



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGUNA
CENTRO DE EDUCAÇÃO
SUPERIOR DA REGIÃO SUL

INFORME

O gabarito da prova escrita referente ao Edital CERES nº 12/2026 foi elaborado com base na integralidade do **Capítulo 12** (excetuando-se o tópico 7) da bibliografia:

CASTELLO, Jorge Paulo; KRUG, Luiz Carlos (org.). Introdução às ciências do mar. Rio Grande: Editora da FURG, 2015. ISBN 978-85-7566-190-8.

O capítulo acima mencionado segue abaixo e constitui a fonte da resposta à questão.



Documento assinado digitalmente

EDUARDO GUILHERME GENTIL DE FARIAS

Data: 26/10/2026 22:03:18-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Guilherme Gentil de Farias

Presidente da Comissão de Seleção

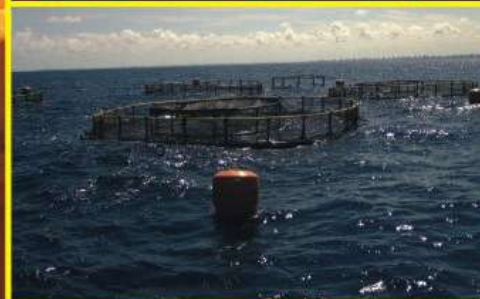
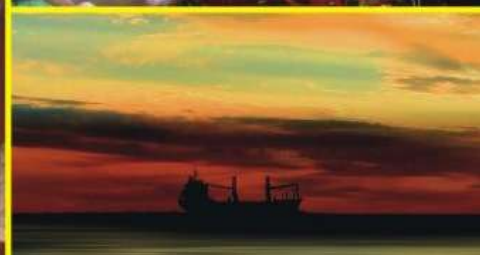
INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS DO MAR



Jorge P. Castello
Luiz C. Krug

Organizadores

EDITORIA TEXTOS





AMBIENTES MARINHOS

Jean Louis Valentin e José Henrique Muelbert

Oceanos e mares do mundo abrigam uma grande diversidade de ambientes, todos eles com peculiaridades que refletem diferentes estruturas e graus de complexidade. Essas características respondem a fatores como latitude, sazonalidade, profundidade, nível de energia disponível, penetração da luz, proximidade da costa, interações com a água doce e maior ou menor presença do homem.

Neste capítulo serão apresentados oito ambientes característicos de oceanos e mares seguindo o eixo costa-mar e das baixas para as altas latitudes.

1 ESTUÁRIOS

Os estuários são corpos de água semifechados, com uma ou mais conexões livres com o oceano, onde a intrusão de água salina pode se estender além do limite da influência da maré e ser diluída pela água doce da drenagem continental, sustentando comunidades eurialinas em pelo menos algum estágio de sua vida. Apesar de ser um ecótono entre o ecossistema de água doce e o de água salgada, os estuários são marcados por um número baixo de espécies residentes. Essa interface entre o continente



e o oceano fez dos estuários ambientes com grande afinidade e importância para as populações humanas, de forma que grandes cidades do Brasil e do mundo estão localizadas nas suas margens.

1.1 Classificação dos estuários

Morfologicamente, os estuários podem ser classificados de acordo com a origem de formação geológica, compreendendo aqueles de planície costeira, tectônicos, de baías semifechadas ou lagunas e de fiordes (FIG. 12.1).

Os estuários também podem ser classificados de acordo com a dinâmica e o tipo de gradiente de salinidade que apresentam (FIG. 12.2). Os estuários com forte aporte continental e estratificação vertical de salinidade são chamados de **positivos** ou de **cunha-salina**, enquanto aqueles com pouca contribuição de rios e com grande evaporação são denominados de **negativos** ou de **evaporito**. Os estuários que variam sua característica de acordo com as estações do ano são chamados de **sazonais** ou **intermitentes**.

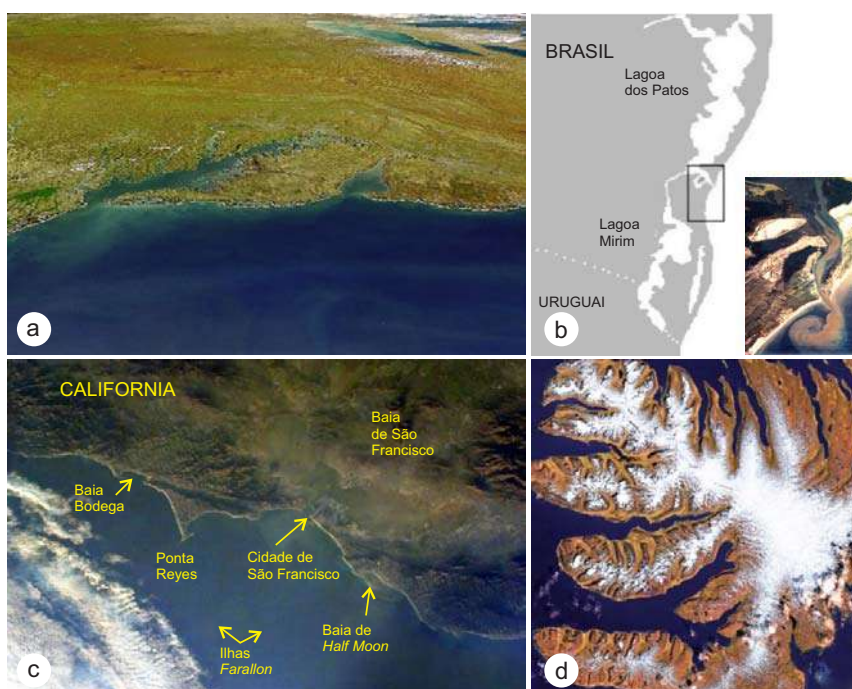


Figura 12.1 (a) Tipos de estuários segundo a morfologia: planície costeira; (b) baías semifechadas ou lagunas costeiras, às vezes estranguladas; (c) tectônicos e (d) de fiordes. [Fonte: (a) Chesapeake Bay. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Chesapeake_Bay>; (b) <http://www.praia.log.furg.br/praiLog_experimento/experimento.html>; (c) <spg.ucsd.edu>; (d) Fiordes. Fonte: <<http://livingwithoutwarning.blogspot.com.br/>>].

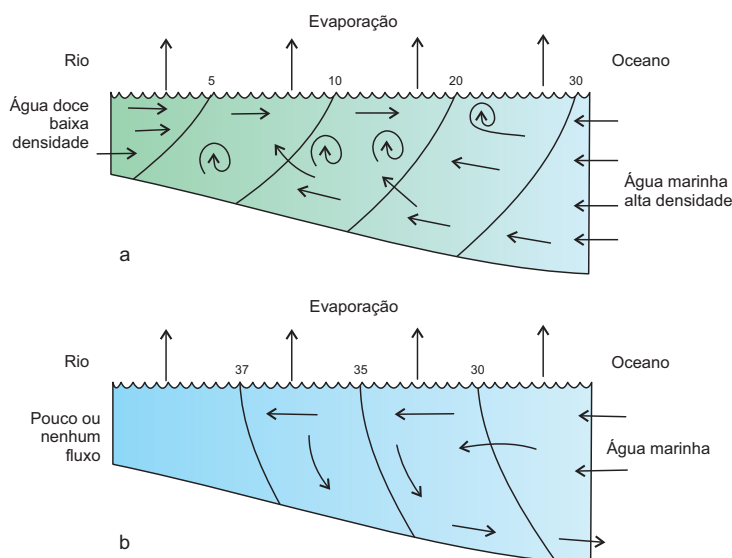


Figura 12.2 Tipos de estuários segundo a dinâmica e gradiente de salinidade: (a) positivo ou de cunha-salina, e (b) negativo ou de evaporito. [Fonte: McLUSKY, 1971].

1.2 Variabilidade

A principal característica dos estuários é sua variabilidade ambiental, sendo marcados por intensa alteração de suas propriedades físico-químicas. Assim, o ambiente estuarino é um ambiente estressante para os organismos que necessitam enfrentar essas variações, determinando que o número de espécies neles encontradas seja baixo comparado com áreas adjacentes. Os principais parâmetros que variam no ambiente estuarino são a salinidade, substrato, temperatura, ondas e correntes, turbidez e oxigênio dissolvido. As flutuações de salinidade são a principal característica dos estuários (FIG. 12.3).

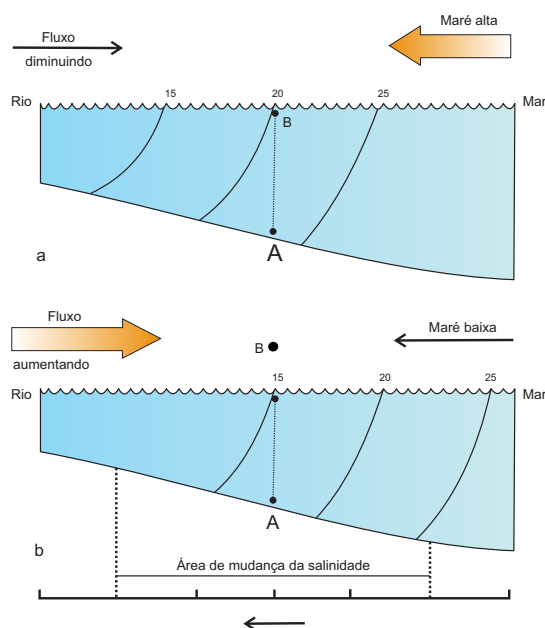


Figura 12.3 Mudanças de salinidade conforme o nível de maré. Com a maré alta, organismos na posição A estão sujeitos a salinidade maior do que com a maré baixa. Já os organismos na posição B estão submersos durante a maré cheia e sujeitos a alta salinidade, e durante a maré baixa estão fora da água e não sofrem influência de salinidade mais baixa.

[Fonte: McLUSKY, 1971].

