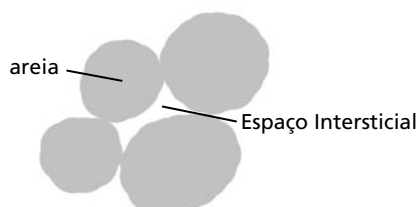
Como o bentos já foi abordado na Aula 8, iremos apenas reforçar alguns conceitos e acrescentar novas informações. Os organismos componentes do bentos podem ser subdivididos em fitobentos (espécies vegetais) e zoobentos (espécies animais).

O fitobentos como a macroalga conhecida como alface-do-mar (*Ulva*) restringem-se às camadas superficiais dos corpos d'água onde existe a possibilidade de realização de fotossíntese junto ao fundo, ficando limitados, em sua grande maioria, ao supralitoral, mesolitoral e porção superior do infralitoral, até, no máximo, 100 metros de profundidade. Outra subdivisão adotada ao bentos refere-se ao habitat onde a espécie ocorre. Caso os organismos cresçam cobertos pelo sedimento, são denominados infauna ou endofauna (inflora ou endoflora, caso sejam vegetais). As espécies da infauna (inflora) são mais abundantes em sedimentos moles (areia ou lama), onde ficam enterradas no substrato e podem construir grandes galerias, como fazem diversas espécies de anelídeos poliquetas. Em sedimentos duros, a limitação é maior, obrigando esses organismos a perfurarem, química ou mecanicamente, substratos como rochas, madeiras ou outros organismos, como fazem os teredos, moluscos perfurantes. Um outro grupo de organismos bentônicos vive restrito à faixa superficial do substrato (epifauna e epiflora). Ao contrário da infauna, essas espécies são mais abundantes em sedimentos duros, podendo ser fixas (sésseis como as cracas) ou vágéis (como as estrelas-do-mar, **Figura 10.2**). O constante movimento da camada superficial do sedimento mole dificulta a fixação de espécies da epifauna, o que

explica o predomínio destas nos substratos consolidados. Um terceiro grupo é constituído de organismos bentônicos, que são pequenos demais para conseguir escavar o sedimento e frágeis demais para ficar expostos sobre ele. Essas espécies diminutas, componentes do meiobentos (ou mesobentos), vivem nos pequenos **ESPAÇOS INTERSTICIAIS** entre os fragmentos do sedimento. Os nematódeos são exemplos desse grupo de animais.

#### ESPAÇOS INTERSTICIAIS

Neste caso, consideramos espaços intersticiais as áreas existentes entre as inúmeras partículas sólidas do sedimento, preenchidas por líquidos.



**Figura 10.2:** Estrela-do-mar em um costão rochoso, fotografada em Angra dos Reis, Rio de Janeiro.

### ATIVIDADE



2. Antes de iniciar esta atividade, reúna os seguintes itens:

- uma luminária com lâmpada quente;
- um prato fundo;
- uma peneira de malha fina,
- um suporte para peneira;
- 80 ml de álcool diluído em 20 ml de água;
- um pouco de areia do fundo de rio, lago ou qualquer outro corpo d'água próximo de onde você mora.

Como foi mostrado anteriormente, diversas espécies animais componentes do bentos vivem sobre, entre e dentro do sedimento do fundo dos ambientes aquáticos. Nesta atividade experimental, você vai poder observar como, com o aumento da dessecação, os diferentes organismos saem do sedimento e são coletados no prato. Siga os procedimentos e tente montar o experimento como ilustrado na **Figura 10.3**:

1. Coloque o sedimento cuidadosamente sobre a peneira, tomando cuidado para não inverter a posição coletada no ambiente, mantendo a parte superior para cima e a peneira sobre o suporte;
2. Pegue o álcool diluído e o derrame sobre o prato;
3. Posicione o suporte de modo que a peneira fique sobre o prato com um espaço de mais de dez centímetros entre o fundo dela e o álcool diluído;
4. Ponha a luminária ligada com a lâmpada sobre a peneira;
5. Observe como, em cerca de quinze minutos, diferentes organismos caem no prato com o álcool e são fixados;
6. Leve os organismos fixados no álcool para serem vistos através de uma lente de aumento ou em uma lupa no laboratório;
7. Registre quais organismos você consegue identificar.

Ao concluir o experimento, descreva o que você observou e justifique os fatos ocorridos:

---

---

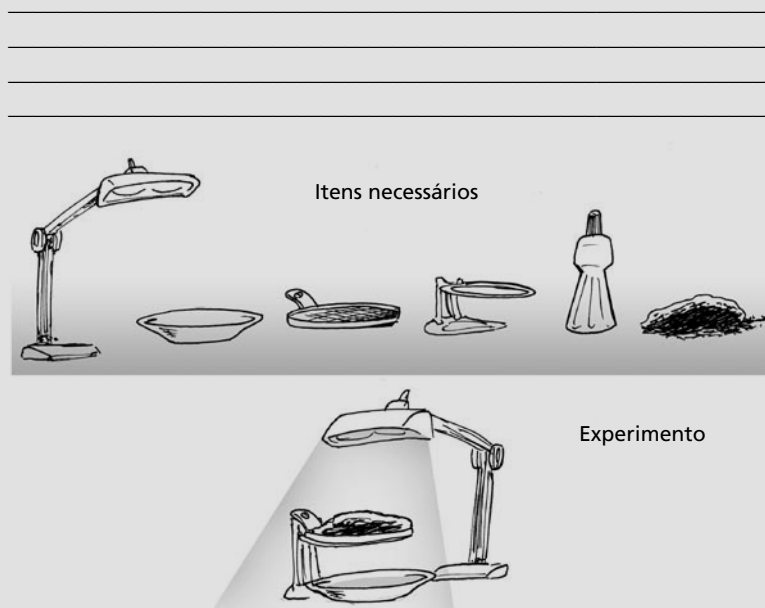
---

---

---

---

---



**Figura 10. 3:** Desenho esquemático do experimento.

#### **RESPOSTA COMENTADA**

*Esta atividade confirma que o sedimento do fundo dos ambientes aquáticos comporta diversos animais componentes do bentos. Conforme a areia vai secando mais rapidamente próximo à lâmpada, os organismos migram para a direção contrária, buscando maior umidade, até caírem no prato com o álcool e serem fixados. Você deve ter observado que animais de diferentes grupos e tamanhos estavam contidos numa pequena porção de sedimento. Ambientes aquáticos diferentes possuem espécies distintas, mas corpos d'água marinhos e estuarinos deverão apresentar predomínio de crustáceos e poliquetos, enquanto corpos d'água continentais apresentam maior abundância de crustáceos e insetos.*

## O QUE É NÉCTON?

Os componentes do nécton diferenciam-se dos do bentos por serem independentes do substrato e dos do plâncton por possuírem capacidade natatória, permitindo deslocarem-se, na coluna d'água, livres das correntes e dos demais movimentos dos corpos aquáticos. Essa distinção nem sempre é muito clara; um exemplo disso são os pequenos crustáceos eufausiáceos, como o krill (*Euphausia superba*). Esse animal, considerado megazooplâncton por alguns pesquisadores, é incluído em micronécton por outros, porque atinge cerca de 30 mm e realiza deslocamentos verticais ativos na coluna d'água.

Diversos grupos zoológicos integram o nécton. Os principais representantes do nécton são, sem dúvida, os peixes; entretanto, invertebrados como as lulas e vários vertebrados como os golfinhos também fazem parte dessa categoria. Está entre os componentes do nécton a maioria das espécies aquáticas ameaçadas de extinção, resultado da excessiva captura comercial no passado (répteis e mamíferos) e no presente (peixes e moluscos).

Os peixes constituem o grupo de vertebrados com a maior diversidade de espécies existentes: cerca de 28 mil em todo o mundo e em torno de mil apenas no litoral brasileiro. Possuem a maior amplitude geográfica (de três milhas acima do nível do mar a sete milhas abaixo), ocupando praticamente todos os corpos d'água. Apresentam diferentes formas (globiformes, serpentiformes, filiformes, achatados, fusiformes) e tamanhos. No Brasil, podemos citar o peixe neon-marinho (*Elacatinus figaro*), de apenas dois centímetros, quando adulto, e o tubarão-baleia (*Rhincodon typus*), de 20 metros. Têm o corpo geralmente coberto de escamas; movimentam-se por meio de nadadeiras e normalmente respiram por brânquias. Constituem as últimas populações de vertebrados capturados na natureza em escala industrial.

Entre os peixes, os teleósteos - ou peixes ósseos - são os mais abundantes e diversos, representando quase a totalidade dos peixes capturados e comercializados como pescado para o consumo humano. Os elasmobrânquios - ou peixes cartilaginosos (tubarões e raias) - estão distribuídos em pouco mais de mil espécies em todo o mundo; no Brasil, há cerca de 90 espécies.

Apesar de ser baixa a captura de tubarões e raias pela pesca comercial, se comparada com os peixes ósseos, ainda assim ela é muito elevada. A carne de tubarões e raias não é um produto de grande valor comercial para o consumo humano, embora a posta de cação e a moqueca de raia sejam iguarias da culinária regional. A pescaria direcionada a essas espécies tem como objetivo a venda de barbatanas (nadadeiras), cujo quilo pode chegar a 100 dólares no mercado asiático. A violência dessa pescaria é tão grande que os tubarões chegam a ser devolvidos ao mar ainda vivos, após a amputação de suas nadadeiras, para não ocuparem espaço na embarcação. Essa prática, conhecida como *finning*, é uma das principais responsáveis por serem os tubarões as espécies de peixe mais numerosas em todas as listas de animais ameaçados de extinção. Além da pesca industrial, a captura realizada por pescadores costeiros de pequenas comunidades também tem se mostrado predatória, matando grande quantidade de fêmeas grávidas, que se aproximam da costa para parir, como mostra a **Figura 10.4**, em cenas bastante mostradas pela mídia, em maio de 2005.



**Figura 10.4:** Tubarões galha-preta (*Carcharhinus brevipinna*) mortos pela pesca artesanal em Arraial do Cabo, Rio de Janeiro.

## MOLUSCOS

Os moluscos inclusos no nécton são da classe Cephalopoda, principalmente as lulas e os calamares (subordem Theutoidea). As diferentes espécies de lulas podem variar de pouco menos de dez centímetros (*Lolliguncula*) até mais de 20 metros (*Architeuthis*). São nadadoras habilidosas que se deslocam velozmente por meio de jatos de água armazenada na cavidade do manto. Essa grande capacidade natatória auxilia as lulas na fuga aos predadores e na captura de presas, já que são caçadoras vorazes, consumindo até 20% do seu peso, em alimento, por dia. A alta abundância e o comportamento de formar grandes cardumes costeiros tornam as lulas um importante recurso pesqueiro. O estado do Rio de Janeiro é um importante produtor de lula, especialmente de *Loligo*, pescado no fundo junto ao camarão ou na superfície, por anzol, durante a noite, com atração luminosa.

## RÉPTEIS

Os répteis estão representados no nécton pelas serpentes-marinhas do Indo-Pacífico, que completam todo o ciclo biológico na água, e pelas demais espécies que necessitam desovar em terra, como as sucuris e jibóias brasileiras, as iguanas-marinhas das ilhas Galápagos, os crocodilos insulares, presentes em algumas ilhas dos oceanos Índico e Pacífico, os jacarés continentais sul-americanos, e, principalmente, pelas tartarugas-marinhas dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico. As tartarugas-marinhas só ficam em terra enquanto ainda ovo ou para a desova. Todas as demais fases de seu ciclo de vida, tais como acasalamento e sono, dão-se no mar. No Brasil, ocorrem cinco das oito espécies de tartarugas-marinhas existentes. Todas desovam nas nossas praias, sendo que no estado do Rio de Janeiro a mais abundante é a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e a mais ameaçada de extinção, em todo o Brasil, é a tartaruga-de-couro, ou tartaruga-gigante (*Dermochelys coriacea*), mostrada na **Figura 10.5**. As demais espécies, tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*), tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) e tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*), desovam principalmente nas praias nordestinas. Devido à captura descontrolada das tartarugas-marinhas, para serem utilizadas como alimento, matéria-prima para utensílios domésticos e coleta dos ovos nas praias, esses répteis estiveram bastante



ameaçados de extinção. Atualmente, as cinco espécies são protegidas de captura no Brasil e em diversos outros países, e as medidas de conservação parecem estar surgindo efeito; exemplares de *Chelonia mydas* são comumente observados na costa do sudeste. No Brasil, o Projeto Tamar atua junto à conservação das tartarugas-marinhas em toda a costa, protegendo áreas de desova e zonas de alimentação. Caso você queira saber mais sobre esse projeto, pode acessar a página eletrônica [www.tamar.org.br](http://www.tamar.org.br).



**Figura 10.5:** Tartaruga-de-couro, ou tartaruga-gigante (*Dermochelis coriacea*), fotografada ao retornar ao mar após a desova em uma praia do litoral capixaba.

Tartarugas de água doce (famílias Podocnemidae e Kinosteridae) também são protegidas no Brasil. Esses quelônios e seus ovos eram comumente utilizados como alimento e na fabricação de óleo pelas comunidades indígenas e populações ribeirinhas. O Projeto Quelônios da Amazônia – RAN/IBAMA – faz o manejo de sete das principais espécies de tartaruga de água doce desde 1979, ano em que foi criado. O projeto atua nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Goiás, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. Mais informações sobre esse projeto podem ser obtidas em [www.ibama.gov.br/ran](http://www.ibama.gov.br/ran).

## AVES

As aves aquáticas, principalmente as marinhas (ordens Sphenisciformes, Procellariiformes, Pelecaniformes e Charadriiformes), são consideradas componentes do nécton por alguns especialistas. O grau de afinidade dessas aves com os ambientes aquáticos é bastante variável. Algumas espécies, como os pingüins-imperadores (*Aptenodytes*), possuem estreita relação com o mar, nadando ativamente, mergulhando a grandes profundidades para procura de alimento e tendo os seus principais predadores nesse ambiente. Outras aves marinhas passam menos tempo em contato direto com a água, pois ficam voando sobre a superfície da água ou pousadas em barcos, como se pode ver na Figura 10.6; só mergulham para se alimentar, retornando em seguida para descanso e/ou nidificação em terra firme, como é o caso das gaivotas (*Larus*), atobás (*Sulas*), fragatas (*Fregata*), trinta-réis (*Sterna*) e martim-pescador (*Caryle*). O albatroz (*Diomedea*), ao contrário, só se aproxima do continente para nidificar, vivendo a maior parte da sua vida, cerca de dez anos, em regiões oceânicas. A relação dos albatrozes com os oceanos é tão grande que a maior causa de declínio populacional dessas espécies é a morte por captura accidental pelos anzóis utilizados na pesca de atum.