A periodicidade das marés faz com que haja entrada de água salgada do mar no estuário durante o período de maré alta e saída de água salgada e entrada de água doce na maré baixa. Por si só, essa oscilação pode fazer com que organismos estejam sujeitos a uma variação periódica de salinidade. Sobreposta a essa mudança, há ainda uma variabilidade com periodicidade não muito definida, imposta por mudanças no regime de ventos, chuvas e evaporação. Como resultado, ocorre intensa variabilidade de salinidade em várias escalas temporais e espaciais.

O estuário da Lagoa dos Patos, onde pode ocorrer uma situação muito dinâmica ao longo do tempo (Fig. 12.4), que influencia fortemente a distribuição dos organismos, é um exemplo da variabilidade de salinidade nesses ambientes.

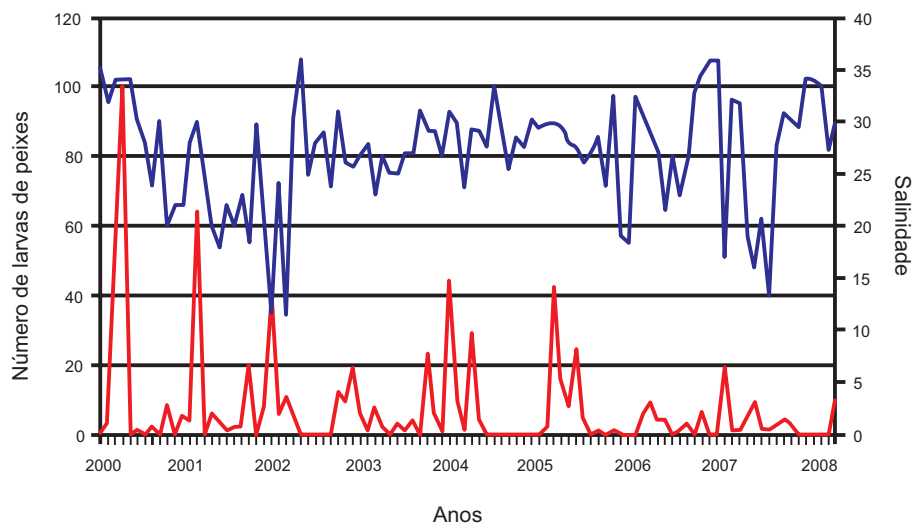


Figura 12.4 Diferentes escalas de variação da salinidade no estuário da Lagoa dos Patos e sua influência nos organismos planctônicos. A linha superior (azul) mostra a variabilidade sazonal e interanual de salinidade (ordenada da direita) e sua influência na abundância de larvas de peixes (linha vermelha), expressa como número, na ordenada esquerda. [Fonte: dos autores].

A variabilidade da salinidade é expressa ao longo dos anos e também ao longo do estuário (Fig. 12.5). No período de 2000 a 2004, o estuário estava menos salgado e o plâncton dominado por espécies de origem em água doce. A partir de 2004, o estuário esteve mais salgado e ocorreu a presença de espécies de origem costeira e marinha. Segundo a origem, foram achadas as seguintes espécies de água salgada: *Acartia tonsa*, *Temora turbinata*, *Subeucalanus pileatus* e larvas de *Trichiurus lepturus* e *Parona signata*. Já de água doce foram encontradas: *Notodiaptomus incompositus*, *Pseudodiaptomus richardi*, *Moina micrura* e larvas de *Parapimelodus nigrebarbus*.

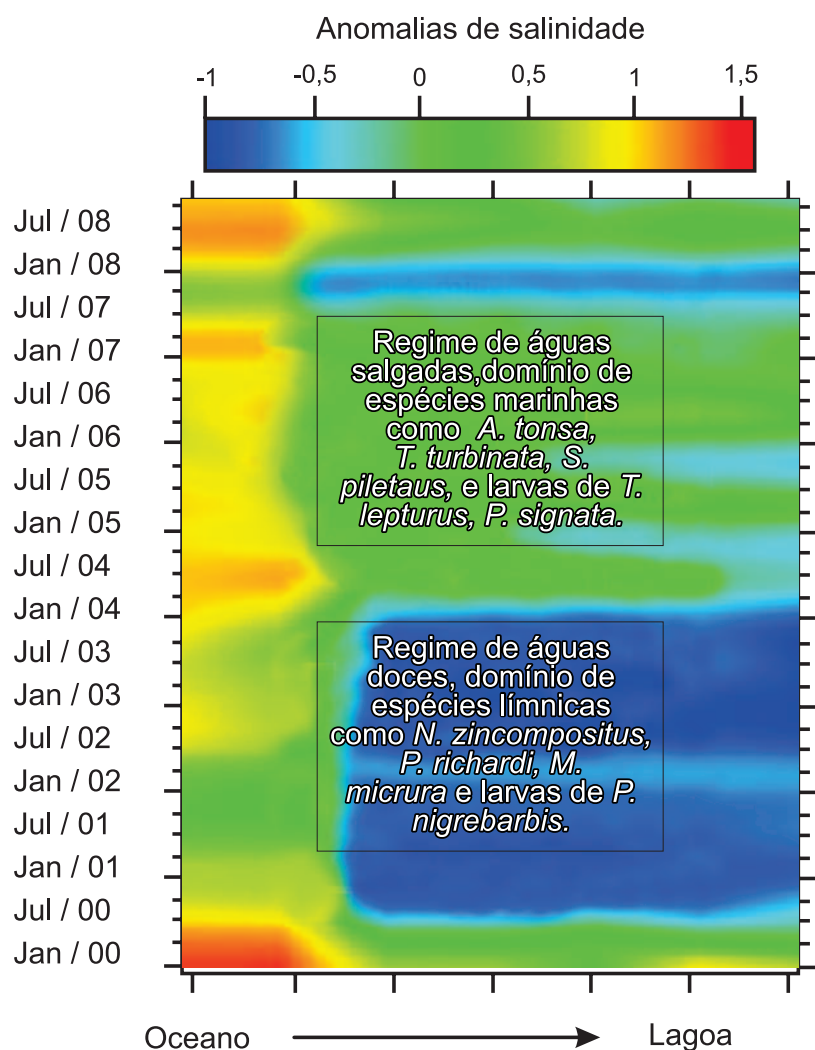


Figura 12.5 Diferentes regimes de água no estuário da Lagoa dos Patos, entre janeiro de 2000 e julho de 2008, mostrando anomalias de salinidade como desvios em relação ao valor médio da salinidade e desde o oceano para o interior do estuário.

O substrato estuarino depende da fonte do material em suspensão, que pode ser de origem continental ou marinha. O sedimento estuarino é rico em matéria orgânica e é um bom ambiente para o desenvolvimento de bactérias, em especial nas zonas mais rasas de baixa energia. O processo de floculação de silte e argila cria zonas de máximo de deposição e influencia a turbidez da coluna de água (ver Capítulo 4: Sedimentação Marinha).

A temperatura nos estuários apresenta maior variabilidade do que em áreas marinhas adjacentes. A oscilação da maré traz para o estuário águas com diferentes temperaturas do oceano e do continente adjacente. O menor volume de água e maior área de superfície dos estuários, aliados à influência da água doce, mais sensível à troca de calor, propiciam o intercâmbio de calor com a atmosfera e contribuem para aumentar a variabilidade da temperatura dos estuários.

A forma semifechada dos estuários restringe a ação de ondas, que geralmente são pequenas. Isso se deve à existência de terra em três limites físicos do estuário, à pouca superfície para ação do vento e ao fato de as águas serem rasas. As correntes se devem principalmente à maré e ao fluxo de água doce. A pouca ação de ondas e correntes propicia o desenvolvimento de plantas com raízes nas margens dos estuários. Já as correntes influenciam o tempo de residência da comunidade planctônica e o ingresso e saída de espécies no estuário, o que é muito importante para aquelas que necessitam ingressar, pois aí encontram condições para seu crescimento e desenvolvimento.

A alta carga de material em suspensão gera águas turvas nos estuários. À medida que se aproxima do mar, esse material vai se precipitando (floculação) e as águas se tornam mais transparentes (ver Capítulo 4: Sedimentação Marinha). Associada à floculação do silte e da argila, pode ser encontrada uma frente de turbidez, que mostra a interface entre águas doces e salgadas. Com a diminuição da penetração de luz, ocorre uma redução na fotossíntese do fitoplâncton e algas bentônicas e, portanto, uma queda da produtividade primária.

Há um amplo suprimento de oxigênio na coluna de água dos estuários, devido ao fluxo regular de água doce e salgada, a pouca profundidade dos estuários e a turbulência e mistura provocada pelo vento. Em estuários do tipo **fiordes**, com grande profundidade, pode ocorrer pouco oxigênio dissolvido (hipoxia) ou falta de oxigênio (anoxia) devido à presença de termoclina, que impede a mistura das águas mais profundas. A alta produção na superfície se deposita no fundo e sua respiração e decomposição consome o oxigênio. Sedimentos geralmente anóxicos ocorrem devido ao alto conteúdo orgânico dos mesmos e a grande população de bactérias na água intersticial.

1.3 Organismos estuarinos

Os organismos que compõem a fauna são de origem marinha, límnicos (ou dulciaquícolas) e estuarinos (ou de água salobra), e podem ser:

Estenoalinos: organismos que não toleram (ou toleram muito pouco) mudanças de salinidade. Podem ser espécies marinhas, como o peixe-espada (*Trichiurus lepturus*), ou límnicas, como o peixe mandi (*Parapimelodus nigrebarbis*). Os organismos de água doce são também conhecidos como oligoalinos, pois vivem em áreas com pouca salinidade.

A maior parte da biota estuarina é composta por espécies de origem marinha, que suportam variações na salinidade (eurialinas). Por isso, acredita-se que as espécies estuarinas evoluíram de espécies marinhas que foram gradativamente se adaptando ao estuário. Os animais marinhos toleram maiores reduções de salinidade do que os de água doce toleram aumentos de salinidade.