**Figura 10.6:** Atobás-marrons, *Sula leucogaster*, descansando pousados em um barco de pesca, em frente ao litoral de São Paulo.

A morte de albatrozes e outras aves marinhas pela pesca oceânica é um problema mundial. Com o objetivo de reduzir essa captura incidental, a FAO, por meio do seu Comitê de Pesca, lançou, em 1999, um plano de ação internacional, que foi adotado por vários países, entre eles o Brasil, que criou o Plano de Ação Nacional para Conservação de Albatrozes e Petréis. O plano brasileiro ficou a cargo do Instituto Albatroz ([www.projetoalbatroz.org.br](http://www.projetoalbatroz.org.br)) e da BirdLife International – Programa do Brasil, que têm realizado um belo trabalho em parceria com a comunidade pesqueira.

O Brasil é um país privilegiado no que se refere à diversidade de aves marinhas. Das cerca de 330 espécies de aves aquáticas, mais de 100 ocorrem em terras brasileiras. Além das espécies residentes em nossas costas e ilhas, inúmeras outras migram periodicamente, vindas dos países do sul ou do norte para alimentar-se em regiões costeiras e estuarinas.

Assista ao belo e premiado filme-documentário *A marcha dos pingüins*, dirigido por Luc Jacquet. O filme mostra a incrível migração dos pingüins-imperadores para o interior do continente antártico, para se reproduzirem, e como esse distanciamento do mar é sacrificante para a espécie.

## MAMÍFEROS

Muitos mamíferos aquáticos são parte do nécton. Esses animais evoluíram de ancestrais terrestres e, assim como as aves e os répteis, certas espécies apresentam maior dependência do meio aquático do que outras, embora todas possuam modificações fisiológicas e morfológicas que lhes permitem explorar eficientemente esses ecossistemas.

Dentre os mamíferos aquáticos, o principal grupo é a ordem Cetacea (baleias e golfinhos), mas outros também merecem destaque, como os sirênios (peixe-boi), pinípedes (focas, lobos-marinhos, leões-marinhos e elefantes-marinhos) e carnívoros (lontras e ariranhas).

Existem cerca de 90 espécies de cetáceos no mundo, divididas em duas subordens: (1) Mysticeti, que são a maioria, contendo os cetáceos com barbatanas, incluindo as baleias; e (2) Odontoceti, as espécies com dentes, compreendendo as cachalotes, os golfinhos e as orcas. Todos são completamente adaptados à vida aquática, com tamanhos que variam de pouco mais de um metro, como o boto-cinza (*Sotalia*), muito comum na

baía de Guanabara (RJ), a mais de 30 metros e 100 toneladas, como é o caso da oceânica baleia-azul (*Balaenoptera musculus*). O Brasil abriga cerca de 45 espécies de cetáceos, distribuídas entre golfinhos e botos com ocorrência restrita ao território brasileiro e as baleias que migram para a nossa costa à procura de águas mais aquecidas, para parirem ou copularem durante o inverno e retornam para o sul do continente no início do verão. Suas narinas são fundidas em uma câmara única, localizada no alto da cabeça, que se liga diretamente aos pulmões sem conectar-se à boca. Um exemplo de baleia que visita periodicamente a costa brasileira é a baleia-franca (*Eubalaena australis*), mostrada na **Figura 10.7**. Caso você queira saber mais sobre a baleia-franca no Brasil, pode pesquisar em [www.baleiafranca.org.br](http://www.baleiafranca.org.br) e conhecer os estudos conservacionistas que visam a espécie em águas territoriais brasileiras.



**Figura 10.7:** Baleia-franca (*Eubalaena australis*) fotografada na península Valdes, costa da Patagônia argentina.

Até recentemente, no Brasil, ainda era permitida a pesca comercial de baleias. Somente em 1987 ocorreu a proibição dessa atividade. A espécie mais capturada era a baleia-minke (*Balaenoptera acutorostrata*), um pequeno animal de cerca de dez metros de comprimento.

Você já deve ter percebido que existem, ao longo da costa brasileira, inúmeras praias com nomes como “ossos” ou “armação”. Esses nomes indicam que naquelas praias havia porto destinado à pesca de baleia, onde se desembarcavam os animais capturados, que eram então desossados, dando origem aos nomes. O município de Búzios, na Região dos Lagos, no estado do Rio de Janeiro, é um exemplo desses locais.

Encalhes de cetáceos, como o exemplificado na Figura 10.8, podem ser devidos a ferimentos, doenças ou condições oceanográficas muito adversas. Sempre que você encontrar um mamífero marinho vivo encalhado, procure imediatamente pessoas capacitadas para orientar o salvamento. Infelizmente, na maioria dos casos, isso não é possível, pois a chance de sobrevivência é muito baixa. Enquanto a ajuda técnica não chega, você pode evitar a desidratação do corpo do animal mantendo umedecido, evitando jogar água no orifício respiratório no alto da cabeça. Nunca tente remover o animal puxando-o pelas extremidades; eles sempre devem ser carregados por baixo até a água. Mesmo que com os seus esforços o animal venha a morrer, ainda assim contate pesquisadores que estudem o grupo, pois muitas informações hoje disponíveis sobre essas espécies são provenientes da análise de animais mortos por encalhe.



**Figura 10.8:** Tentativa de salvamento de um cetáceo Odontoceti encalhado na praia de Itaúna, em Saquarema, Rio de Janeiro.

Os sirênios (ordem Sirenia), que têm o ciclo de vida totalmente aquático, são adaptados a viver em rios, estuários, baías e enseadas costeiras. O comportamento alimentar exclusivo de pastar vegetais macrofitas em áreas rasas impede deslocamentos para regiões oceânicas e dá origem aos nomes populares dos atuais peixes-boi e da extinta vaca-marinha. Em todo o mundo existem hoje apenas quatro espécies, separadas em duas famílias, todas correndo risco de extinção: a Dugongidae, que inclui o dugongo (*Dugong dugon*) do Indo-Pacífico e compreendia a vaca-marinha, e a Trichechidae, com três espécies de peixe-boi. O Brasil possui o peixe-boi-marinho ou manati (*Trichechus manatus*), presente na costa das regiões Norte e Nordeste, e o peixe-boi-amazônico (*Trichechus inunguis*), restrito às bacias de drenagem dos rios Amazonas e Orinoco. Apenas a *Trichechus senegalensis*, peixe-boi-africano, não ocorre no Brasil. As espécies brasileiras são protegidas desde 1967 pela Lei 5.197, sendo proibidas a caça e comercialização de produtos derivados, sob pena de detenção. Em 1980, o Governo Federal criou o Projeto Peixe-Boi, com objetivos conservacionistas. Em 1990, o referido projeto obteve o status de unidade do IBAMA como Centro Nacional de Conservação e Manejo de Sirênios; em 1998, foi promovido a Centro Nacional de Pesquisa, Conservação e Manejo de Mamíferos Aquáticos. Caso você tenha interesse pelo grupo e queira ter mais informações, entre na página eletrônica do projeto, no endereço [www.projetopeixe-boi.com.br](http://www.projetopeixe-boi.com.br).

A vaca-marinha (*Hydrodamalis gigas*) foi descoberta em 1741 pelo naturalista George Wilhelm Steller, nas ilhas Aleutas, no norte do oceano Pacífico. Desde então, esse sirênio gigantesco - mais de dez metros e comportamento extremamente dócil - foi utilizado como fonte de alimento e óleo por tripulações de barcos baleeiros. A última vaca-marinha foi morta em 1768, apenas 27 anos após o primeiro contato com o homem moderno.

Diferentemente dos cetáceos e sirênios, os demais grupos de mamíferos aquáticos necessitam de terra firme para copular, parir e descansar, precisando, portanto, de estarem pelas proximidades desta. Os pinípedes (*pinna* = pena; *podos* = pés), ordem Pinnipedia (ou Carnívora para alguns autores), são adaptados à vida aquática e terrestre, com 32 espécies no mundo (apenas uma em água doce, no Lago Baikal, Rússia) e sete espécies com ocorrência registrada para o Brasil; restringem-se

aos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com aparecimentos ocasionais em outros estados. Na divisa entre os litorais de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a ilha dos Lobos comporta a maior colônia de pinípedes brasileiros, com inúmeros lobos-marinhos (*Arctocephalus*) e leões-marinhos (*Otaria byronia*). Outro ponto de concentração desses animais é o molhe leste, construção artificial feita para diminuir o assoreamento natural da barra do rio Grande, na saída da Lagoa dos Patos (RS). Todos os nossos pinípedes apresentam os membros locomotores transformados em nadadeiras.

Quanto aos carnívoros, o Brasil apresenta, na família Mustelidae, espécies semi-aquáticas, as lontras (*Lutra longicaudis*) e as ariranhas (*Pteronura brasiliensis*) de água doce, que podem ser encontradas alimentando-se em rios, riachos, estuários, manguezais e ambientes marinhos, como em Angra dos Reis (RJ). Possuem pés com membranas interdigitais e cauda achatada na extremidade, para auxiliar na habilidosa natação. Devido ao alto valor de suas peles no mercado clandestino, estão em perigo de extinção.

### ATIVIDADE



3. Como já foi citado anteriormente, muitos mamíferos aquáticos estão ameaçados de extinção devido a décadas de caça predatória, como ilustra a **Figura 10.9**. Nesta atividade, você deve pesquisar a legislação brasileira que protege os mamíferos aquáticos e verificar quais as principais medidas adotadas na preservação dessas espécies.

Ao concluir a atividade, descreva o que você observou.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**Figura 10.9:** Esquema mostrando como era realizada, no passado, a pesca baleeira em águas brasileiras.

#### RESPOSTA COMENTADA

*Você deve ter verificado que os cetáceos e pinípedes são protegidos pela portaria SUDEPE N-011, de 21 de fevereiro de 1986, e não podem ser perseguidos, capturados, pescados ou caçados em águas brasileiras. A Lei 7.643, de 18 de dezembro de 1987, ratifica a proibição da captura e acrescenta o impedimento de qualquer tipo de molestamento intencional a toda espécie de cetáceo, sob pena de multa e reclusão, além da apreensão da embarcação no caso de reincidência.*

#### AMBIENTE PELÁGICO

Região ecológica referente às águas abertas. Inclui toda a coluna d'água acima do ambiente bentônico dos ecossistemas aquáticos, pode ser subdividida em nerítica (coluna d'água sobre a plataforma continental) e oceânica (coluna d'água externa à plataforma continental).

#### QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO NÉCTON?

Como você está aprendendo ao longo desta aula, diferentes grupos zoológicos podem compor o nécton. Mas o que eles têm em comum? O ambiente nectônico é o **AMBIENTE PELÁGICO**. Essa independência do substrato e a alta capacidade natatória do nécton tornam esse ambiente tridimensional e escasso de locais onde se abrigar. O sucesso na ocupação do ambiente pelágico é dependente de uma série de adaptações que os distintos grupos zoológicos devem apresentar para poderem sobreviver em tal ambiente.



As adaptações dos organismos componentes do nécton são basicamente morfológicas e fisiológicas. Dentre elas, podemos destacar:

**Locomoção** – Forma do corpo alongada, hidrodinâmica, com muco recobrando a pele e diminuindo o atrito com a água. Órgãos de locomoção bastante eficientes, auxiliando o deslocamento no meio aquoso e, em algumas espécies, perfeitamente aptos à natação. Membros transformados em nadadeiras (ambos ou somente os anteriores). Musculatura especial, que permite movimentos ondulatórios, capacitando o indivíduo a nadar mesmo sem o auxílio das nadadeiras. A nadadeira caudal atuando como leme, juntamente com auxílio das nadadeiras dorsal e anal.

A locomoção mais comum ocorre por causa da contração das fibras musculares de um dos lados do animal (encurtando-se): a cabeça e a cauda curvam-se para determinado lado e a musculatura do lado oposto se estica. Em seguida, ocorre o relaxamento da região contraída e a posterior contração do lado oposto (que antes estava esticado). Contrações em série nos dois lados do indivíduo formam ondas de contração responsáveis pela locomoção, podendo ser da cabeça para a cauda ou vice-versa.

**Flutuabilidade** – A principal responsável pela flutuabilidade é a bexiga natatória (ou vesícula gasosa), que ocupa cerca de 5% do volume do corpo de um peixe marinho e 7% de um peixe de água doce (ambientes com densidades distintas; ver Aula 4). É um órgão alongado, com diferentes formatos e bastante elástico. Funciona como controlador da flutuabilidade e deve proporcionar flutuabilidade neutra, evitando gasto excessivo de energia, para não afundar nem flutuar. A vesícula gasosa é originária da parede dorsal do esôfago, podendo continuar ligada a este por um duto pneumático (espécies fisóstomas) ou estar isolada dele (espécies fisóclistas). A bexiga encontra-se ausente em algumas espécies que habitam ambientes aquáticos com fortes correntes, grandes profundidades, que mudam de profundidade com grande velocidade ou migram por grandes distâncias. O enchimento da bexiga natatória é feito pela **RETE MIRABILIS**. Em muitas espécies, como nos tubarões, não há bexiga natatória; a flutuabilidade é feita pelo fígado, que tem a função de acumular gordura e é ajudada na flutuação pela camada de gordura que circunda o corpo.

#### RETE MIRABILIS

Consiste em uma malha de capilares sanguíneos que produzem gases como o dióxido de carbono, o nitrogênio e o oxigênio. Os gases produzidos são eliminados do tecido absorvente para a aorta dorsal, tornando a vesícula gasosa independente para inflar-se ou esvaziar-se, como você pode observar na **Figura 10.10**.