A vegetação estuarina também é caracterizada por um número limitado de espécies da macroflora. Além do efeito da variabilidade da salinidade, os estuários também são muito homogêneos quanto ao substrato, já que a maior parte é de fundo lamoso, o que dificulta a fixação de macroalgas (ver Capítulo 11: Produção Primária nos Oceanos). A turbidez das águas estuarinas restringe a penetração da luz à superfície, o que dificulta a presença de plantas que crescem submersas.

Nos estuários ocorrem pradarias submersas de fanerógamas (*Ruppia*, *Zostera*) e um número limitado de espécies de algas nos baixios ou marismas, que são mais rasos e habitados por vegetação (*Enteromorpha*, *Ulva*). Os baixios de lama geralmente possuem muitas diatomáceas bentônicas, que podem ser mais abundantes que as planctônicas. As áreas entremarés da margem de estuários podem ser recobertas por extensos bancos de plantas herbáceas, que ficam expostas durante a maré baixa, como a *Spartina* e a *Sarcocornia* (FIG. 12.7). As poucas árvores que ocorrem na zona entremarés em estuários estão restritas às espécies que compõem o mangue (*Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*). O mangue tende a substituir as marismas na paisagem dos estuários tropicais e equatoriais, devido ao maior porte das árvores e à obstrução da luz solar que chega à superfície do solo. A presença de cianofíceas filamentosas flutuando na água ou aderidas às plantas submersas também é uma característica de estuários.

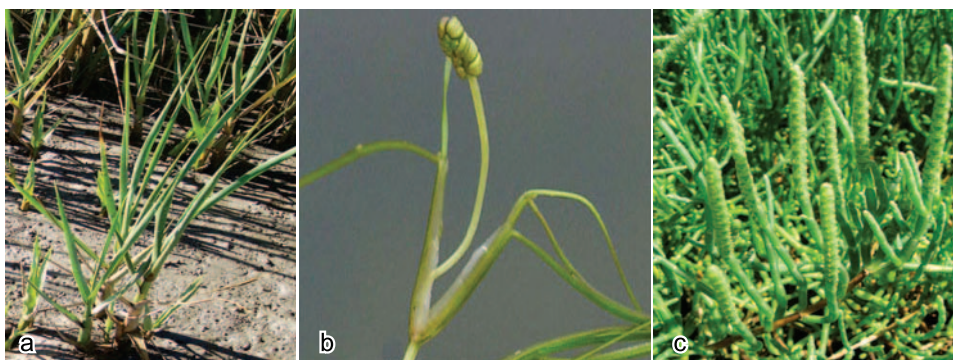


Figura 12.7 Exemplo de plantas de estuários – da esquerda para a direita, *Spartina alterniflora*, *Ruppia maritima* e *Sarcocornia ambigua*. [Fonte: COSTA, C., IOFURG].

O número de espécies do fito e zooplâncton estuarino também é reduzido. Dependendo das condições dominantes, estuários podem diferir significativamente com respeito ao número de espécies e produtividade. Em períodos de alta turbidez e

pouco tempo de residência, ocorre diminuição na produtividade e no número de espécies. Já durante períodos de baixa turbidez e alto tempo de residência, ocorre aumento na produtividade e diversidade de espécies. A diversidade do zooplâncton também é baixa, variando sazonalmente e com o regime hidrológico. O zooplâncton estuarino é caracterizado por um grande número de espécies do meroplâncton. Cabe ressaltar a presença de larvas de espécies de interesse comercial, como as de alguns peixes e crustáceos, que utilizam os estuários como áreas de criação.

1.4 Ecologia dos estuários

A baixa produtividade primária na coluna de água, a baixa abundância de herbívoros e a presença de grande quantidade de detritos sugerem que a base das cadeias tróficas de estuários sejam os detritos. Tais detritos, assim como a produtividade, a matéria orgânica e as fontes de alimento disponíveis, podem ser autóctones ou alóctones. A fonte autóctone é integrada pelo fitoplâncton, diatomáceas bentônicas, gramíneas e algas. Já os alóctones são detritos oriundos dos rios e das marismas adjacentes (FIG. 12.8).

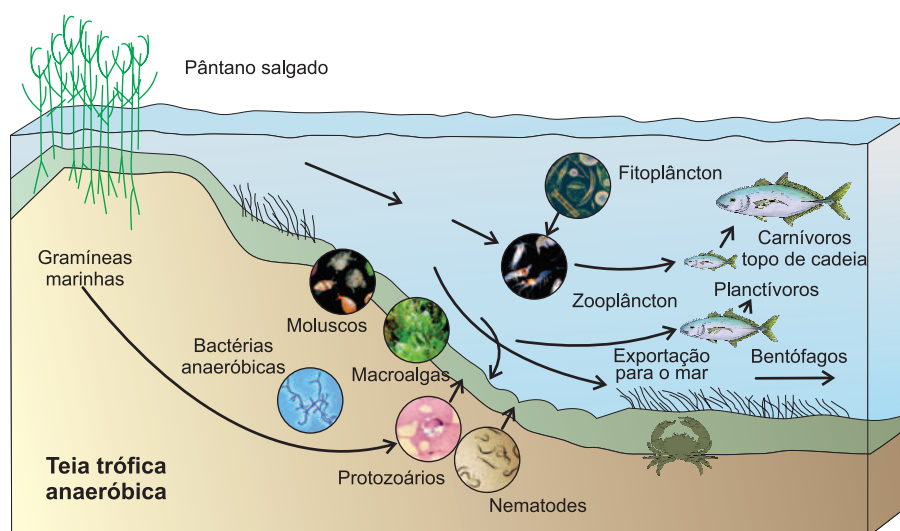


Figura 12.8 Diagrama de uma cadeia alimentar típica dos estuários.

[Fonte: DAY et al., 1989].

Diferentes comunidades compõem o ambiente estuarino, cada uma possuindo seus próprios produtores primários, consumidores primários e níveis tróficos superiores (FIG. 12.9). Essas comunidades dão suporte à produtividade dos estuários, mas também sofrem seus próprios impactos decorrentes de diferentes atividades humanas.

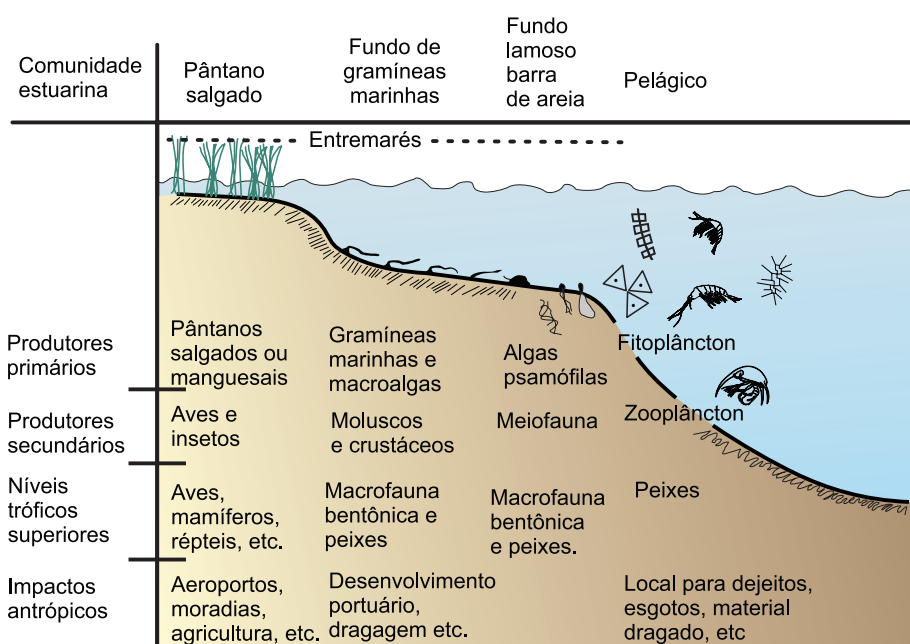


Figura 12.9 Esquema das comunidades de um ecossistema estuarino, mostrando a flora e fauna dominantes e os efeitos humanos potenciais. [Fonte: LALLI e PARSONS, 1997].

1.5 A importância econômica dos estuários

Ao longo dos estuários estão estabelecidas as maiores cidades do mundo, polos de intenso desenvolvimento urbano. Por serem áreas de transição entre o mar e o continente, os estuários abrigam muitos portos, que são vitais para a economia. No Brasil, o porto de Santos e de Rio Grande são dois bons exemplos de desenvolvimento portuário em estuários. Além da relevância para a navegação e urbanismo, os estuários são também importantes do ponto de vista econômico, uma vez que são áreas de criação para inúmeras espécies de interesse para a pesca (ver Capítulo 13: Recursos Marinhos Vivos).

No estuário da Lagoa dos Patos, a corvina e o camarão têm seu desenvolvimento larval associado a este ambiente, razão pela qual são consideradas como espécies estuarino-dependentes. Os ovos e larvas penetram no estuário pelo plâncton, assentando-se em seu interior para crescer (Fig. 12.10).