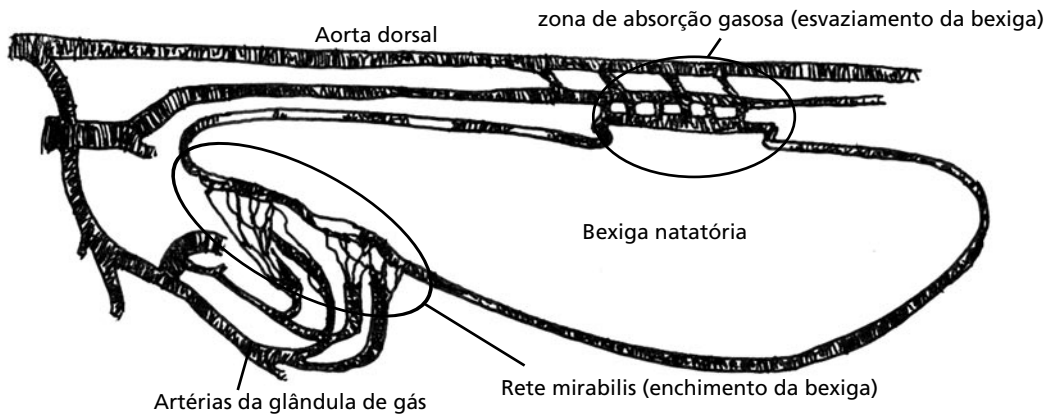


Figura 10.10: Esquema mostrando a bexiga natatória de um peixe, destacando-se a *Rete mirabilis*.

Órgãos sensoriais – Bastante desenvolvidos, com grande capacidade de orientação. Recebem estímulos físicos, químicos e eletromagnéticos do ambiente. Podem ser:

- Botões gustativos: Responsáveis pelos sentidos cutâneo e gustativo. Percebem diferenças na temperatura, sensações de paladar, tato e existência de substâncias agressivas;
- Linha lateral: Exclusiva de peixes e girinos. Conjunto de células receptoras encontradas isoladas ou agrupadas em séries nas laterais do corpo ou na cabeça;
- Eletorreceptores: Característicos de animais que vivem em ambientes com pouca visibilidade, como águas turvas, ou que têm hábitos noturnos. Podem ser do tipo Tuberosus, presentes nos peixes elétricos (ex.: Gimnotiformes), ou do tipo Ampulares, presentes em diversas espécies elétricas ou não. Os eletorreceptores de elasmobrânquios marinhos são chamados Ampolas de Lorenzini; consistem em um conjunto de células sensoriais concentradas na região cefálica e são sensíveis à pressão, temperatura, potenciais elétricos e campo magnético;
- Olhos: Geralmente pares e laterais à cabeça. Podem ter campo visual e movimentos independentes, como nos peixes. Com espécies crepusculares com olhos grandes, noturnas com olhos pequenos e diurnas com tamanho intermediário;
- Ouvidos: Formados, nos peixes, por três canais semicirculares: utrículo, sáculo e lagena. Cada canal contém máculas acústicas (agrupamento de células sensoriais). As células acústicas são estimuladas

por concreções calcáreas denominadas otólitos. A bexiga natatória é, em algumas espécies, um órgão acessório da audição. Neste caso, esta está ligada a uma série de ossículos chamados Aparelho de Weber, que transmite as vibrações captadas no ouvido interno para a bexiga, amplificando o estímulo;

- Narina: Existe grande variação na morfologia dos órgãos olfatórios, podem ser conectados à corrente respiratória (nos mamíferos) ou não (nos peixes). Os elasmobrânquios possuem uma fossa nasal, que consiste em uma prega da epiderme localizada ventralmente no focinho, com entrada e saída de água. O olfato é importante na orientação e detecção dos perigos (ex.: presença de sangue na água) e das presas.

## CONCLUSÃO

A mobilidade separa as comunidades biológicas dos ambientes aquáticos. Quanto à posição que ocupam na massa d'água e quanto à capacidade de se deslocarem independentemente das correntes, são classificados em plâncton, bentos e nécton. Os organismos nectônicos são exclusivamente animais e comportam diferentes táxons, principalmente moluscos cefalópodes e vertebrados, tais como répteis, aves, mamíferos e peixes. Esses animais dependem de adaptações diferenciadas que lhes permitem deslocarem-se com eficiência no meio aquoso, geralmente por meio de nadadeiras, e controlarem a flutuabilidade, comumente modificada pela bexiga natatória. Apresentam diversos órgãos sensoriais, bastante desenvolvidos que, capacitam a ocupação do ambiente pelágico.

## ATIVIDADE FINAL

Conforme você viu ao longo desta aula, muitos organismos nectônicos são os principais constituintes dos recursos pesqueiros; apesar disso, muitos deles estão considerados como ameaçados de extinção. Mas como você pode saber se determinado táxon está ameaçado de extinção?

Baseado nos grupos zoológicos apresentados nesta aula, pesquise na literatura, internet e órgãos ambientais quais são as listas que relacionam as espécies ameaçadas. Procure listagens nacionais e internacionais reconhecidas oficialmente.

Relacione as listas obtidas e destaque os componentes nectônicos, observando se as espécies aparecem em mais de uma lista.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Você deve ter respondido que as principais listas de espécies ameaçadas de extinção são: CITES – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora; IUCN – The International Union for the Conservation of Nature – The Red List Threatened Species; MMA – Ministério do Meio Ambiente – Instrução Normativa No 5, de 21 de maio de 2004; SMMA/RJ – Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro – Lista de Espécies Ameaçadas.*

*Quanto às espécies registradas nas listas, fica claro o predomínio de mamíferos, répteis e elasmobrânquios marinhos, como consequência da pesca predatória. Outra coisa que você deve ter percebido com a sua pesquisa é que todas as listas tendem a repetir as mesmas espécies para a mesma região geográfica. Isso é compreensível, pois se determinado táxon se encontra ameaçado em uma certa região, provavelmente ele se encontra ameaçado também em outras áreas.*

**RESUMO**

As comunidades biológicas dos ambientes aquáticos podem ser separadas quanto à mobilidade e posição que ocupam na massa d'água: plâncton (basicamente fitoplâncton e zooplâncton); bentos (que pode ser chamado de epifauna, se estiver sobre o sedimento; endofauna, se estiver coberto pelo sedimento; meiofauna se estiver nos espaços intersticiais entre o sedimento) e nécton. Os componentes nectônicos são exclusivamente animais e admitem diferentes táxons, tais como moluscos cefalópodes e vertebrados (répteis, aves, mamíferos, peixes ósseos e peixes cartilaginosos). Esses animais apresentam adaptações que permitem que eles se desloquem com eficiência nos ambientes aquáticos, por meio de nadadeiras, e que controlem a flutuabilidade (comumente, pela bexiga natatória). Possuem órgãos sensoriais desenvolvidos que capacitam a ocupação do ambiente pelágico. Muitas espécies nectônicas são ou foram importantes recursos pesqueiros e, como consequência dessa intensa atividade predatória, diversos grupos estão seriamente ameaçados de extinção e sendo protegidos por severas restrições à captura.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na aula seguinte, você vai aprender sobre os recursos pesqueiros, tanto os pescados quanto os cultivados na aquicultura. Continue mantendo ao seu lado as aulas anteriores, pois continuaremos a utilizá-las. Até a décima primeira aula, e bom estudo!



## Os recursos pesqueiros são renováveis?

# AULA 11

### Meta da aula

Apresentar o conceito de recurso pesqueiro e mostrar a necessidade de manter estratégias adequadas para a sustentabilidade desses recursos.

Ao final desta aula, você deverá:

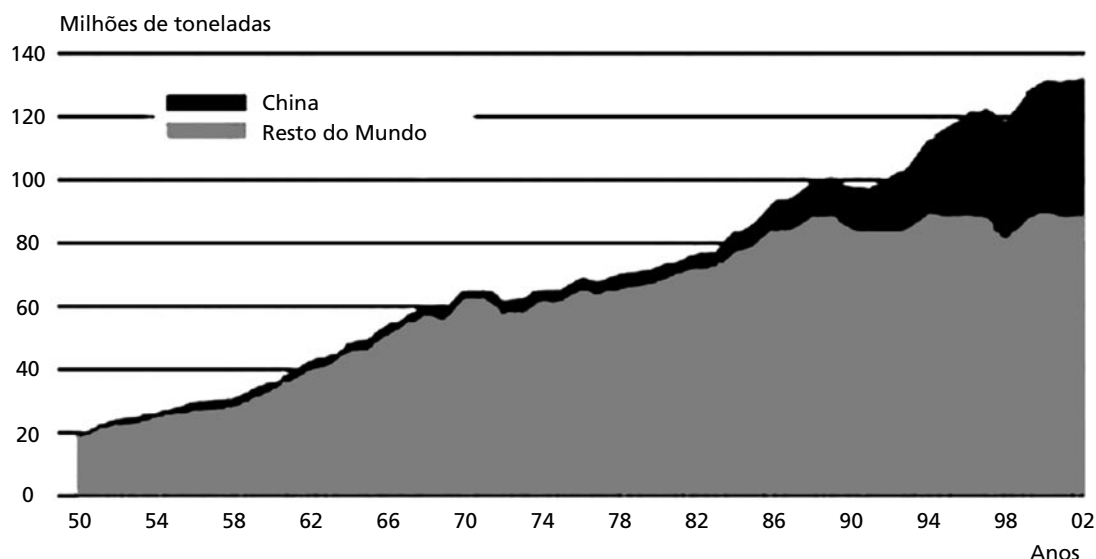
- comprovar, por meio de pesquisa, que os pescados cultivados são importantes recursos pesqueiros e que o sucesso da aquacultura depende basicamente das características naturais do meio aquático original;
- confirmar, por meio de pesquisa, a diversidade dos tipos de pesca e a necessidade de ordenamento para manutenção dos recursos pesqueiros;
- apontar fatores que explicam alguns motivos para a importação de pescados pelo Brasil.

## INTRODUÇÃO

Ao longo da apresentação desta disciplina, você tem aprendido que os ambientes aquáticos são bastante heterogêneos e comportam uma vasta diversidade de espécies animais e vegetais. Muitas dessas espécies apresentam importância comercial e são capturadas na natureza ou cultivadas pelo homem para o seu consumo.

O conjunto de organismos aquáticos que possuem valor comercial são chamados de recursos pesqueiros e são constituídos por qualquer organismo que possa ser removido da água (doce, salgada e/ou estuarina), seja por meio de pesca extrativa, seja por meio de cultivo.

A produção mundial de pescado, segundo dados da FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, apresentou nos últimos 50 anos dois comportamentos distintos. Entre o início da década de 1950 até meados dos anos 1980, houve um aumento contínuo na produção, saindo de um patamar de 20 milhões de toneladas por ano, até alcançar cerca de 90 milhões de toneladas. Na segunda fase, que se mantém até hoje, a produção se conserva estável. A produção pesqueira da China, entretanto, é tratada de forma diferenciada, pois segundo informações fornecidas pela FAO, a produção pesqueira tem aumentado vertiginosamente, contrariando todas as expectativas mundiais. A produção chinesa representou, em 2002, um quarto de toda a produção mundial, como mostra a **Figura 11.1**.



**Figura 11.1:** Produção pesqueira mundial (captura e cultivo), segundo dados da FAO.



## AQUACULTURA

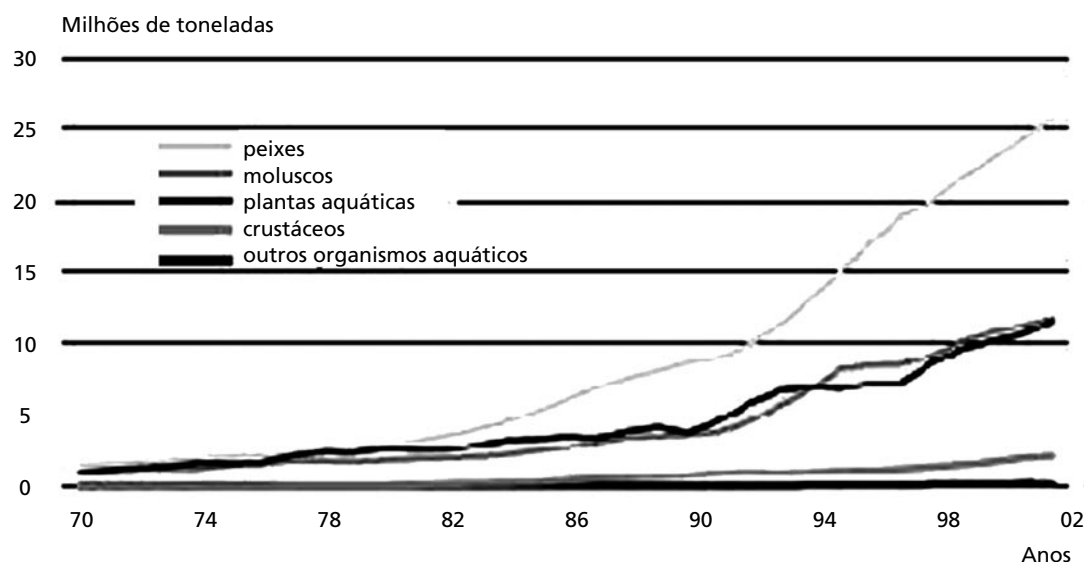
Os organismos cultivados são importantes componentes dos recursos pesqueiros. A atividade de criar espécies aquáticas é chamada de aquacultura ou aquíicultura. Entretanto, essa denominação é mais utilizada em cultivos realizados em ambientes aquáticos continentais. Quando a criação é marinha, o termo maricultura é mais bem aplicado.