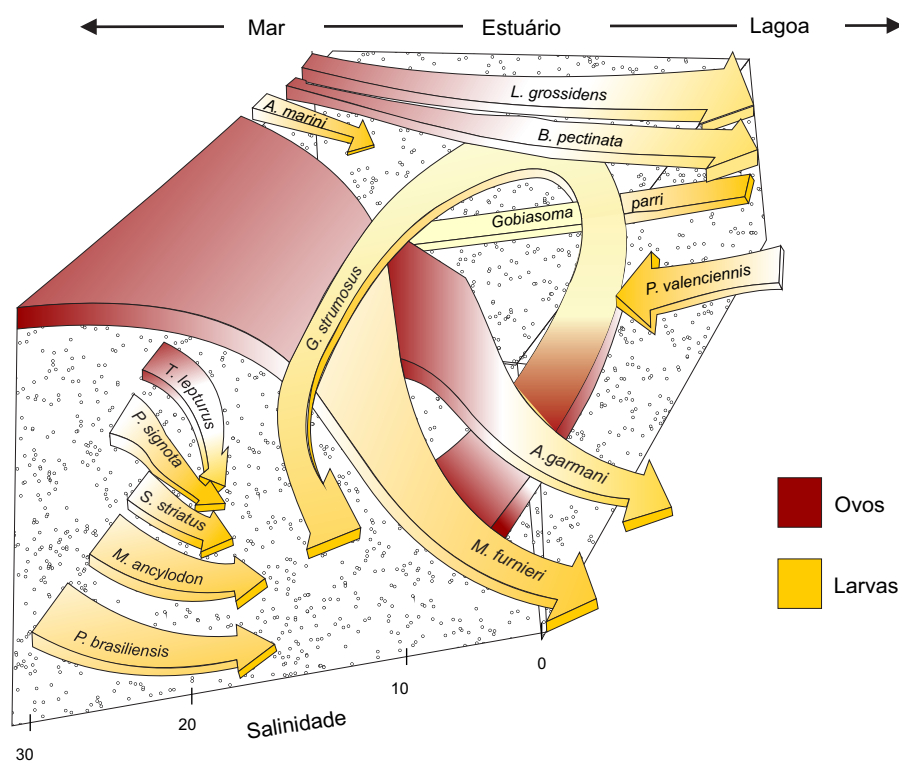


Figura 12.10 O transporte de ovos e larvas de peixes para dentro do estuário garante seu crescimento e futuro recrutamento à pesca. [Fonte: WEISS, 1981].

1.6 Impactos humanos sobre os estuários

A proximidade com grandes agrupamentos urbanos causa grande impacto aos estuários. Áreas de marismas são utilizadas para habitação, para indústrias e para aeroportos, e em algumas localidades a destruição chega até 90% da superfície original. Bancos de algas e de lama são dragados para construção de portos e marinas (ver Capítulo 16: Meio Ambiente Marinho e Impactos Antrópicos). Poluentes são facilmente retidos no sistema (subprodutos do petróleo, metais pesados, fertilizantes, esgotos e pesticidas, entre outros), o que tem influência no plâncton, gerando eutrofização indesejada, poluição por patogênicos, metais pesados e pesticidas. Com a incorporação de contaminantes pelo plâncton, ocorre sua propagação na cadeia trófica até o ser humano. Casos extremos de poluição por esgotos e fertilizantes têm produzido **zonas mortas**, onde predominam ambientes anóxicos e apenas existe vida bacteriana.

2 PRAIAS ARENOSAS

A denominação **praias arenosas** tem sido utilizada livremente para representar desde ambientes de praias oceânicas abertas, com alta energia, até ambientes estuarinos extremamente protegidos. De forma mais abrangente, pode-se considerar praias arenosas como uma área do litoral aberta para o mar, com sedimento inconsolidado e constantemente retrabalhado pelas ondas. Esses ambientes dominam a maior parte da linha de costa dos trópicos e regiões temperadas. São importantes como áreas de recreação e têm a função de atuar como proteção contra eventos extremos que acontecem no mar.

2.1 Regiões das praias

As praias ocupam uma interface dinâmica entre o mar e o continente e seus limites não são sempre muito claros. As regiões de uma praia são definidas de acordo com a umidade dos sedimentos (Fig. 12.11):

Supralitoral: região acima da linha de maré alta, que somente é coberta pelo mar em eventos extremos como ressacas;

Mediolitoral: região compreendida entre a maré alta e a maré baixa, sendo periodicamente coberta pelo mar;

Infralitoral: região abaixo da linha de maré baixa, sendo permanentemente coberta de água.

Além das regiões citadas, ainda é reconhecida a divisão em zona de arrebenção e zona de varrido. A primeira é a parte da praia onde as ondas **arrebeitam** ou se **quebram**. Já a segunda é a parte da praia **varrida** pelas ondas periodicamente. Logo após essa zona pode ocorrer uma parte onde se acumulam sedimentos – a berma.

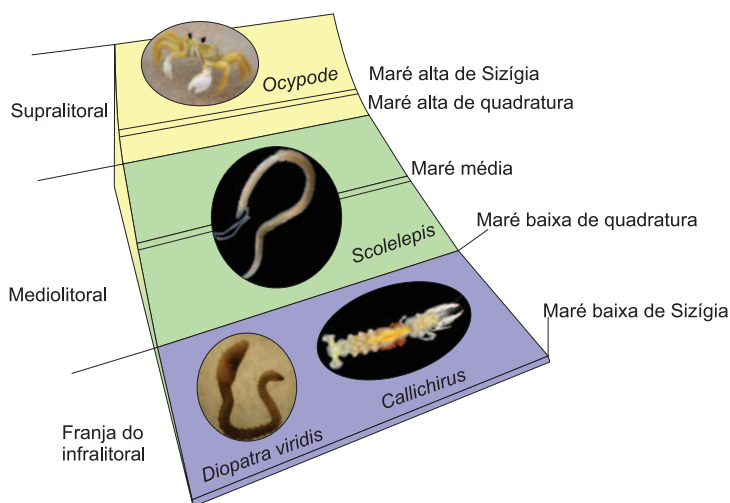


Figura 12.11 Esquema de zonação de praias arenosas. [Fonte: <http://eco.ib.usp.br/comunidades_atributos_print.htm>].

2.2 Classificação das praias

As praias arenosas são classificadas de acordo com a sua declividade e a intensidade da quebra das ondas (ver Capítulo 8: Ondas), já que a quantidade de energia liberada na arrebentação condiciona a distribuição dos grãos de areia (FIG. 12.12).

Refletivas: possuem grande declividade, tamanho de grãos maior e incidência de ondas com alta energia sobre a face da praia;

Dissipativas: apresentam uma extensa região de quebra de ondas, onde a energia vai se dissipando. Na face da praia a energia de ondas é baixa, com granulometria mais fina e pouca declividade;

Intermediárias: abrangem todas as praias que ficam entre os extremos dissipativos e refletivos.

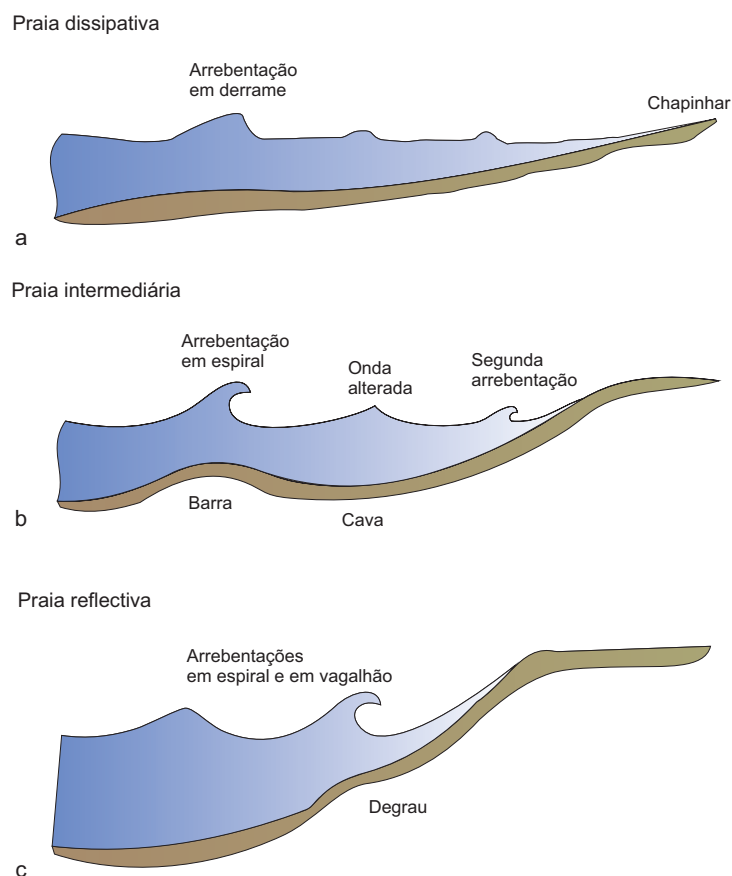


Figura 12.12 Diagrama mostrando a classificação das praias de acordo com sua declividade e exposição ao clima de ondas – (a) dissipativa; (b) intermediária e (c) e refletiva.

[Fonte: WRIGHT e SHORT, 1983].

2.3 O hábitat intersticial e a macrofauna

O hábitat intersticial ocupa todo o sistema poroso do corpo de areia da praia. Esse hábitat é mais estável e complexo e possui um gradiente vertical dentro do sedimento. Sua extensão vertical depende da dinâmica da praia. O hábitat de macrofauna compreende a superfície da praia e as suas primeiras camadas. Geralmente é uniforme, porém é dinâmico e instável, pois está sempre sujeito à ação das ondas.

O hábitat intersticial, que fica entre os grãos de areia, representa cerca de 40% do volume do sedimento. As propriedades do sedimento determinarão a porosidade e permeabilidade, influenciando a drenagem, que é resultado do processo de filtragem da água do mar. A filtragem se dá principalmente pela lavagem de ondas e marés no intermareal, ou por bombeamento no submareal. Consequentemente, existem diferenças significativas entre habitats de baixa energia (praias dissipativas) e de alta energia (praias refletivas).

Esse hábitat é caracterizado por um grande número de organismos microscópicos, como bactérias, fungos, algas, protozoários e metazoários. Eles são responsáveis pela **purificação** de grandes volumes de água. Bactérias e diatomáceas podem ocorrer até 10 cm abaixo da superfície, aderidas a grãos de areia. A abundância de bactérias pode chegar até 10^{10} cel/g de areia, aumentando em sedimentos finos. Cerca de 362 tipos já foram encontrados em praias arenosas. A maioria possui salinidade ótima entre 30 e 50 e podem decompor proteína, carboidratos e gorduras.

Quase todos os grupos de protozoários podem estar presentes em praias arenosas. Foraminíferos e ciliados são relativamente mais abundantes, com concentrações entre 101 a 103 org/g de areia seca, e podem ser encontrados até 1 m de profundidade em praias bem oxigenadas.

A grande maioria dos metazoários faz parte da meiofauna (0,1 a 1 mm) (ver Capítulo 10: Vida Marinha). Os grupos dominantes são os nematóides em sedimentos finos e copépodes harpacticóides em sedimentos grossos. Outros grupos comuns são os oligoquetas, ostrácodes, hidrozoários e briozoários. O alimento dos metazoários inclui diatomáceas, bactérias, protozoários, detrito e outros organismos da meiofauna. A distribuição vertical desses organismos está relacionada com o grau de drenagem e oxigenação. Assim, a distribuição é mais profunda em praias expostas, e, em latitudes temperadas, é mais profunda no inverno, devido à maior frequência de tempestades e ressacas.

A macrofauna é constituída por organismos maiores do que 1 mm (FIG. 12.13). Não são organismos quantitativamente tão abundantes como aqueles do hábitat intersticial, mas em alguns casos podem ocorrer superdensidades.



Figura 12.13 Espécies infaunais e epifaunais da macrofauna bentônica nas praias do Extremo Sul do Brasil. [Fonte: COLLING, L.A., IOFURG].

São geralmente espécies com alto grau de mobilidade. A maioria dos invertebrados tem representantes na macrofauna, em especial os moluscos, crustáceos e poliquetas. A energia da quebra das ondas na praia controla a abundância, biomassa e diversidade da macrofauna (TAB. 12.1).

Tabela 12.1 Número de espécies, abundância, biomassa de organismos e diâmetro do grão de areia em função da energia de praias arenosas.

	Alta energia	Média energia	Baixa energia
N° de espécies	11	17	30
Abundância (g.m ⁻¹)	20.045	34.571	2.797.867
Biomassa (g.m ⁻¹)	871	170	63
Diâmetro da areia (µm)	310	257	238

Organismos da macrofauna podem apresentar distribuição agregada (*patches*), o que se deve à movimentação e seleção física dos grãos pelo varrido, à localização das concentrações de alimento e à agregação biológica das espécies para reprodução. Os fatores que influem na distribuição e abundância da macrofauna são o tamanho do grão, declividade da praia, ação de ondas, umidade e o conteúdo orgânico da areia, alimento na zona de arrebentação e mudanças bruscas na dinâmica das praias ocasionadas por tempestades. Em regiões temperadas, com sazonalidade no regime de ventos e ondas, podem ocorrer situações diferentes entre inverno e verão.

Em razão da ação das ondas, a fauna é pouco abundante na zona de arrebentação, mas aumenta em número e diversidade tanto para a costa quanto em direção ao fundo. A maioria das espécies é generalista, utilizando amplo nicho ecológico, pois o ambiente não possui estruturação e é um hábitat controlado pela física. Consequentemente, existe pouca interação competitiva entre os organismos que habitam as praias. Os principais grupos tróficos são predadores, como siris e o caranguejo-fantasma; filtradores, como os bivalves *Donax* spp. e o marisco *Mesodesma*; e alimentadores de depósitos, como o crustáceo conhecido como corrupto (*Callichirus major*). A macrofauna de praias arenosas também está sujeita a mortalidades em massa.

2.4 O fitoplâncton e o zooplâncton

A zona de arrebentação das praias arenosas possui marcada atividade no ambiente planctônico. As diatomáceas são o grupo dominante do fitoplâncton e a ocorrência de florações maciças é uma característica importante desse ambiente. O principal gênero de diatomáceas com florações em praia é *Asterionellopsis glacialis*. Essas florações são mais bem desenvolvidas em praias longas e planas, como, por exemplo, a Praia do Cassino, no Sul do Brasil.

O zooplâncton de praias arenosas geralmente é marcado por associações de espécies oriundas da região costeira e estuarina, da plataforma continental e da região oceânica. O zooplâncton é rico em espécies e possui alta biomassa, sendo composto por grandes crustáceos (misidáceos, anfípodes e peneídeos), que suportam as águas turbulentas dessas áreas (FIG. 12.14). Na zona de arrebentação também se encontram vários organismos do meroplâncton, que são aqueles que têm apenas parte do seu ciclo de vida no plâncton. Ovos e larvas de poliquetas, moluscos, crustáceos e peixes também são comuns nessa região.

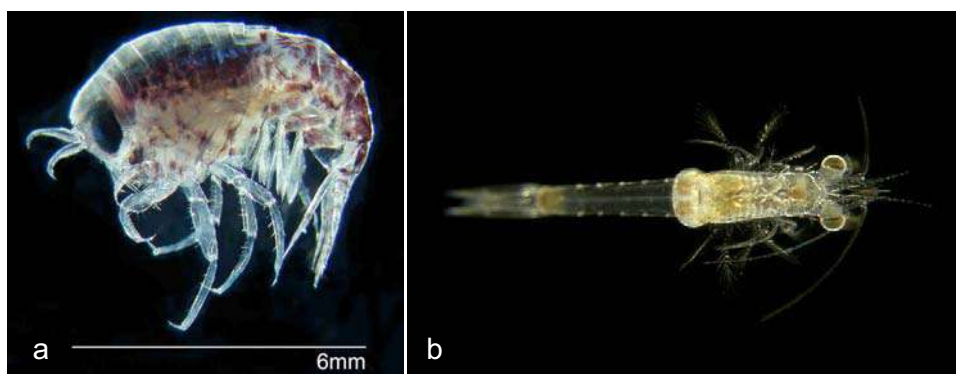


Figura 12.14 Anfípodes e misidáceos são comuns no zooplâncton de praias arenosas. [Fonte: (a) <<http://en.wikipedia.org/wiki/Amphipoda>>; (b) <<http://en.wikipedia.org/wiki/Mysidacea>>].

2.5 Os peixes

Várias espécies de peixes habitam a zona de arrebentação de praias arenosas, considerada uma importante área de berçário para crescimento e desenvolvimento de juvenis, entre os quais estão incluídos organismos comuns e bem conhecidos como o papa-terra (*Menticirrhus* sp.), pampo (*Trachinotus* spp.), linguados (pleuronectiformes), cações e raias (elasmobrânquios). O número de espécies e a diversidade de peixes que ocupam esse hábitat é varia em função do tipo de praia e de sua dinâmica. Existe uma variabilidade sazonal associada com a reprodução das espécies, mas também há alta variabilidade na abundância e presença de espécies em escalas menores, associadas à passagem de frentes meteorológicas que acarretam mudanças na dinâmica da praia. Entretanto, poucas espécies são residentes nesse hábitat. A alimentação é oportunista, predando sobre o zooplâncton ou grandes agrupamentos de crustáceos (misidáceos ou anfípodes). Os peixes são importantes para a troca de energia com ecossistemas vizinhos, devido a sua mobilidade. São, ainda, organismos de importância econômica, pois dão suporte à atividade de pesca artesanal e também recreativa.

3 COSTÕES ROCHOSOS

Costões rochosos são formações de substrato consolidado que ocorrem no litoral marinho e que possuem um ecossistema característico. Esses substratos são considerados um hábitat marinho, uma vez que a maioria dos organismos que o habitam estão relacionados com o mar.

3.1 Classificação dos costões rochosos

O costão rochoso pode ser formado por paredões verticais bastante uniformes (FIG. 12.15a), que se estendem acima e abaixo da superfície da água, ou por uma extensão de rochas fragmentadas de pequena inclinação (FIG. 12.15b). No Brasil, podem ser encontrados costões rochosos por quase toda a costa, sendo sua concentração maior na região Sudeste, onde a margem é bastante recortada.

A zonação dos costões rochosos é determinada pela influência do meio ambiente físico, sendo a maré o fator abiótico mais importante na diversidade e abundância dos organismos nesses substratos. Porém, a exposição à luz solar, a temperatura, o vento e a ação das ondas também são fatores importantes e moldam o costão rochoso. No entanto, erosão por batimento de ondas (FIG. 12.15c), vento e chuva são os principais agentes de controle. Há, ainda, o desgaste das rochas por organismos habitantes ou visitantes, como ouriços, esponjas e moluscos.



Figura 12.15 Exemplos de costões rochosos: paredão vertical (a); costão de baixa inclinação (b) e batimento de onda com alta energia (c). [Fotos extraídas do Laboratório de Bentos do Departamento de Biologia Marinha, UFRJ <<http://madlitteram.com/wp-content/uploads/2013/02/DSC00644.jpg>> e <<http://cidaderiadasostrs.com.br/monumento-natural-dos-costoes-rochosos>>].

3.2 Os organismos

O ecossistema do costão rochoso é complexo e com alta diversidade de organismos (FIG. 12.16). O substrato consolidado favorece a fixação de larvas de diversas espécies de invertebrados, sendo comum a ocupação do espaço por faixas densas de espécies fixas (sésseis).



Figura 12.16 Alta diversidade de organismos habita substratos de costões rochosos, proporcionando superfícies para a fixação de muitas espécies de invertebrados. [Fonte: <<http://www.dragteam.info/forum/ambiente/142761-recifes-de-coral.html>>].

Nos costões rochosos, a variação das condições ambientais se dá em uma escala espacial pequena, o que contribui para uma grande variedade de micro-hábitats, que determinam a diversidade biológica desses ecossistemas. Diferentes grupos apresentam adaptações e formas de vida relacionadas ao local que habitam.

O costão rochoso é um importante substrato de fixação e locomoção para diversos organismos. Sua ocupação pelos que aí se estabelecem ou se locomovem ocorre em faixas bastante distintas, normalmente perpendiculares à superfície do mar. Essas faixas ou zonas são formadas a partir das adaptações dos diversos organismos à variabilidade dos fatores abióticos e bióticos a que o costão rochoso está sujeito. A essa distribuição se dá o nome de zonação.