Tanto a maricultura quanto a aquacultura possuem designações diferentes em função do tipo de organismo que é cultivado. Podem ser diferenciadas em:

- Carcinicultura – cultivo de crustáceos, cujas principais espécies cultivadas no Brasil são exóticas: a marinha, camarão-cinza (*Litopenaeus vanamei*), e a continental, camarão-gigante-da-malásia (*Macrobrachium rosenbergi*). O cultivo comercial é desenvolvido basicamente em tanques escavados em terras costeiras, causando uma série de conflitos decorrentes do desmatamento necessário para a abertura dos tanques (ver Aula 7).
- Piscicultura – cultivo de peixes, é bastante desenvolvido no Brasil, em águas continentais, sendo o volume de produção representado principalmente por espécies exóticas como as tilápias (ex.: *Oreochromis*) e restrito no caso das espécies marinhas as cultivadas para o mercado aquarista ornamental, como os também exóticos peixes-palhaço (ex.: *Amphiprion*). A piscicultura continental é desenvolvida basicamente em tanques escavados em terra, muito utilizados para a atividade de pesque-e-pague. A piscicultura marinha é realizada em microescala, em grandes aquários ou pequenos tanques pré-moldados.
- Mitilicultura – cultivo de moluscos bivalves, como mariscos ou mexilhões. Atividade exclusivamente marinha desenvolvida basicamente com o mexilhão-de-costeira (*Perna perna*). Essa atividade ocorre em enseadas costeiras abrigadas, sendo desenvolvida em estruturas flutuantes (*long-lines*), em que ficam presas cordas onde os mexilhões crescem até o abate.
- Ostreicultura – cultivo também de moluscos bivalves, só que referente às ostras, do-mangue ou gigante (*Crassostrea*); Esse cultivo ocorre principalmente dentro de estuários, em pequenos tabuleiros fixos ao sedimento.
- Algocultura – cultivo de algas. No Brasil, essa atividade é bastante recente e restrita ao desenvolvimento da macroalga (*Kappaphycus*

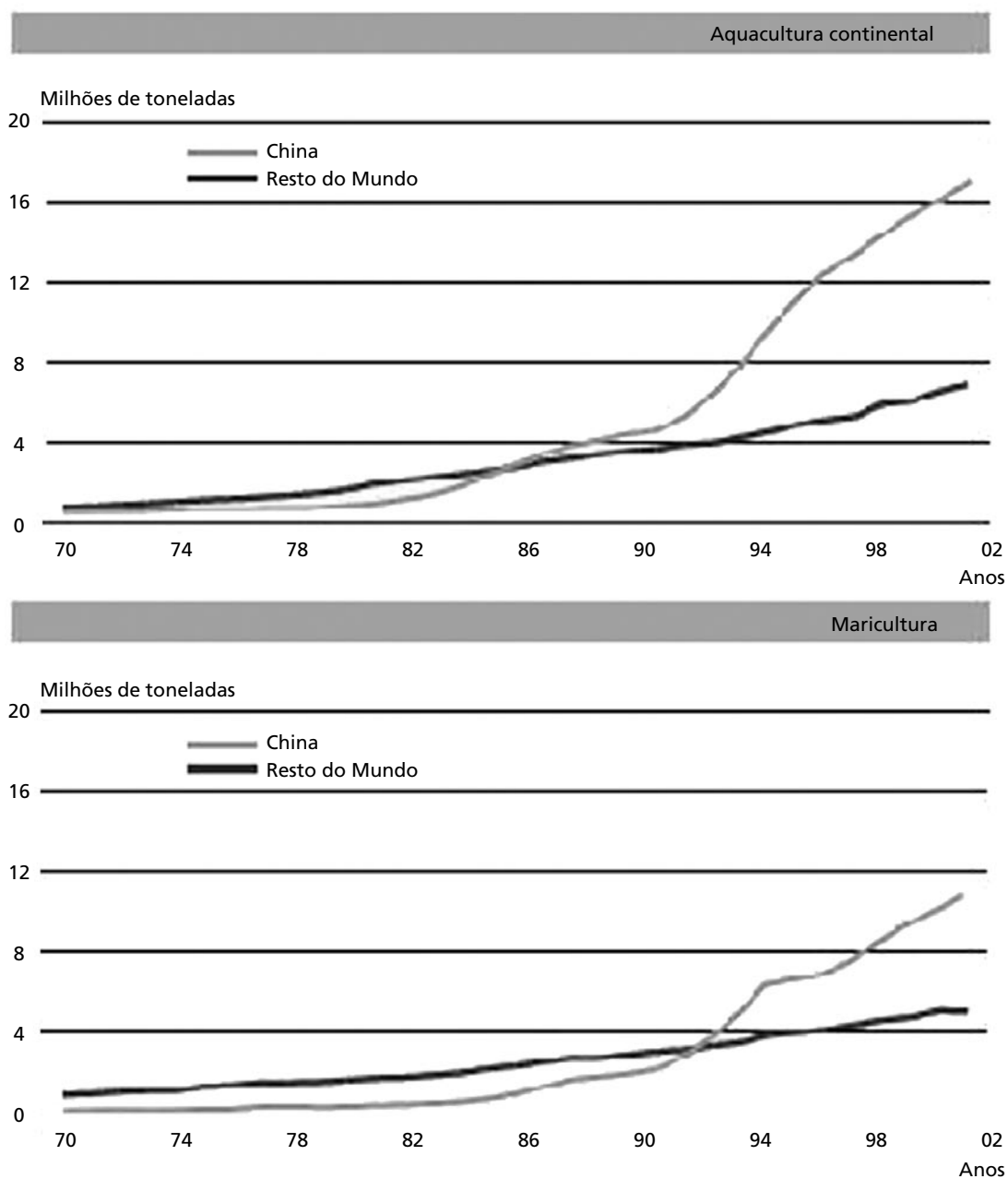
*alvarezii*) destinada à indústria química e alimentícia. O cultivo dessa alga ocorre de forma semelhante a dos mexilhões em estruturas flutuantes.

A produção mundial de organismos aquáticos cultivados era insignificante até a década de 1970. Após esse período houve um incremento contínuo da produção, principalmente devido à piscicultura, mitilicultura e algocultura. O início da década de 1990 é um marco na aquacultura mundial, com grande aumento na produção de pescados cultivados, como mostra a **Figura 11.2**; destaca-se o cultivo de peixes que, sozinhos, correspondem à metade de todo o pescado cultivado no mundo.



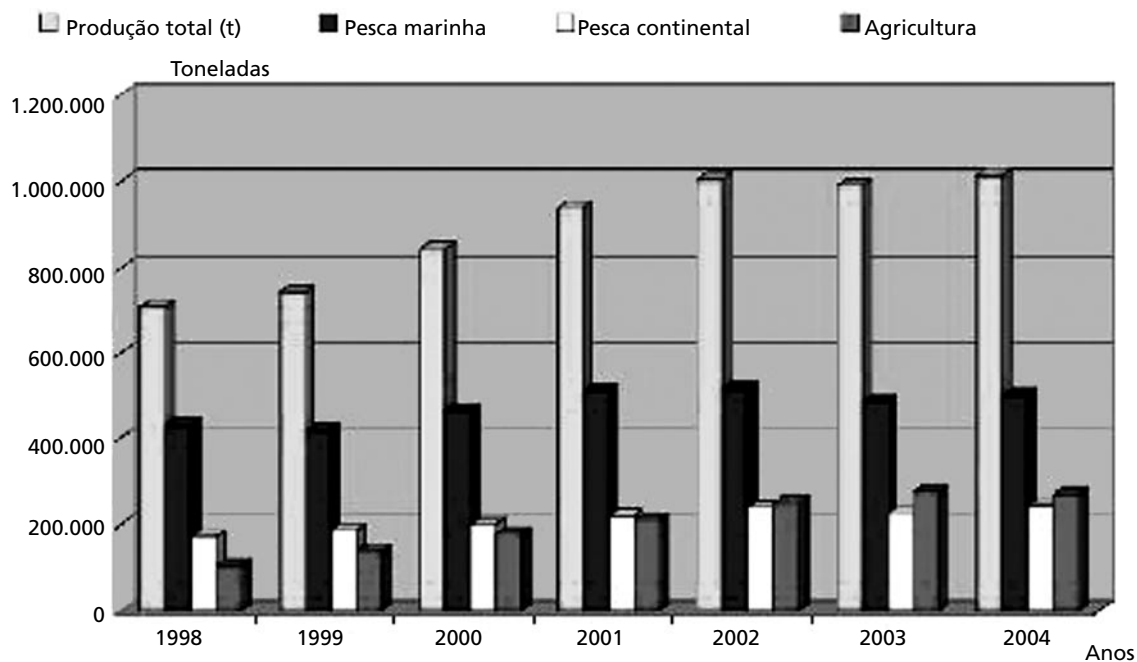
**Figura 11.2:** Produção pesqueira mundial, obtida por cultivo, segundo dados da FAO.

Ao analisar separadamente a produção da aquacultura continental e a produção da maricultura, você pode observar, pela **Figura 11.3**, que o cultivo de organismos em corpos d' água continentais é superior. A maricultura mundial vem tendo um aumento gradativo, chegando, recentemente, a valores da ordem de cinco milhões de toneladas por ano (excluindo-se a China), enquanto em águas interiores alcança o montante de cerca de sete milhões de toneladas (também excluindo a China). Ao incluirmos a China na análise, notamos o grande aumento da produção do início dos anos 1990, com valores aproximados de 17 milhões de toneladas anuais.



**Figura 11.3:** Produção pesqueira mundial obtida por cultivo, separada em aquacultura continental e maricultura, segundo dados da FAO.

A produção pesqueira brasileira tem aumentado nos últimos anos, mantendo-se estável em torno de um milhão de toneladas por ano. Esse acréscimo na produção nacional se deve a aquicultura, já que a pesca marinha permanece constante, oscilando em torno de 500 mil toneladas por ano, e a pesca continental em 200 mil toneladas por ano, como mostra a **Figura 11.4**.



**Figura 11.4:** Produção pesqueira brasileira recente (em toneladas) obtida por captura e aquicultura, segundo dados do IBAMA.



## ATIVIDADE

1. Você já deve ter verificado que em nossa disciplina sempre procuro propor uma atividade que aproxime o conteúdo da aula do seu cotidiano. Este procedimento tem por objetivo mostrar que o assunto que tratamos está ligado diretamente ao seu dia-a-dia, e à sua cidade e região.

Para esta atividade você vai pesquisar se na sua região existe algum tipo de cultivo de organismo aquático. Caso exista, seria interessante você fazer uma visita ao local de cultivo e aproveitar para obter informações complementares a esta aula.

Após a realização da pesquisa, descreva o que você observou e justifique a opção do criador pela escolha da espécie e pelo modo de cultivo. Relacione o que você observou com as características ambientais da sua região.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## RESPOSTA COMENTADA

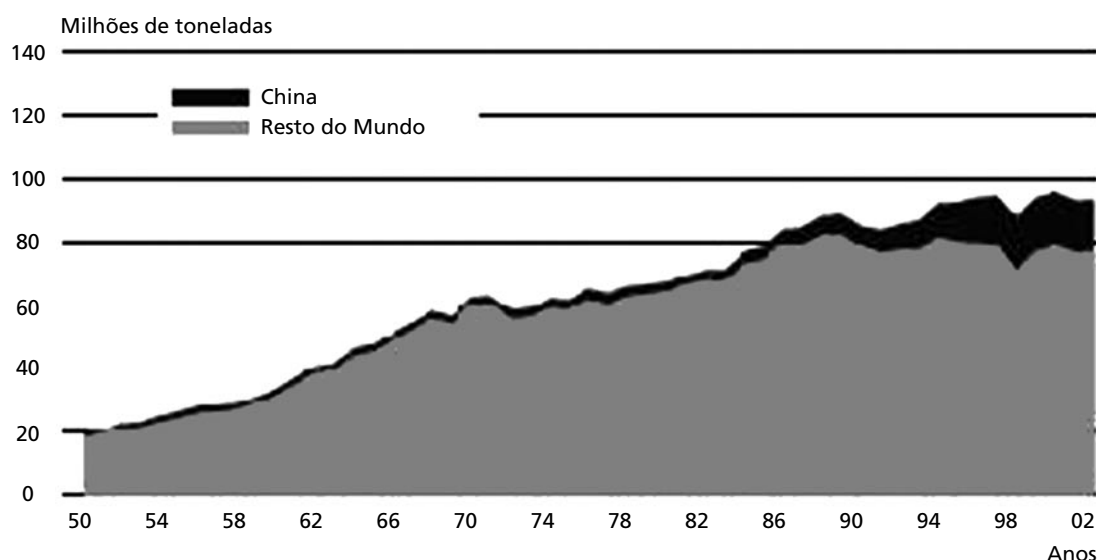
*Esta atividade mostra que atualmente o estado do Rio de Janeiro não é um grande produtor de pescado proveniente de cultivo. Apesar disso, muito provavelmente, se você pesquisou direito, deve ter encontrado algum tipo de cultivo em pequena escala, na sua região.*

*Caso você more na região serrana do estado, existem inúmeros criatórios de truta-arco-íris, que é uma espécie de peixe exótica, originária da América do Norte. A temperatura mais baixa e os rios de corredeiras com águas limpas e alto teor de oxigênio dissolvido privilegiam, na serra, a atividade de truticultura em tanques de concreto. Se você mora no sul do estado, próximo ao litoral, possivelmente a mitilicultura ou a ostreicultura serão os cultivos encontrados. A costa com grande quantidade de baías e enseadas abrigadas, com águas quentes, são perfeitas para o desenvolvimento dessas atividades em estruturas flutuantes. As demais regiões do estado caracterizam-se pela existência de complexos lagunares, e a piscicultura de águas interiores é bastante presente. O cultivo de tilápias, peixes exóticos provenientes da África, e de outras espécies*

*de peixes para abate ou pesque-pague é muito comum, desenvolvido em tanques escavados na terra.*

*Como você deve ter percebido, a opção pelo tipo de cultivo depende basicamente da disponibilidade de águas limpas. Em regiões costeiras, predomina a maricultura, enquanto em áreas afastadas da costa, a aquacultura continental é a escolhida. Condições climáticas e características naturais dos corpos d'água também são condicionantes. Em áreas mais frias e lóticas (Aula 6), cultivam-se peixes de zonas temperadas; em áreas mais quentes e lênticas (Aula 6), espécies de zonas tropicais.*

Quando se retiram da produção pesqueira mundial os valores gerados pela aquacultura, as duas fases descritas anteriormente são mantidas, com o aumento gradativo até meados dos anos 1990 e a estabilização dos valores após esse período. A atividade pesqueira extrativa tem-se mantido equilibrada nas duas últimas décadas em cerca de 80 milhões de toneladas por ano, aumentando para próximo de 90 milhões de toneladas, ao se incluir a China a esses dados. Entretanto, existe uma pequena tendência de queda entre a maior alta, pouco antes dos anos 1990, e os dados mais recentes, como mostra a **Figura 11.5**.