3.3 Distribuição dos organismos e zonação nos costões rochosos

De modo geral, são definidas três zonas principais de distribuição de organismos nos costões rochosos (FIG. 12.17).



Figura 12.17 Zonação de um costão rochoso em Angra dos Reis, RJ.

[Fonte: NOGUEIRA, D.; UFRJ].

3.3.1 Supralitoral

Supralitoral é a zona superior do costão, permanentemente exposta ao ar e recebendo apenas os borrifos de água do mar. Seu limite superior é a vegetação terrestre, que é composta por líquens ou plantas vasculares, e o limite inferior é o início da ocorrência de cirripédios (cracas) ou, por vezes, de gastrópodes. Essa zona é marcada pela influência da temperatura e da radiação solar, que faz com que os organismos sejam adaptados à perda de água e à variação da temperatura.

3.3.2 Médiolitoral

Médiolitoral é a zona que fica submersa durante a maré alta e exposta durante a maré baixa. Geralmente é marcada pela ocorrência de cirripédios, do gênero *Chthamalus* (cracas) (FIG. 12.18a), e por algas verdes, da família das ulváceas (FIG. 12.18b). Os organismos sésseis dessa zona estão adaptados à variação de maré e a todas as mudanças ambientais impostas por essa oscilação, o que inclui um período reduzido para alimentação e liberação de larvas. Os organismos móveis podem migrar para regiões inferiores na maré baixa e permanecem sempre submersos. Nessa zona ocorrem as **poças de maré** (FIG. 12.18c), depressões onde a água do mar forma piscinas durante a maré baixa, que estão sujeitas às condições atmosféricas e alta variabilidade de temperatura e salinidade.



Figura 12.18 (a) Cirrípedios (cracas) e ulva (alga verde) são organismos abundantes na zona do mediolitoral; (b) Zona mediolitoral com presença da alga verde da família das Ulvaceas, geralmente é indicadora de local com elevadas concentrações de nitrogênio; (c) poças de marés em período de maré baixa; (d) macroalga *Sargassum cymosum*, comum na franje infralitoral; (e) ouriço-do-mar, organismo comum; (f) estrela-do-mar na franje infralitoral do costão; (g) anêmona. [Fonte: (a) Laboratório de Bentos do Departamento de Biologia Marinha, UFRJ <www.laramg.uerj.br>; (b; c; d) <www.cifonauta.cebimar.usp.br>].

3.3.3 Infralitoral

Infralitoral é a zona situada abaixo do mínimo da maré baixa e que fica sempre submersa. Nessa zona, os fatores abióticos são mais estáveis e as relações bióticas (predação, herbivoria, competição) determinam a distribuição dos organismos. A zona infralitoral é caracterizada principalmente pela alga do gênero *Sargassum* (FIG. 12.18d) e outros organismos da fauna, como os equinodermas (ouriços-do-mar e estrelas-do-mar) (FIG. 12.18e; e 12.18f), cnidários (anêmonas) (FIG. 12.18g), crustáceos (camarão, ermitão, caranguejo etc.), além de várias espécies de peixes.

As anêmonas-do-mar ou actínias (a denominação tem origem na anêmona, uma flor terrestre) são um grupo de animais sésseis e predadores, da ordem Actinaria, que utilizam seus tentáculos para capturar alimentos.

4 PLATAFORMAS CONTINENTAIS

A plataforma continental compreende o sublitoral e a região nerítica e se estende da marca de maré-baixa até os 200 m de profundidade. É um ambiente relativamente amplo, essencialmente plano e largo (de 70 a 100 km), que compreende a borda submersa dos continentes (ver Capítulo 3: Províncias Fisiográficas). Nas plataformas continentais, o fundo do mar é quase horizontal, com um declive que raramente ultrapassa um grau. Seu limite externo é marcado pelo talude, ou quebra de plataforma, onde a inclinação do fundo do mar passa a ser de cerca de quatro graus (FIG. 12.19).

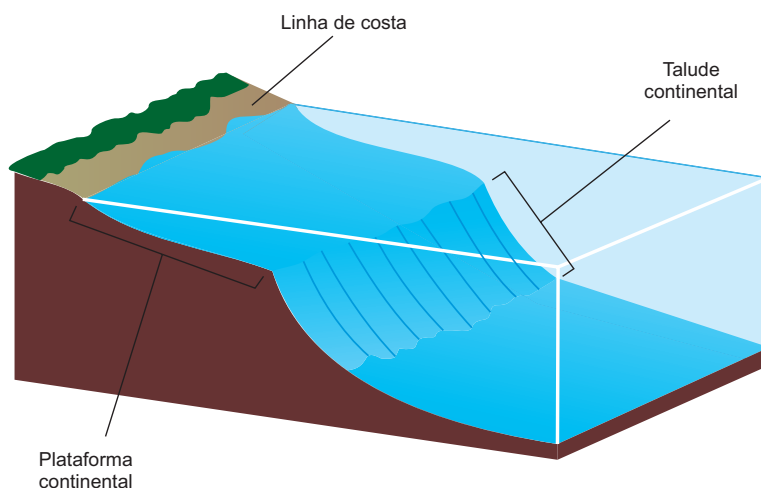


Figura 12.19 Esquema da plataforma continental.

[Fonte: <<http://www.zonacosteira.bio.ufba.br/plataforma.html>>].

Apesar de representar apenas 7 a 8% da área dos oceanos, a plataforma continental é uma de suas regiões mais ricas, com uma produtividade entre 100 e 160 gC/m²/ano (ver

Capítulo 11: Produção Primária nos Oceanos). Isso faz com que as plataformas continentais sejam importantes áreas para a pesca (ver Capítulo 13: Recursos Marinhos Vivos), geralmente associadas com seu fundo, como, por exemplo, o bacalhau, a merluza e diferentes linguados.

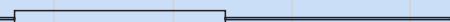
4.1 Os ambientes das plataformas continentais

Na plataforma continental podem ser reconhecidos os ambientes planctônico, nectônico e bentônico.

4.1.1 O ambiente planctônico

O plâncton é composto por organismos que vivem ao sabor das marés. Denominam-se fitoplâncton os organismos vegetais e zooplâncton os animais que compõem o ambiente planctônico. O plâncton é diverso taxonomicamente, sendo constituído por grupos que vão de protistas até estágios larvais de peixes. Os invertebrados são seus principais representantes, em especial os crustáceos, como o *krill* e os copépodes. No plâncton também se encontram as medusas (águas-vivas) e vários outros organismos gelatinosos. Os organismos planctônicos podem ter diferentes tamanhos, desde centésimos de micrômetros até metros (TAB. 12.2).

Tabela 12.2 Classificação dos organismos planctônicos de acordo com seu tamanho.

Plâncton	Femto-plâncton 0,02 - 0,2 μm	Pico-plâncton 0,2 - 2,0 μm	Nano-plâncton 2,0 - 20 μm	Micro-plâncton 20 - 200 μm	Meso-plâncton 0,2 - 20 μmm	Macro-plâncton 2 - 20 μcm	Mega-plâncton 20 - 200 μcm
Virio-plâncton							
Bacterio-plâncton							
Mico-plâncton							
Fito-plâncton							
Protozoo-plâncton							
Metazoo-plâncton							

O fitoplâncton é constituído por organismos autotróficos, que realizam fotossíntese e são a principal fonte de alimento das plataformas continentais. É composto por diatomáceas, que podem ser penadas ou cêntricas (ver Capítulo 11: Produção Primária nos Oceanos). Os dinoflagelados possuem dois flagelos e alguns podem ser heterotróficos. Suas intensas florações são conhecidas como marés vermelhas.

Os cocolitoforídeos são pequenos ($<20\ \mu\text{m}$) e possuem concha externa calcária, enquanto os silicoflagelados são uniflagelados e contêm espículas de sílica. As cianobactérias são também conhecidas com algas azuis-verdes, sendo que o gênero *Trichodesmium* pode fixar nitrogênio gasoso (N_2).

O zooplâncton é composto por organismos heterotróficos e se classifica em dois grupos principais. O holoplâncton é o grupo de organismos que tem todo o seu ciclo de vida no plâncton (FIG. 12.20). São cerca de 3.700 espécies de vários grupos taxonômicos. O meroplâncton é constituído por organismos que têm apenas parte do ciclo de vida no ambiente planctônico. Nesse grupo estão representantes de vários grupos taxonômicos que podem ser de espécies comercialmente importantes, como peixes, crustáceos e moluscos (FIG. 12.21).