**Figura 11.5:** Produção pesqueira mundial obtida por captura, segundo dados da FAO.

## A SUSTENTABILIDADE DA ATIVIDADE PESQUEIRA

A sustentabilidade da atividade pesqueira e, conseqüentemente, o conceito de recurso pesqueiro como renovável baseia-se principalmente no manejo eficiente desses recursos, objetivando a manutenção das capturas e evitando que ocorra a **SOBREPESCA**. Somente sendo a renovação do estoque maior do que o capturado, o recurso pode ser considerado renovável. Caso contrário, se a captura for demasiada, o recurso tende a colapsar, podendo inclusive extinguir a espécie explorada (Aula 10), tornando o recurso não renovável.

O meio empregado para se obter a sustentabilidade é o ordenamento das pescarias, que consiste em um conjunto de medidas orientadas para a utilização racional dos recursos pesqueiros, baseadas na Constituição Federal e em acordos internacionais com os quais o Brasil concorda e ratifica.

### **SOBREPESCA**

Declínio populacional de um determinado recurso pesqueiro explorado pela pesca extrativa em conseqüência de a taxa de renovação do recurso (nascimento) ser menor do que a de captura (morte).

A Constituição Federal brasileira de 1988 define os critérios básicos de uso dos recursos naturais em todo o território nacional, entre esses os recursos pesqueiros. Segundo a Constituição, no Art. 20, Os recursos vivos do Mar Territorial, da Plataforma Continental e da Zona Econômica Exclusiva integram os bens da União; no Art. 225, todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Ou seja: cabe ao Estado o papel de gestor dos recursos pesqueiros em benefício da sociedade, impedindo o livre acesso e restringindo o esforço de pesca, quando este se faz necessário.

Das medidas orientadas para a utilização sustentável dos recursos pesqueiros, baseadas em acordos e desenvolvidas por organizações internacionais, a principal delas é o Código de Conduta para a Pesca Responsável, elaborado pela FAO em 1995. Constan do Art. 6 desse código os seguintes itens:

6.1. Os estados e os usuários dos recursos aquáticos vivos deveriam conservar os ecossistemas aquáticos. O direito de pescar leva consigo obrigações de fazê-lo de forma responsável a fim de assegurar a conservação e a gestão efetiva dos recursos aquáticos vivos.

6.2. A ordenação da pesca deveria fomentar a manutenção da qualidade, da diversidade e disponibilidade dos recursos pesqueiros em quantidade suficiente para as gerações presentes e futuras, no contexto de

segurança alimentar, o alívio da pobreza e o desenvolvimento sustentável. As medidas de ordenamento deveriam assegurar a conservação não apenas de espécies-alvo, mas também daquelas espécies pertencentes ao mesmo ecossistema ou dependentes delas ou que estejam associadas a elas.

6.3. Os estados deveriam evitar a sobreexploração e o excesso de capacidade de pesca e deveriam aplicar medidas de ordenamento com o fim de assegurar que o esforço de pesca seja proporcional à capacidade de produção dos recursos pesqueiros e ao aproveitamento sustentável dos mesmos.

6.4. As decisões sobre conservação e ordenamento em matéria de pescarias deveriam estar baseadas nos dados científicos mais fidedignos possíveis, levando em conta também conhecimentos tradicionais acerca dos recursos e seu *habitat*, assim como os fatores ambientais, econômicos e sociopertinentes.

O ordenamento das pescarias faz uso de diversas estratégias de regulamentação, para controlar o esforço de captura, que incide sobre os recursos pesqueiros. Dentre eles podemos destacar:

- Limitação da frota – Controle do número de embarcações que capturam determinado tipo de pescado ou recurso pesqueiro.
- Limitação na eficiência e no tipo do petrecho – Restrições quanto ao tipo de aparelho de captura empregado nas pescarias.
- Defesos – Proibição da pesca. Podendo ser:
  - temporal: proibição da pesca em determinadas épocas do ano – ex.: períodos de reprodução ou migração.
  - espacial: proibição da pesca em determinadas áreas – ex.: manguezais ou unidades de conservação.
  - conjunto: proibição da pesca em uma determinada época do ano e em uma determinada área – ex.: proibição da pesca de camarão, em abril, na baía da Guanabara.
- Tamanho mínimo de captura de pescado – Proibição da pesca de determinados recursos menores que um certo tamanho. Ex.: proibido pescar camarão-rosa menor que 90 mm de comprimento.
- Rejeição por sexo ou estágio de maturidade – Proibição da pesca de machos ou fêmeas, ou de adultos ou jovens. Ex.: proibido capturar fêmeas de caranguejo.



- Cota máxima de captura – Proibição da pesca além de uma certa quantidade preestabelecida. Ex.: proibido capturar mais do que 600 t, por ano, de caranguejo-real.

Um dos maiores problemas no ordenamento da atividade pesqueira é a diversidade de tipos de pesca existentes e atuando sobre o mesmo recurso. Podemos categorizar a pesca em:

- Esportiva/ recreativa (amadora) – Quando a captura do pescado é feita por lazer ou esporte;
- Subsistência (amadora) - Quando a captura do pescado é feita para ser utilizado na alimentação, própria ou da família;
- Comercial (profissional) - Quando a captura do pescado é feita por motivos comerciais, visando à atividade econômica. Sendo subdividida em:
  - pequena escala (incluindo a artesanal);
  - média escala;
  - industrial.

Um bom exemplo para ilustrar a heterogeneidade das pescarias é a frota de arrasto para captura de camarão. As **Figuras 11.6 e 11. 7** mostram embarcações camaroneiras que capturam as mesmas espécies de camarão-rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis* e *F. paulensis*), na mesma região da costa norte paulista. A embarcação da **Figura 11.6** pesca as espécies em águas mais costeiras, capturando exemplares menores e de menor valor comercial. Os barcos da **Figura 11.7** atuam sobre os camarões em águas mais profundas e afastadas da costa, pescando indivíduos de maior tamanho, alto preço e destinados principalmente à exportação.



**Figura 11. 6:** Barco pesqueiro artesanal de arrasto camaroneiro do litoral norte paulista.



**Figura 11.7:** Barcos pesqueiros de arrasto camaroneiro do litoral norte paulista.

O camarão-rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis* e *F. paulensis*), capturado pela frota, que atua entre 40 e 120 metros de profundidade, no sudeste brasileiro, é de grande porte (ver **Figura 11.8**) e destinado em sua maioria ao mercado internacional. Esse camarão recebe um tratamento diferenciado no que se refere à conservação, armazenagem e manuseio a bordo da embarcação, pois alcança o preço de US\$ 25,00 por quilo. A frota que pesca na baía de Guanabara captura o mesmo camarão, só que entre quatro e vinte metros de profundidade. Na baía de Guanabara, esse pescado é conhecido como camarão-lixo devido ao seu tamanho reduzido, sendo comercializado no mercado local por US\$ 2,50 o quilo.



**Figura 11. 8:** Exemplar de camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) com 23cm de comprimento, capturado a 60 metros de profundidade no litoral norte paulista.

### ATIVIDADE



2. Nesta aula, você aprendeu que existem diferentes categorias de pesca. Nesta atividade, eu gostaria que você pesquisasse junto aos seus parentes próximos e vizinhos quais deles pescam habitualmente, por lazer ou esporte. Verifique quais deles possuem licença de pesca e averigüe se realmente existe a obrigatoriedade dessa licença na legislação.

---



---



---



---

---

---

---

---

---

---

---

#### **RESPOSTA COMENTADA**

*Provavelmente você deve ter verificado que muitas pessoas próximas pescam habitualmente. Essa pescaria se torna relevante devido à grande quantidade de indivíduos que a pratica. Outra coisa que você deve ter observado é que, provavelmente, nenhuma delas tenha licença de pesca amadora. Entretanto, a licença de pesca amadora é obrigatória em muitos casos. A medida é regulamentada pela Portaria Normativa do IBAMA nº 30, de 23 de maio de 2003, e determina que:*

*Art. 1 - Estabelecer normas gerais para o exercício da pesca amadora em todo o território nacional, inclusive competições e cadastros de entidades da pesca amadora junto ao IBAMA;*

*Art. 3 - Os pescadores amadores, inclusive os praticantes da pesca subaquática, obterão a Licença para Pesca Amadora mediante o pagamento de uma taxa, definida na legislação em vigor, a ser recolhida junto à rede bancária autorizada, em formulário próprio;*

*Art. 5 - Estão dispensados do pagamento da taxa da Licença para Pesca Amadora, os pescadores amadores pertencentes a uma das seguintes categorias:*

*I - Aposentados, maiores de 65 anos (homens) e 60 anos (mulheres) desde que não filiados às entidades referidas no art 2, de acordo com a legislação vigente;*

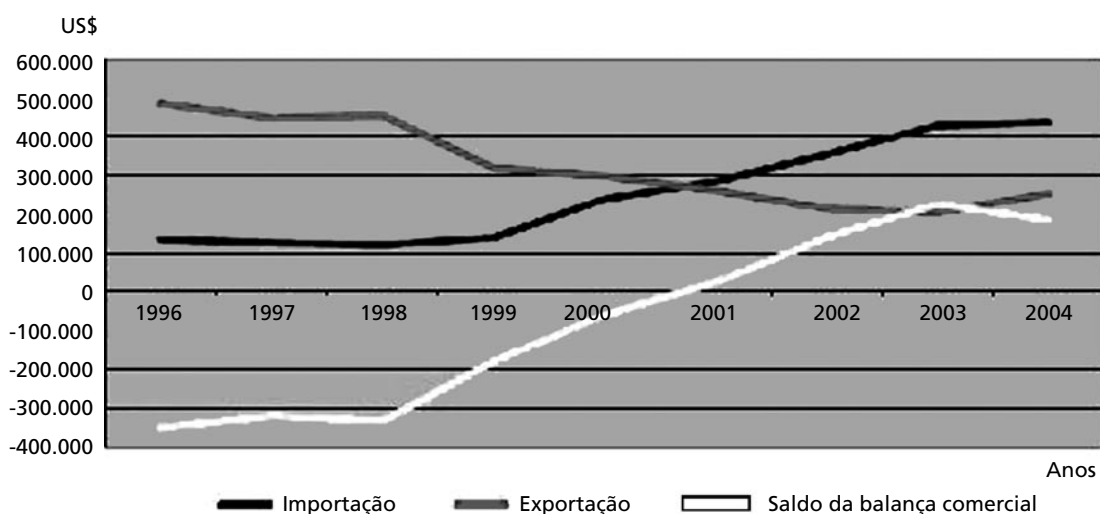
*II - Os pescadores amadores desembarcados que utilizarem, individualmente, linha de mão ou vara, linha e anzol.*

*III - Os menores de 18 anos, que não sejam filiados às entidades referidas no art 2, sem direito a transporte de pescado.*

*Parágrafo único - Aos pescadores amadores pertencentes às categorias definidas nos Incisos I e III fica facultado o direito de obtenção da Licença para Pesca Amadora nas classes Permanente (aposentados) ou Especial (menores), emitida junto a uma unidade do IBAMA.*

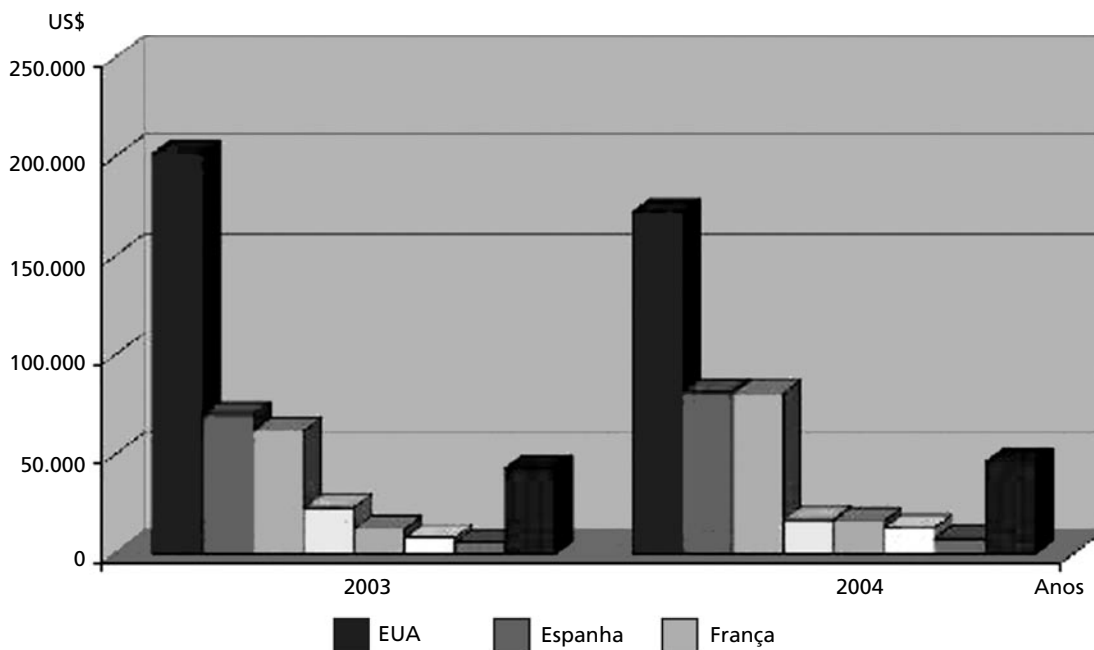
## BALANÇA COMERCIAL DE PRODUTOS PESQUEIROS

Um dos melhores indicadores de como está a atividade pesqueira em um determinado país, e qual a sua importância na economia local, é a análise do saldo da balança comercial. O saldo da balança comercial consiste na diferença, entre quanto um país importa e quanto exporta, de um dado produto. Até 2001, a balança comercial de produtos pesqueiros brasileiros era negativa, ou seja, o Brasil importava mais pescado do que exportava. Após essa data, houve uma inversão da balança, pois o Brasil passou a vender para o exterior mais produtos provenientes da pesca do que comprar. Nos últimos anos, o Brasil exportou cerca de US\$ 400.000,00 e importou US\$ 200.000,00, resultando em um saldo positivo da balança comercial, de aproximadamente US\$ 200.000,00, como mostra a **Figura 11.9**.



**Figura 11.9:** Balança comercial brasileira de produtos pesqueiros, segundo dados do IBAMA.

O Brasil tem como principal mercado consumidor dos produtos de origem pesqueira os Estados Unidos. Entretanto, a **Figura 11.10** mostra que, apesar de os Estados Unidos ainda serem o maior comprador, outros países, tais como a Espanha e a França, aumentaram a importação de produtos pesqueiros brasileiros.



**Figura 11.10:** Principais mercados compradores dos produtos pesqueiros brasileiros, segundo dados do IBAMA.

Você pode estar pensando que a balança comercial brasileira ficou positiva porque o Brasil diminuiu a quantidade de produtos de pescado comprados no exterior. Entretanto, a **Figura 11.11** mostra que não foi isso o que aconteceu. Ao comparar os valores comprados dos três maiores fornecedores de pescado ao Brasil (Noruega, Argentina e Chile), você pode verificar que a quantidade de pescado comprado aumentou. Ou seja, a inversão da balança comercial brasileira se deve ao fato de o Brasil ter-se tornado mais competitivo no mercado internacional no que diz respeito ao comércio de produtos pesqueiros.

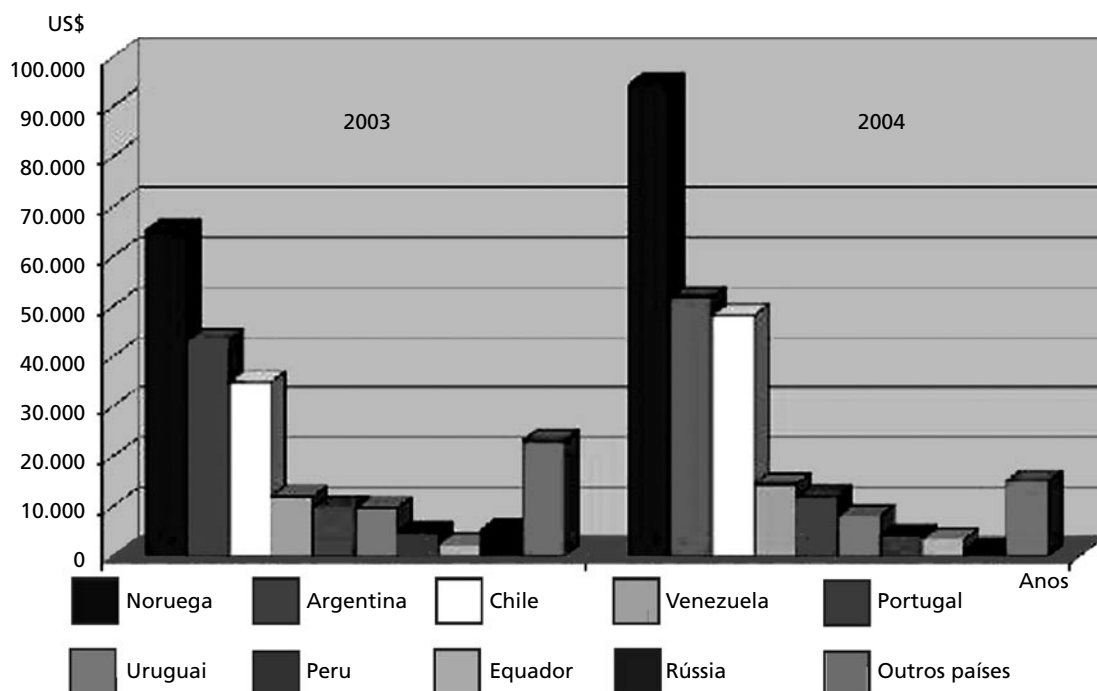


Figura 11.11: Principais mercados fornecedores de produtos pesqueiros ao Brasil, segundo dados do IBAMA.

## CONCLUSÃO

Os recursos pesqueiros só podem ser considerados renováveis se forem explorados de forma sustentável. A sustentabilidade da atividade pesqueira baseia-se principalmente no manejo eficiente desses recursos, objetivando a manutenção contínua das capturas e evitando que ocorra a sobrepesca. Somente com a renovação do estoque, maior do que o que é capturado, o recurso pode ser considerado renovável. Caso contrário, se a captura for demasiada, o recurso tende a colapsar, podendo inclusive extinguir a espécie explorada, tornando o recurso não renovável. A aquacultura tem-se mostrado como uma boa alternativa para diminuir a pressão sobre os recursos pesqueiros naturais, colaborando com a renovação desses recursos.

## ATIVIDADE FINAL

Como foi mostrado nesta aula, o Brasil inverteu o saldo da balança comercial de pescado, exportando mais do que importando. Nesta atividade, eu gostaria que você fosse até um supermercado ou peixaria grande e registrasse quais os pescados disponíveis são provenientes de outros países. Com a lista desses pescados importados, retorne à **Figura 11.11** e observe quais são os principais

países fornecedores e me responda: se o Brasil produz pescado em quantidade suficiente para exportar, por que continuamos importando?

---

---

---

---

---

---

---

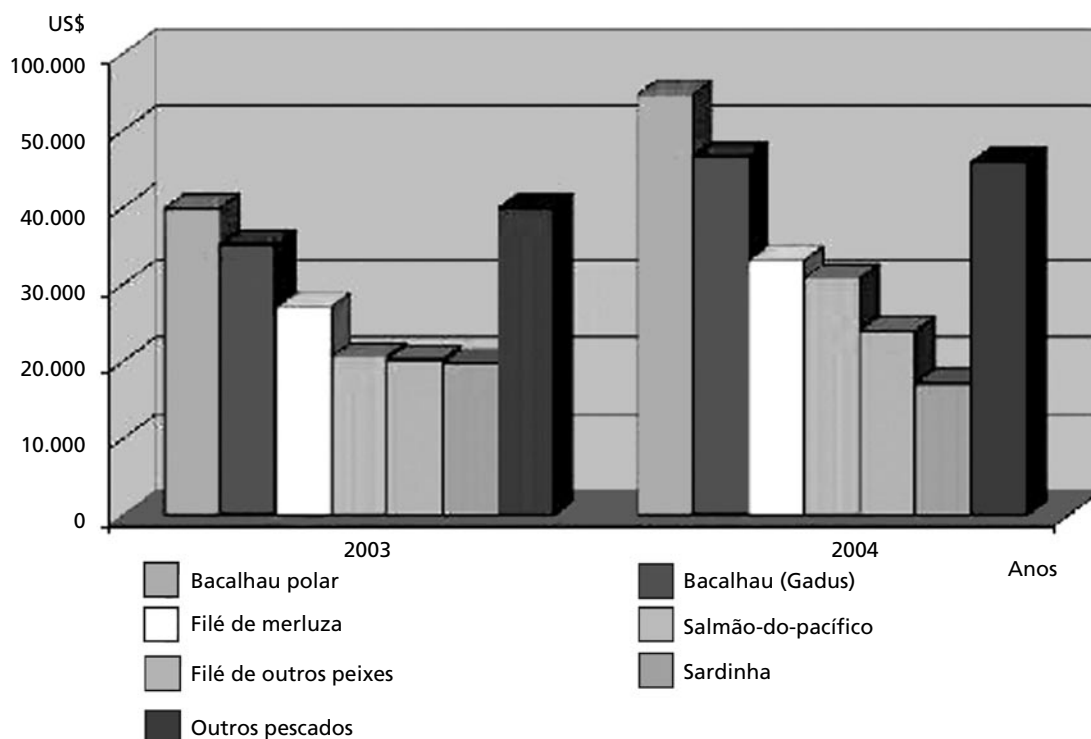
---

---

---

#### RESPOSTA COMENTADA

Como você pôde ter verificado na **Figura 11.11**, os principais países fornecedores de pescado ao Brasil são a Noruega, a Argentina e o Chile. A sua pesquisa na peixaria deve ter indicado que os pescados importados disponíveis nas prateleiras eram o bacalhau da Noruega, a merluza da Argentina e o salmão do Chile. Ou seja, a importação de produtos pesqueiros independe da auto-suficiência na produção de pescado, refletindo a procura por produtos diferenciados associados a culinárias específicas. Esta procura é confirmada ao se observar a **Figura 11.12**, que mostra os principais produtos pesqueiros importados pelo Brasil, entre 2003 e 2004.



**Figura 11.12:** Principais produtos pesqueiros importados pelo Brasil, segundo dados do IBAMA.



**RESUMO**

Os recursos pesqueiros são constituídos por qualquer organismo que possa ser extraído da água (doce, salgada e/ou estuarina), seja por meio de pesca extrativa, seja por meio de cultivo. A atividade de cultivo aquático pode ser: generalizada, como aquacultura; ou distinta, em maricultura, ao se referir à criação de organismos marinhos. A aquacultura pode ser categorizada em piscicultura (cultivo de peixes), carcinocultura (cultivo de crustáceos), mitilicultura (cultivo de mariscos), ostreicultura (cultivo de ostras) ou algocultura (cultivo de algas).

A pesca extrativa mundial tem sido mantida em patamares estáveis, mas nos últimos anos tem apresentado uma ligeira tendência de queda. A sustentabilidade dos recursos pesqueiros tem sido proposta através de medidas de ordenamento, tomando por base o Código de Conduta da Pesca Responsável, da FAO, que gera uma série de estratégias de regulamentação. Essas estratégias são necessárias para orientar a atividade pesqueira, que pode ser dividida em diferentes pescarias, desde a pesca amadora a diversas categorias profissionais. Recentemente, o Brasil inverteu o saldo da balança comercial de produtos de pescado, exportando mais do que importa. Entretanto pescados diferenciados utilizados em culinárias específicas continuam sendo importados freqüentemente.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, veremos o problema da poluição e a importância da conservação dos ecossistemas aquáticos. Mantenha ao seu lado as aulas deste volume, pois continuaremos a utilizá-las. Até a décima segunda, e última, aula.



## Poluição e conservação dos ambientes aquáticos

### Meta da aula

Apresentar as principais fontes de contaminação dos ambientes aquáticos naturais, mostrando qual a sua origem, interações e como fazer para evitá-las.

## objetivos

Ao final desta aula, você deverá:

- verificar, por meio de experimento, que o problema da contaminação dos ambientes aquáticos aumenta em função da concentração dos poluentes e diminui com a diluição e renovação da água desses corpos d'água;
- constatar, por meio de experimento, que nos ambientes aquáticos a dispersão dos poluentes pode ser prejudicial ao ambiente, pois aumenta o alcance destes às áreas distantes do local de lançamento, embora possa ser benéfica, pois aumenta a diluição e diminui o risco potencial dos contaminantes;
- apontar, por meio de experimento, que todos nós somos responsáveis por evitar a poluição e cuidar dos ecossistemas aquáticos, seja com o papel de educadores, replicando o conhecimento seja como cidadãos, contribuindo com atitudes pessoais.

## INTRODUÇÃO

### LENÇOL FREÁTICO

Termo proveniente do grego *phréar*, que significa reservatório de água. Nome dado a água subterrânea originada de chuvas, rios, lagos e degelos de neve, que se infiltra no solo, ocupando, juntamente com o ar, os espaços vazios, porosos e permeáveis entre os fragmentos das rochas e do solo. O lençol freático penetra no solo até encontrar um maciço rochoso ou solo quase impermeável, como o argiloso, onde se deposita e serve de leito para o fluxo de água subterrânea.

### CHORUME

Líquido de elevada acidez, que se origina pela decomposição da matéria orgânica nos depósitos de lixo. Este líquido geralmente atinge os corpos d'água e necessita de grande quantidade de oxigênio para se decompor.

Os ambientes aquáticos são o destino final da grande maioria dos resíduos gerados pela atividade humana, seja pelo descarte direto, como o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento, seja pela contaminação do **LENÇOL FREÁTICO** por **CHORUME** de aterros sanitários mal planejados, seja pelo carreamento de poluentes levados pelas chuvas aos rios e desses para os mares. Além dos despejos contínuos lançados em pequenas concentrações e por longos períodos (poluição crônica), os acidentais (escoamentos concentrados e por um curto período de tempo) invariavelmente também acabam nos corpos d'água, como os derramamentos de petróleo (poluição aguda). Esse aporte artificial de compostos estranhos ao ambiente pode ter consequências catastróficas, comprometendo a saúde dos ecossistemas e a integridade ambiental, sendo mais problemático em ambientes semifechados com reduzida taxa de renovação de água como estuários, baías e lagos.

**A poluição dos ambientes aquáticos tem aumentado proporcionalmente ao crescimento das fontes contaminadoras, da população mundial, industrialização, insumos químicos na agricultura e, principalmente, pelos altos índices de consumo da sociedade contemporânea.**

Os distúrbios ambientais resultam geralmente em quedas na diversidade biológica nos locais afetados. Essa redução no número e na abundância das espécies reflete a morte ou a migração das espécies mais vulneráveis e no privilégio de espécies mais resistentes e pouco especializadas, capazes de rápida colonização, chamadas oportunistas. Outro tipo de resposta à poluição decorre de efeitos individuais como quedas no crescimento e peso além de anomalias como deformações no corpo, entre outras.

Podemos agrupar os poluentes em categorias quanto ao tempo de permanência no ambiente e a sua origem:

- I. Não-conservativos – substâncias biodegradáveis com baixo tempo de residência no ambiente natural, sendo sujeitas à degradação por atividade microbiana, como os compostos orgânicos.
- II. Facilmente dissipáveis – elementos com perda rápida da toxicidade após o contato com o ambiente aquático, tendo o efeito muito localizado, como os óleos.
- III. Conservativos – não são degradados pela atividade microbiana, permanecendo por longos períodos no ambiente, como a radioatividade e os metais pesados.

IV. Resíduos sólidos – são todos os subprodutos sólidos derivados da atividade humana, tais como os sacos plásticos.

## POLUIÇÃO POR COMPOSTOS ORGÂNICOS

A poluição por compostos orgânicos resulta de rejeitos ricos em substâncias orgânicas (compostos com carbono, nitrogênio e fósforo) provenientes de esgotos domésticos, algumas indústrias e atividades agropecuárias, como mostra a **Figura 12.1**. Esses poluentes orgânicos são degradados pela ação microbiana e transformados em moléculas inorgânicas, processo conhecido como mineralização. Na presença de oxigênio acontece a oxidação, quando durante esse processo ocorre o consumo do oxigênio dissolvido na água e a produção de  $\text{CO}_2$ . Quando a carga orgânica está muito concentrada e é superior à capacidade de degradação do meio, esta tende a se acumular, ocorrendo a **EUTROFICAÇÃO**.