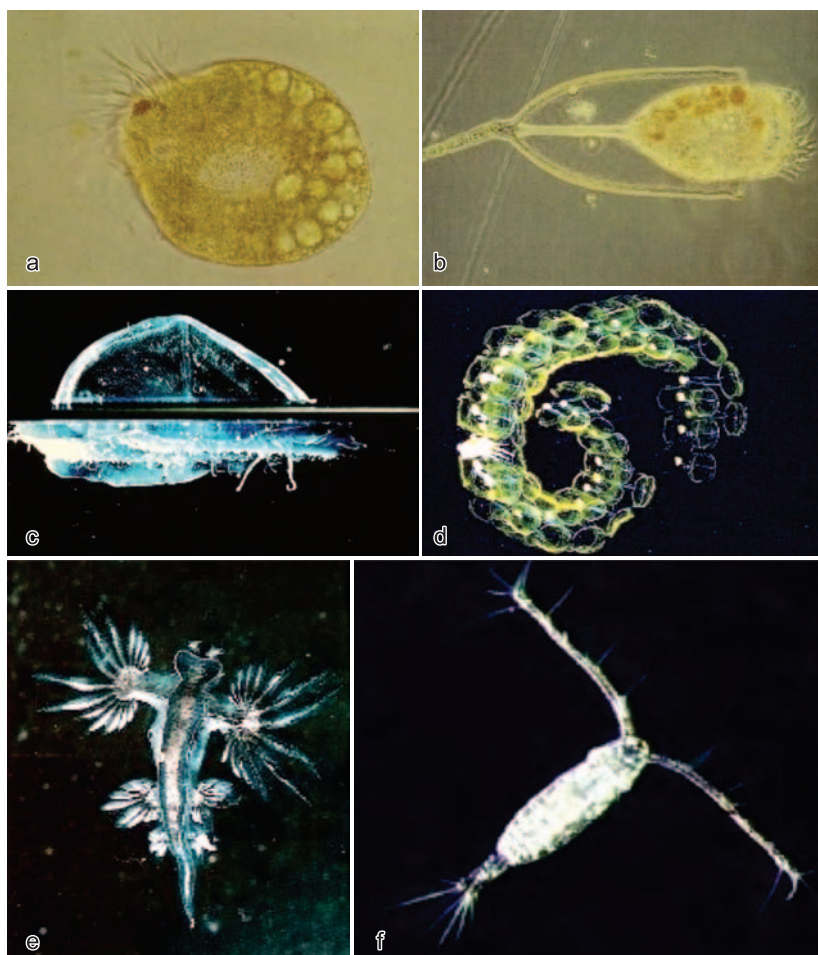


Figura 12.20 (a) Organismos comuns no holoplâncton de plataformas continentais: ciliado; (b) tintinídeo; (c) cnidário; (d) colônia de salpas; (e) molusco nudibrânquio; (f) copépode.

[Fonte: LALLI e PARSONS, 1997].

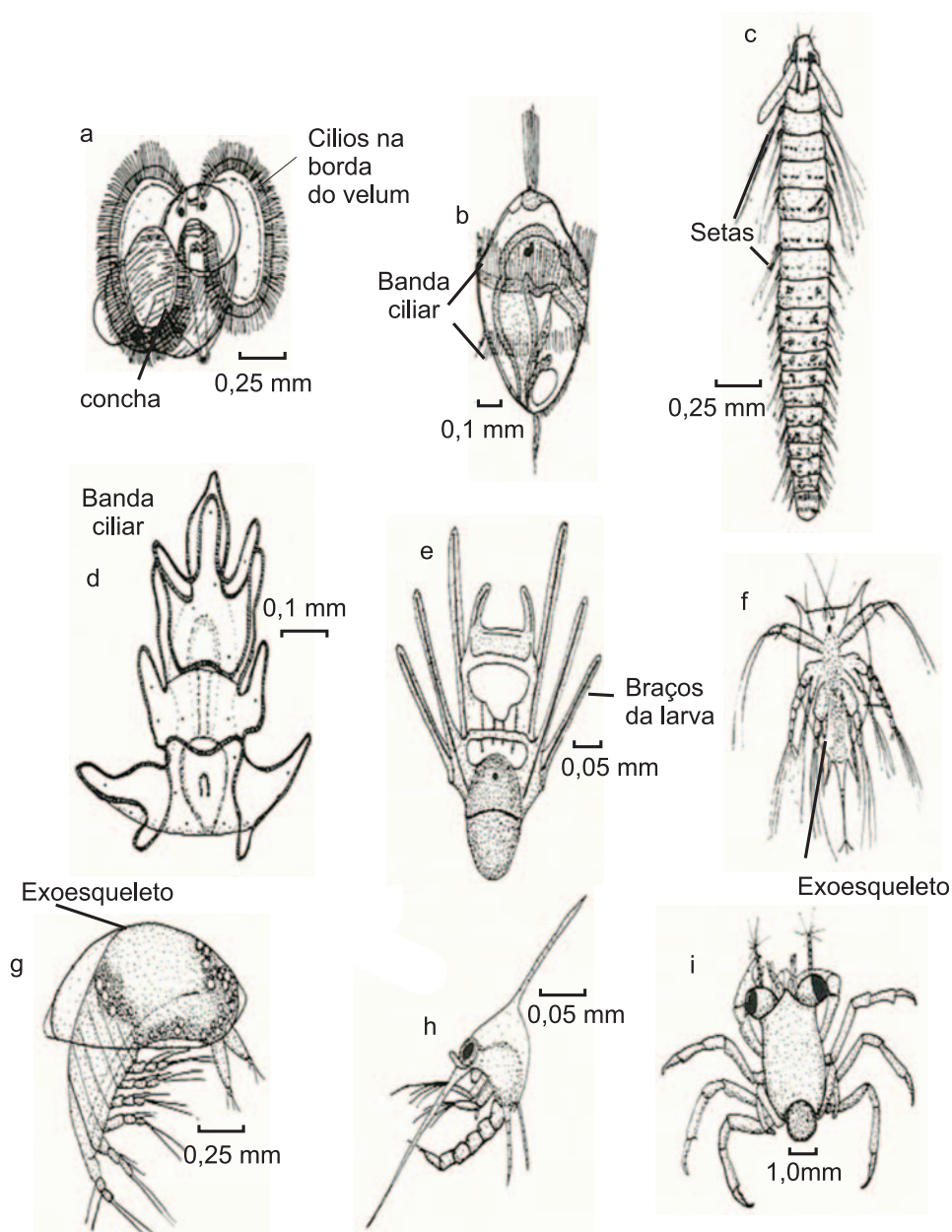


Figura 12.21 (a) Larvas que compõem o meroplâncton: véliger de molusco; (b) trocófora de poliqueta; (c) larva avançada de poliqueta; (d) bipinária de estrela-do-mar; (e) equinoplúteo de ouriço; (f) náuplio de craca; (g) cipris de craca; (h) zoé de siri; (i) megalopa de siri.

[Fonte: LALLI e PARSONS, 1997].

O ambiente planctônico é o responsável pela maior parte da produção biológica dos oceanos. Em plataformas continentais, os fatores limitantes da produção, tais

como a intensidade luminosa e os nutrientes, estão disponíveis em quantidades adequadas para manter uma produção biológica alta. Entretanto, existe uma variação desses fatores limitantes entre as diferentes latitudes, que determina ritmos e intensidades diferentes de produção dos trópicos aos polos (ver Capítulo 11: Produção Primária nos Oceanos).

4.1.2 O ambiente nectônico

O nécton é composto pelos organismos vertebrados e invertebrados que têm o poder de locomover-se e não estão sujeitos à ação do movimento das águas. Entre os invertebrados, se destacam as lulas (FIG. 12.22 a, b), que são abundantes em muitas plataformas e constituem importantes recursos pesqueiros (ver Capítulo 13: Recursos Marinhos Vivos). Os vertebrados são abundantes e representados por peixes (FIG. 12.23), répteis e mamíferos (FIG. 12.24). Crocodilos, iguanas e tartarugas são alguns dos répteis encontrados em plataformas continentais. Entre os mamíferos, destacam-se os cetáceos, que são as baleias e golfinhos (ver Capítulo 10: A Vida Marinha), e os pinípedes, que são as focas, lobos e leões-marinhos. Muitas aves também habitam as plataformas continentais e são importantes organismos do ambiente nectônico (FIG. 12.25).

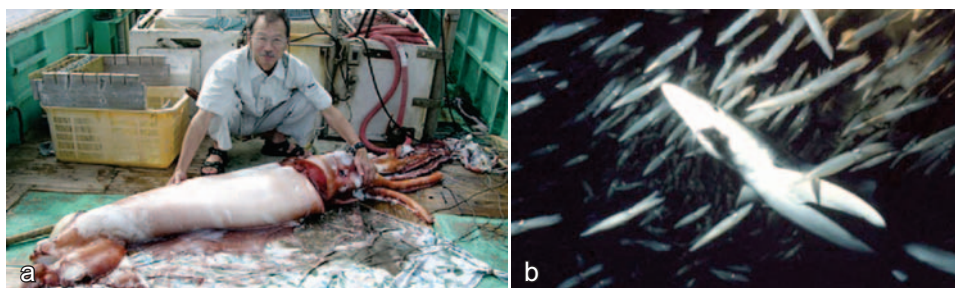


Figura 12.22 (a) Lula de grande tamanho no convés de um barco e (b) em cardume. [Fonte: (a) <<http://m.kosmixmedia.com/giant-squid/>> e (b) <<http://web.calstatela.edu/faculty/eviau/edit557/oceans/norma/osqud.htm>>].