**Figura 12.1:** Lançamento de esgoto doméstico sem tratamento misturado a águas fluviais, na baía de Guanabara (RJ).

### EUTROFICAÇÃO

Processo natural (como a ressurgência mostrada na Aula 5) ou artificial (descartes orgânicos) que ocorre nos ecossistemas aquáticos resultante do aumento das taxas de produção primária, e biomassa, em consequência do incremento na concentração de nutrientes, tais como nitrogênio e fósforo. A eutroficação (ou eutrofização) natural é geralmente lenta, gradual e contínua, em decorrência do aporte de nutrientes carreados pelas chuvas, correntes etc. ou artificial com origem antrópica; derivada de efluentes domésticos, industriais e agrícolas, podendo ser rápida e pontual ou progressiva.

A eutroficação resulta na proliferação de fitoplâncton, algas filamentosas e vegetais aquáticos superiores que utilizam os nutrientes inorgânicos e o gás carbônico dissolvido na água para fotossíntese. Junto com o aumento populacional destes vegetais crescem espécies herbívoras e todo o resto da cadeia alimentar (Aula 5). Como consequência, a transparência da água diminui e ocorre excesso na produção de detritos orgânicos que sedimentam no fundo. O ecossistema aquático, então, passa a produzir mais matéria orgânica do que consegue consumir e decompor. O oxigênio dissolvido diminui e logo os compostos orgânicos não degradados são mineralizados por bactérias anaeróbicas por um processo que é bem mais lento do que a mineralização oxidativa e tem como produto final produtos tóxicos como os gases sulfúrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amônio ( $\text{NH}_4$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ). A produção desses compostos tóxicos é fatal para os peixes e demais organismos que acabam morrendo, gerando mais detritos orgânicos e aumentando a eutrofização.

Uma das maiores fontes de nutrientes são os resíduos dos produtos de limpeza doméstica. Os detergentes biodegradáveis contêm compostos à base de fósforo e carbono e, em muitos locais, são as principais fontes de substâncias orgânicas responsáveis pela eutrofização.

A poluição por compostos orgânicos decorrentes dos esgotos domésticos apresenta, além do risco ao meio ambiente, um problema de saúde pública. Os despejos orgânicos residenciais não tratados têm como principal componente excrementos humanos. Consequentemente, a possibilidade de este conter fezes com microorganismos causadores de doença (patogênicos) é muito grande. Destes, o vírus da hepatite e a bactéria *Salmonella* são os mais frequentes. Devido a esse problema, a balneabilidade (uso da água para banho) das praias é verificada através do controle da presença e do número de bactérias do grupo coliformes, que são associadas às fezes humanas, e são indicadores de esgoto *in natura* na água.

## **POLUIÇÃO POR PETRÓLEO E DERIVADOS**

O aumento crescente do uso do petróleo e derivados para combustível e matéria-prima para a indústria química tem feito com que a exploração de poços em ambientes aquáticos tenha sido estimulada.

Como resultado disso, vazamentos causados por acidentes na exploração, refino ou transporte desses produtos têm sido constante, despejando no ambiente hidrocarbonetos, ácidos graxos, enxofre, metais pesados e diversas outras substâncias presentes no petróleo. Além disso, o incremento da indústria naval com seus terminais marítimos também contribui para o despejo de óleos na água seja pela lavagem de tanques ou por pequenos e constantes descartes de óleo, como pode ser visto na Figura 12.2.



**Figura 12.2:** Exemplo de despejo accidental de derivados de petróleo sem tratamento na baía de Guanabara (RJ). Observe o brilho na superfície da água pelo óleo vindo dos barcos de pesca.

Os óleos no ambiente aquático podem evaporar, afundar, solubilizar ou biodegradar. O tempo com que cada processo pode ocorrer vai depender de variáveis físicas, químicas e biológicas do ecossistema afetado. Entre os efeitos causados pela poluição por petróleo e derivados está a morte de plantas de manguezal, comunidades bentônicas recifais e de areia, peixes, aves e mamíferos aquáticos. O óleo sufoca os organismos, obstruindo as raízes, vias aéreas, brânquias e estruturas de filtração. Mesmo nos organismos sobreviventes, os hidrocarbonetos

acabam sendo absorvidos e se acumulam em órgãos como o fígado com efeitos tóxicos, principalmente os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH), que são bastante tóxicos.

Um dos maiores acidentes causados por vazamento de petróleo em navios foi com o superpetroleiro americano Exxon Valdez, em março de 1989, quando este se chocou contra rochas no sul do Alasca, na entrada da baía Prince William. Até o vazamento ser controlado foram derramados cerca de 40 milhões de litros de óleo no mar. O acidente mobilizou especialistas do mundo todo, que colaboraram para reduzir os efeitos do derramamento. Mesmo assim, morreram mais de 33 mil aves, além de mamíferos marinhos, peixes, crustáceos e inúmeros outros animais, cobertos pelo óleo ou intoxicados. Somado ao dano ambiental, ocorreu um enorme prejuízo socioeconômico, com a interrupção da pesca na região. As previsões otimistas estimaram em 20 anos o tempo mínimo necessário para que os efeitos do acidente fossem suavizados e então restabelecidas as condições ambientais anteriores.

### ATIVIDADE



1. Como foi mostrado ao longo dessa disciplina, os corpos d'água possuem características próprias e respondem de forma distinta à poluição. Nesta atividade experimental, você vai poder observar como um mesmo poluente tem efeitos variados em ecossistemas aquáticos de tamanhos diferentes. Siga os procedimentos e lembre-se de reunir todos os itens necessários antes de iniciar o experimento.

Para esta atividade, você vai necessitar dos seguintes itens:

- dois copos de vidro;
- duas colheres pequenas;
- um conta-gotas;
- uma caneta que escreva em vidro;
- duas tiras de papel de tornassol para medir o pH, que você pode comprar em loja de aquário;
- 150 ml de água;
- vinagre branco diluído (1 ml de vinagre diluído em 9 ml de água).

Procedimentos:

1. Identifique os copos e as colheres com a caneta (A e B) e coloque uma tira de papel de tornassol em cada um;



2. Ponha 50 ml de água no copo A e 100 ml no copo B;
3. Coloque uma gota de vinagre branco diluído em cada copo, cuidando para não pingar diretamente sobre a tira de papel; misture cada qual com a sua colher;
4. Observe se o papel de tornassol muda de cor, repita a operação até que isso ocorra. Não se esqueça de contar o número de gotas necessárias para que as diferentes tiras mudem de cor.

Nesta atividade, vamos considerar o vinagre diluído como um poluente de origem antrópica (um efluente industrial, por exemplo), cada tira de papel de tornassol como uma comunidade biológica (peixes, por exemplo), o momento em que o papel de tornassol muda de cor como a morte do peixe, e os copos de água como ecossistemas aquáticos (uma lagoa, por exemplo). Ao concluir o experimento, descreva o que você observou, registrando quantas gotas cada copo recebeu e qual deles mudou de cor primeiramente. Justifique os fatos ocorridos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### RESPOSTA COMENTADA

*Pelo experimento, você pôde verificar que o peixe do ambiente com menor quantidade de água (50 ml) sofreu os efeitos do efluente industrial e morreu mais rapidamente que o de maior volume de água (100 ml). A quantidade de gotas necessárias para que o pH da água dos copos mudasse pela ação do vinagre foi quase que o dobro entre os dois copos. Ou seja, se a mesma quantidade de poluentes for lançada em duas lagoas distintas, os peixes só morrerão quando a concentração desse poluente chegar a uma determinada concentração que está relacionada à diluição deste poluente no volume de água da lagoa, caso não tenha havido renovação da água desses copos. Mas se o lançamento desse poluente for constante, a tendência é que, independentemente do tamanho do ambiente, a continuidade de despejo alcance concentrações prejudiciais à comunidade biológica local.*

## POLUIÇÃO POR PESTICIDAS

Pesticidas são o conjunto de produtos empregados no combate e prevenção de organismos nocivos a atividades agropecuárias (pragas). Podem ser bactericidas, fungicidas, inseticidas, herbicidas e outros. O uso contínuo de pesticidas tem feito aparecerem, como consequência, pragas mais resistentes; em decorrência disso, a cada dia tem-se aumentado a quantidade e a variedade de pesticidas aplicados. Basicamente, são organoclorados com reduzida capacidade de degradação microbiana e grande aptidão à **BIOACUMULAÇÃO**. São caracteristicamente muito voláteis, sendo a dispersão aérea responsável por cerca de 80%, enquanto a carregada pelos corpos d'água, menos de 20%. A dispersão atmosférica tem, como consequência, atingir regiões muito distantes dos locais de lançamento, sendo registrados pesticidas em regiões polares.

### BIOACUMULAÇÃO

Processo no qual determinadas substâncias são acumuladas em tecidos vivos. Os organoclorados são insolúveis em água e muito solúveis em lipídeos, tendendo a bioacumular em tecidos adiposos. As espécies carnívoras, que se alimentam de outros animais, são as mais afetadas pela bioacumulação, pois podem concentrar as substâncias acumuladas pelas suas presas.

O DDT (Diclorodifeniltricloroetano) é o mais famoso dos pesticidas proibidos. Inseticida de baixo custo e alta persistência no ambiente, foi bastante utilizado no Brasil e em todo o mundo em cultivos de arroz, algodão, soja e outros. Nas décadas de 1940 e 1950 foi largamente empregado no combate a doenças relacionadas a mosquitos *Anopheles*, tais como malária e febre amarela. Entretanto, nos anos 1970, estudos mostraram sua extrema toxicidade para quase todas as espécies animais. Dentre os riscos à saúde, é cancerígeno, contamina alimentos, causa danos neurológicos, respiratórios, cardiovasculares, teratogênicos (causa má-formações no feto) e é tóxico para o sistema reprodutivo (causa disfunções sexuais, abortos e infertilidade). O DDT foi incluído, em 2001, no Convênio de Estocolmo, sobre Contaminantes Orgânicos Persistentes. O convênio autoriza o uso de DDT exclusivamente contra vetores de enfermidades, sob orientações da Organização Mundial da Saúde. A persistência ambiental e capacidade de dispersão é tão grande que já foi encontrado no leite materno de populações isoladas no Ártico e em ovos de pingüins na Antártida. O DDT interfere na deposição de cálcio durante a formação de ovos das aves, tornando as cascas finas, que se quebram com o peso dos pais, ao serem chocados.

## POLUIÇÃO POR METAIS PESADOS

Os metais pesados são os elementos metálicos com densidade maior que 5g ml<sup>-1</sup>. Nem todo metal pesado é necessariamente tóxico; o ferro (Fe), por exemplo, é um micronutriente; entretanto, outros tais, como mercúrio (Hg), chumbo (Pb), zinco (Zn) e cádmio (Cd) são muito tóxicos, mesmo em concentrações muito reduzidas. Contudo, todos os metais são tóxicos e letais em concentrações muito elevadas. Os metais são incorporados principalmente pela ingestão de alimentos contaminados com eles.

Os metais pesados podem ser disponibilizados, no meio ambiente, de forma natural, como consequência de atividades sísmicas, vulcânicas ou desgaste natural de rochas ou, artificialmente por atividades humanas. Neste caso, o mesmo metal pode ser originado por diferentes fontes poluidoras. O mercúrio, por exemplo, é eliminado pelas indústrias, químicas e de eletroeletrônicos, agroindústrias e atividades mineradoras.

Tintas antiincrustantes usadas para retardar a adesão de organismos, tais como as cracas, em cascos de embarcações, pilares de pontes, turbinas de hidroelétricas, entre outras, podem ser a base de cobre (Co) e mercúrio (Hg) e contribuem com a contaminação aquática por metais, tendo sofrido restrições em todo o mundo.

Na baía de Minamata, no Japão, em 1953, inúmeras pessoas morreram envenenadas pelo consumo de pescados marinhos contaminados por mercúrio lançado por uma indústria costeira. As consequências dessa contaminação foram constatadas até a década de 1970, com nascimento de fetos com má-formações.

### ATIVIDADE



2. Como você tem aprendido nesta aula, as mesmas substâncias podem ser benéficas ou prejudiciais ao mesmo ambiente. Isso vai depender da concentração com que elas se apresentam. Além do volume de água do ecossistema que recebe essas substâncias, outro fator muito importante que influencia a concentração é a dispersão com que essas substâncias são diluídas. Nesta atividade experimental, você vai representar como um poluente pode se dispersar e as implicações dessa dispersão. Siga os procedimentos desse experimento que, futuramente, poderá ser feito com seus alunos. Lembre-se de reunir todos os itens necessários antes de iniciá-lo.

Você vai necessitar dos seguintes itens:

- três conta-gotas;
- uma assadeira de vidro;
- um azulejo branco;
- água suficiente para encher metade da assadeira;
- cerca de 50 ml de tinta guache azul diluída em água.

Procedimentos:

1. Cubra metade da altura da assadeira com água;
2. Pegue uma amostra da tinta guache diluída e coloque na extremidade do azulejo como um indicador da concentração padrão do poluente;
3. Despeje a tinta diluída em uma extremidade da assadeira (simulando um lançamento de poluente) tomando cuidado para não agitar a água;
4. Imediatamente após o despejo recolha com o conta-gotas uma pequena amostra da água junto ao local do lançamento, e com o outro conta-gotas outra amostra só que em um ponto no extremo oposto da assadeira;
5. Coloque as duas amostras, lado a lado, sobre o azulejo e compare a tonalidade do azul com a amostra padrão;
6. Agite a água da assadeira e repita a amostragem, coletando água nos mesmos pontos anteriores.

Nesta atividade, vamos considerar a tinta guache azul como um poluente de origem industrial (um derramamento de petróleo, por exemplo), a assadeira como uma lagoa ou baía estuarina, a amostra coletada pelo conta-gotas como um indicador da qualidade local da água do ecossistema aquático e a agitação da assadeira como o movimento natural das águas do ecossistema. Ao concluir o experimento, observe a coloração das amostras e verifique qual tonalidade se aproxima mais da amostra padrão. Justifique os fatos ocorridos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Você deve ter observado que na primeira amostragem a coloração da água junto ao lançamento está mais semelhante à amostra padrão do que a do lado oposto. Isso quer dizer que a concentração do poluente está mais elevada (menos diluída) na região do lançamento. Após a movimentação das águas, toda a lagoa (baía) está com a tonalidade das amostras mais claras do que o*

*padrão, mas semelhante entre si, ou seja, houve o espalhamento e diluição do poluente. Esse experimento mostra que a dispersão dos poluentes pelos movimentos naturais das águas pode ser prejudicial ao ambiente, pois aumenta o alcance destes às áreas distantes do local de lançamento. Entretanto esse espalhamento aumenta a diluição e diminui o risco potencial dos contaminantes.*

## **POLUIÇÃO POR RADIOATIVIDADE**

A poluição por radioatividade consiste na contaminação do meio ambiente natural por elementos químicos que apresentam isótopos instáveis (radioativos) ou radioisótopos que emitem prótons ou nêutrons. Essa emissão pode ser natural proveniente de jazidas de elementos radiativos ou por lançamento de lixo radioativo oriundo de hospitais, laboratórios de pesquisa, usinas nucleares, testes com armas atômicas ou vazamentos acidentais. A radiação excessiva tem efeitos cancerígenos principalmente em mamíferos. O Rio de Janeiro possui as únicas usinas nucleares do Brasil e umas das poucas usinas nucleares em região costeira no mundo. Angra I e Angra II ficam localizadas no sul do estado, no município de Angra dos Reis, e têm a captação de água do mar como forma de resfriamento dos seus sistemas. Felizmente por enquanto não se teve notícia de nenhum vazamento de material radioativo que pudesse contaminar o ambiente costeiro no local.

## **POLUIÇÃO POR DETRITOS SÓLIDOS**

Esta categoria de poluição por detritos sólidos contempla os objetos manufaturados, não biodegradáveis, lançados nos ambientes aquáticos, principalmente resíduos plásticos. Esses materiais chegam aos corpos d'água levados pelas chuvas ou rejeitados diretamente por embarcações. Estima-se que cerca de 110 mil toneladas de resíduos sejam lançados anualmente por embarcações da marinha mercante e 340 mil toneladas por barcos pesqueiros. Destas 340 mil toneladas, 100 mil são petrechos de pesca perdidos no mar, como pedaços de redes, cabos com

anzóis e armadilhas. Esses detritos tendem a se acumular em ambientes com menor circulação de águas, como baías, lagos e manguezais como exemplificado na Figura 12.3.



**Figura 12.3:** Manguezal na baía de Guanabara (RJ), mostrando a poluição por detritos sólidos.

## QUALIDADE AMBIENTAL DOS AMBIENTES AQUÁTICOS

No Brasil a qualidade da água, ou seja, o grau de contaminação e adequação ao uso que os ambientes aquáticos apresentam tem os padrões estabelecidos pela resolução nº 357, do Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 2005. Entretanto, no Brasil a prevenção e repressão à poluição aos corpos d'água é muito mais antiga. A primeira regulamentação sobre o assunto foi o Decreto nº 447, de 19 de maio de 1846, com a rubrica de Sua Majestade o Imperador Dom Pedro II, que no Artigo 52 dispunha sobre o descarte e limpeza de embarcação nos portos:

He prohibido embarcar, ou desembarcar lastro durante a noite, e igualmente lançalo ao mar no mesmo ancoradouro, e da mesma forma a varredura do porão em ocasião de limpeza; o contraventor no primeiro caso será sujeito a huma multa de cincoenta mil reis, e no segundo, além da multa de cem mil reis a hum conto de reis, será prezo de hum até trinta dias, conforme a gravidade do caso.

## CONCLUSÃO

Os ecossistemas aquáticos são o destino final da grande maioria dos resíduos gerados pela atividade humana, seja pelo descarte direto de dejetos, pelo carreamento destes poluentes levados pelas chuvas e rios ou por despejos acidentais. Esse problema tende a aumentar proporcionalmente ao incremento do consumo. Somente com a conscientização de que todos nós somos responsáveis por evitar a poluição e cuidar dos ecossistemas aquáticos, o problema pode ser tratado.

## ATIVIDADE FINAL

Uma das principais categorias de poluição é a causada por detritos sólidos. Esta categoria contempla os objetos manufaturados, lançados ou carreados para os ambientes aquáticos, principalmente resíduos plásticos. Nesta atividade de campo você vai verificar como esse problema faz parte do nosso dia-a-dia. Siga os procedimentos dessa atividade que também poderá ser feita com seus futuros alunos. Lembre-se de reunir todos os itens necessários antes de iniciá-la.

Você vai necessitar apenas de:

- um saco plástico de lixo grande;
- uma bandeja plástica grande;
- um par de luvas;
- lápis e papel.

Procedimentos:

1. Vá até um ambiente aquático natural em sua região.
2. Coloque as luvas e ponha dentro do saco de lixo o máximo de resíduos sólidos manufaturados que você encontrar junto às margens.
3. Despeje o que você pegou em uma bandeja e separe os itens por tipo de material, tomando cuidado para não se machucar com objetos cortantes ou perfurantes.
4. Anote os materiais agrupando em plásticos, papéis, vidros etc.
5. Pesquise qual o tempo de degradação de cada material.

Ao concluir a atividade, verifique quais os materiais mais abundantes, imagine como esses resíduos chegaram ao local da sua coleta e o tempo suficiente para que caso mais nenhum resíduo alcance a área, o ambiente seja capaz de degradar o que já existe. Justifique os fatos ocorridos.

---

---

---

---





## RESUMO

Os ambientes aquáticos são o destino final da grande maioria dos resíduos gerados pela atividade humana. Esses poluentes chegam no meio natural pelo descarte direto de esgotos domésticos, como ocorre com a poluição por compostos orgânicos, ricos em carbono, nitrogênio e fósforo, que causam a eutrofização aquática; por despejos acidentais da indústria petrolífera, como a poluição por petróleo e derivados (hidrocarbonetos), que já causaram consequências catastróficas ao meio ambiente, como o carreamento de insumos da agroindústria levados pelas chuvas e rios, como a poluição por pesticidas (organoclorados); a contaminação de metais pesados oriundos de diversas fontes, que bioacumulam e se incorporam à cadeia alimentar; a radioatividade, risco potencial do nosso estado; e a poluição por detritos sólidos, tão visível em toda parte. A poluição aumenta em relação direta com o consumo. Somente com a conscientização de que todos nós somos responsáveis por evitar a poluição e cuidar dos ecossistemas aquáticos, o problema pode ser tratado.

## INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Esta foi a última aula dessa disciplina. Espero que você tenha gostado e que estudar nessa apostila tenha sido tão prazeroso para você quanto foi para mim escrevê-la. Bom estudo.

## Instrumentação em Biologia Aquática

---

Referências

## Aula 1

---

ESTEVEES, Francisco de Assis. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

LEVINTON, Jeffrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (Orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 328 p.

SCHMIEGELOW, João M. Miragaia. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

## Aula 2

---

LEVINTON, Jeffrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (Orgs.). *Biologia marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 328 p.

SCHMIEGELOW, João Miragaia. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

SUMICH, James L. *An introduction to the biology of marine life*. New York: WCB Publishers, 1992. 449 p.

## Aula 3

---

ARDLEY, Neil. *Água*. Rio de Janeiro: Globo, 1996. 29 p. (Coleção jovem cientista)

\_\_\_\_\_. *Quente/ Frio*. Rio de Janeiro: Globo, 1996. 29 p. (Coleção jovem cientista)

ESTEVEES, Francisco de Assis. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

LEVINTON, Jeffrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: ed. Interciência, 2002. 328 p.

PHILBRICK, Nathaniel. *No coração do mar: a história real que inspirou o Moby Dick de Melville*. São Paulo: Cia das letras, 2000. 371 p.

SCHMIEGELOW, João M. Miragaia. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

SUMICH, James L. *An introduction to the biology of marine life*. New York: WCB Publishers, 1992. 449 p.

---

#### Aula 4

EELIGER, Ulrich; ODEBRECHT, Clarisse; CASTELLO, Jorge P. (Orgs.). *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Rio Grande: Ecoscientia, 1998. 341 p.

ESTEVES, Francisco de Assis. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

LEVINTON, Jefrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

PARANHOS, Rodolfo. *Alguns métodos para análise da água*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1996. 200 p. (Cadernos Didáticos UFRJ, 19)

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (Orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 328 p.

SCHMIEGELOW, João M. Miragaia. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

SUMICH, James L. *An introduction to the biology of marine life*. London: WCB Publishers, 1992. 449 p.

---

#### Aula 5

ARDLEY, Neil. *Crescimento*. Rio de Janeiro: Globo, 1996. 29 p. (Coleção jovem cientista)

ESTEVES, Francisco de Assis. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FERRI, Mário Guimarães; ANDRADE, Maria Amélia Braga de; LAMBERTI, Antônio. *Botânica: fisiologia, curso experimental*. São Paulo: EDUSP, 1918. 114 p.

LEVINTON, Jefrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 328 p.

SCHMIEGELOW, João Marcos Miragaia. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

SEELIGER, Ulrich; ODEBRECHT, Clarisse; CASTELLO, Jorge P (orgs.). *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Rio Grande: Ecoscientia, 1998. 341 p.

SUMICH, James L. *An introduction to the biology of marine life*. New York: WCB Publishers, 1992. 449 p.

## Aula 6

---

ARDLEY, Neil. *Água*. Rio de Janeiro: Globo, 1996. 29 p. (Coleção jovem cientista)

BIDEGAIN, Paulo; BIZERRIL, Carlos. *Lagoa de Araruama: perfil do maior ecossistema Lagunar Hipersalino do Mundo*. Rio de Janeiro: SEMADS, 2002. 160 p.

\_\_\_\_\_; BIZERRIL, Carlos; SOFFIATI, Arthur. *Lagoas do Norte Fluminense : perfil ambiental*. Rio de Janeiro: SEMADS, 2002. 148 p.

ESTEVES, Francisco de Assis. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

LOWE-McCONNEL, Rosemary H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: EDUSP, 1999. 534 p.

## Aula 7

---

ALVES, Jorge Rogério Pereira (Org.). *Manguezais: educar para proteger*. FEMAR: SEMADS, Rio de Janeiro, 2001. 96 p.

LEVINTON, Jeffrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

POV, Francis Dov. *Guia ilustrado do manguezal brasileiro*. São Paulo: USP, 1994. 82 p.

SCHMIEGELOW, João Marcos Miragaia. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

SEELIGER, Ulrich; ODEBRECHT, Clarisse; CASTELLO, Jorge P. (Orgs.). *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Rio Grande: Ecoscientia, 1998. 341 p.

SUMICH, James L. *An introduction to the biology of marine life*. New York: WCB Publishers, 1992. 449 p.

BELEM, Maria Julia da Costa et al. S.O.S. corais. *Ciência Hoje*, v. 5, n. 26, p. 34-42, 1986.

CORBINEAU, Ana Dunley. *Variação temporal (1997-2002) das comunidades bentônicas da zona entre-marés de costões rochosos da ilha dos Lobos, baía de Guanabara*. 2004. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biologia Marinha) - Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

HERTZEL, Bia; CASTRO, Clovis Barreira. *Corais do sul da Bahia*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994. 189 p.

LEVINTON, Jeffrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (Orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 328 p.

SCHMIEGELOW, João Marcos Miragaia. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

SUMICH, James L. *An introduction to the biology of marine life*. New York: WCB Publishers, 1992. 449 p.

LEVINTON, Jeffrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (Orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 328 p.

SCHMIEGELOW, João Marcos Miragaia. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

SOUZA, Jairo Marcondes de. Mar territorial, zona economica exclusiva ou plataforma continental? *Rev. Bras. Geof.*, v. 17, n. 1, p. 78-82, 1999.

SUMICH, James L. *An introduction to the biology of marine life*. New York: WCB Publishers, 1992. 449 p.

## Aula 10

---

LEVINTON, Jeffrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

MACDONALD, David (Org.). *The encyclopaedia of mammals*. Madrid: Andromeda, 1995. 895 p.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (Orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 328 p.

PINEDO, Maria Cristina; ROSAS, Fernando César Weber; MARMONTEL, Miriam. *Cetáceos e pinípedes do Brasil: uma revisão dos registros e guia para identificação das espécies*. Manaus: UNEP/FUA, 1992. 213 p.

SCHMIEGELOW, João Marcos Miragaia. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

SUMICH, James L. *An introduction to the biology of marine life*. New York: WCB Publishers, 1992. 449 p.

## Aula 11

---

FAO. *Código de conducta para la pesca responsable*. FAO: Roma, 1995. 45 p.

KING, Michael. *Fisheries biology: assessment and management*. Oxford: Fishing News Books, 1995. 341 p.

LEVINTON, Jeffrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

SCHMIEGELOW, João Marcos Miragaia. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

SUMICH, James L. *An introduction to the biology of marine life*. New York: WCB Publishers, 1992. 449 p.



ESTEVEES, Francisco de Assis. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

LEVINTON, Jeffrey S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (Orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 328 p.

SANTOS, Valdir Andrade. *Poluição marinha: uma questão de competência aspectos da lei no 9.966, de 28 de abril de 2000*. Rio de Janeiro: Lúmen Júris, 2003. 266 p.

SUMICH, James L. *An introduction to the biology of marine life*. New York: WCB Publishers, 1992. 449 p.

Serviço gráfico realizado em parceria com a Fundação Santa Cabrini por intermédio do gerenciamento laborativo e educacional da mão-de-obra de apenados do sistema prisional do Estado do Rio de Janeiro.



Maiores informações: [www.santacabrini.rj.gov.br](http://www.santacabrini.rj.gov.br)



ISBN 85-7648-309-2



**UENF**  
Universidade Estadual  
do Norte Fluminense



Universidade Federal Fluminense

**uff**



**UNIRIO**



**FUNDAÇÃO  
SANTA CABRINI**  
Provedora de acesso à Cidadania



**FAPERJ**  
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo  
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro



**GOVERNO DO  
Rio de Janeiro**

SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



**Ministério  
da Educação**

**BRASIL**  
UM PAÍS DE TODOS  
GOVERNO FEDERAL