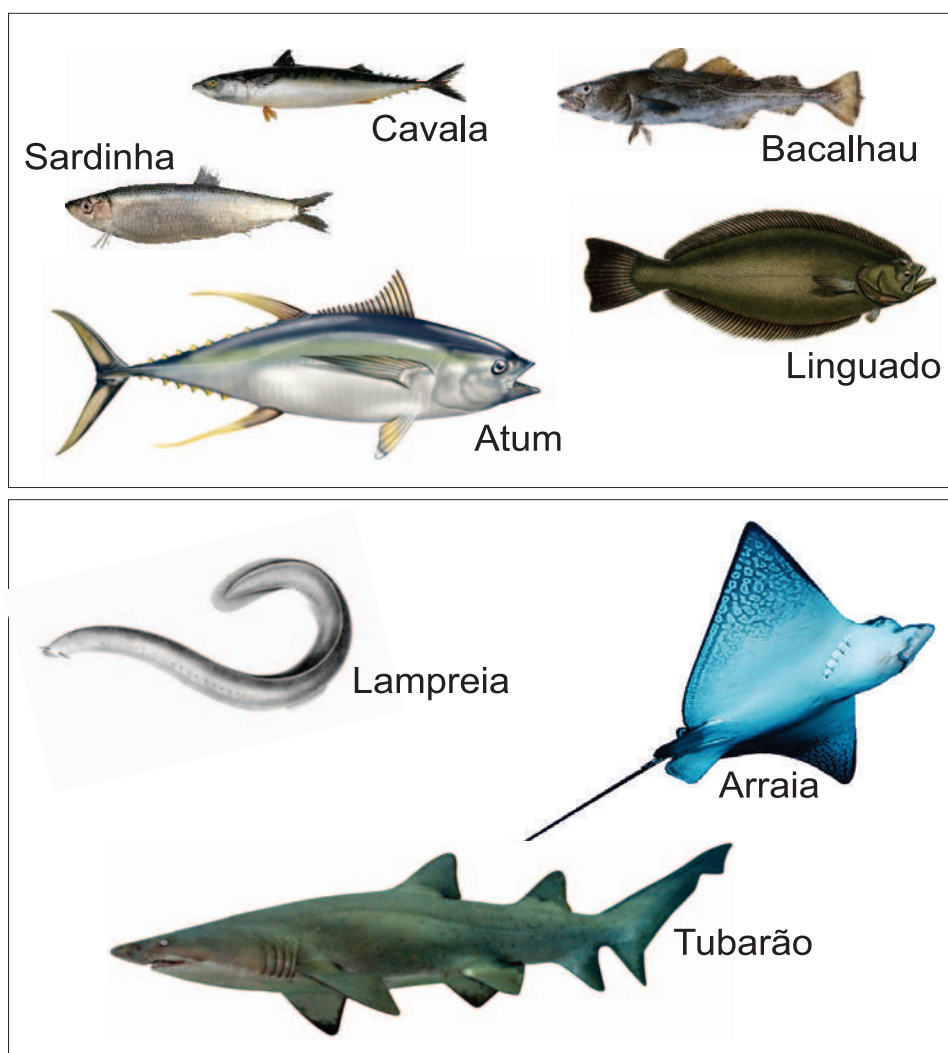


Figura 12.23 Entre os vertebrados da plataforma continental se destacam os peixes ósseos (painel superior) e os cartilagosos (painel inferior). [Fonte: LALLI e PARSONS, 1997].

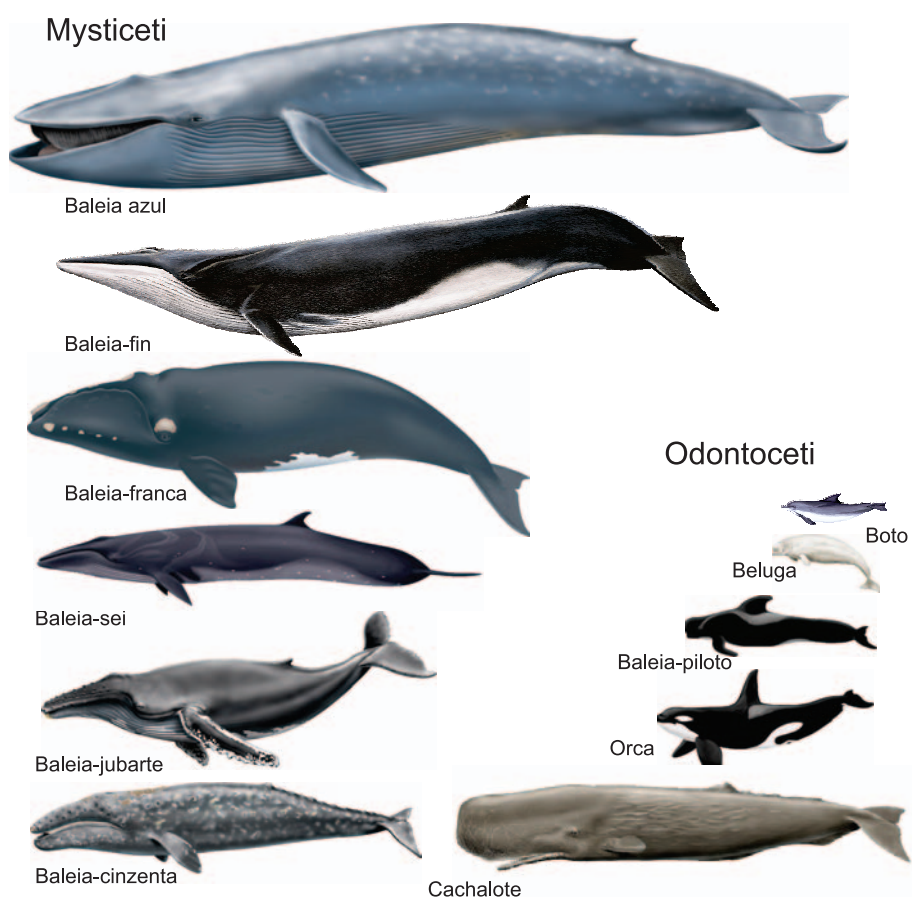


Figura 12.24 Os mysticetos e os odontocetos são dois grupos de mamíferos que habitam as plataformas continentais. [Fonte: LALLI e PARSONS, 1997].

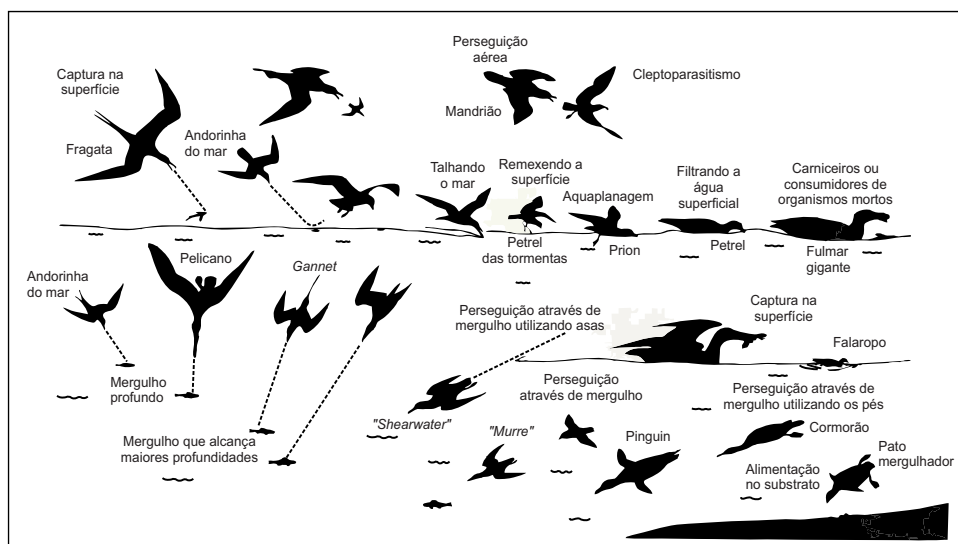


Figura 12.25 Vários grupos de aves exploram o ambiente nectônico das plataformas continentais, adotando diferentes maneiras de capturar seu alimento.

[Fonte: LALLI e PARSONS, 1997].

4.1.2.1 Adaptações ao ambiente nectônico

Para viver na coluna de água e reduzir seus gastos energéticos, os organismos que habitam o nécton desenvolveram adaptações morfológicas e comportamentais que permitem aumentar a flutuabilidade, melhorar a locomoção no meio aquático e reduzir a vulnerabilidade a predadores. Assim, alguns peixes ósseos possuem bexiga natatória. Já os tubarões e raias possuem um fígado aumentado e rico em substâncias gordurosas. Os mamíferos possuem espessa camada de gordura ao redor de seu corpo, enquanto as focas desenvolveram sacos aéreos em seu corpo. Todas estas são adaptações que permitem que estes organismos, que estão entre os maiores e mais pesados do ambiente marinho, tenham melhor flutuabilidade e possam habitar o nécton (FIG. 12.26).

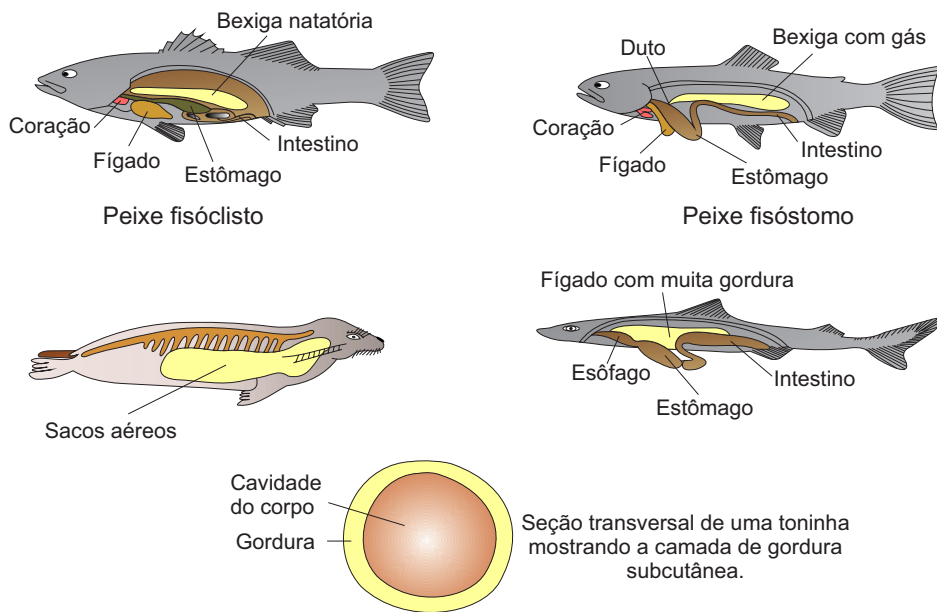


Figura 12.26 Adaptações de peixes e mamíferos para aumentar sua flutuabilidade no ambiente nectônico. [Fonte: NYBAKKEN, 1993].

Várias adaptações morfológicas permitem aos organismos nectônicos uma locomoção mais eficiente na plataforma continental. Rápidos nadadores, como os atuns, possuem um pedúnculo caudal que possibilita o batimento mais acelerado dessa nadadeira. Tartarugas, focas e pinguins adaptaram seus membros anteriores e posteriores para um formato que se assemelha a remos, o que favorece o deslocamento no meio aquático (FIG. 12.27).



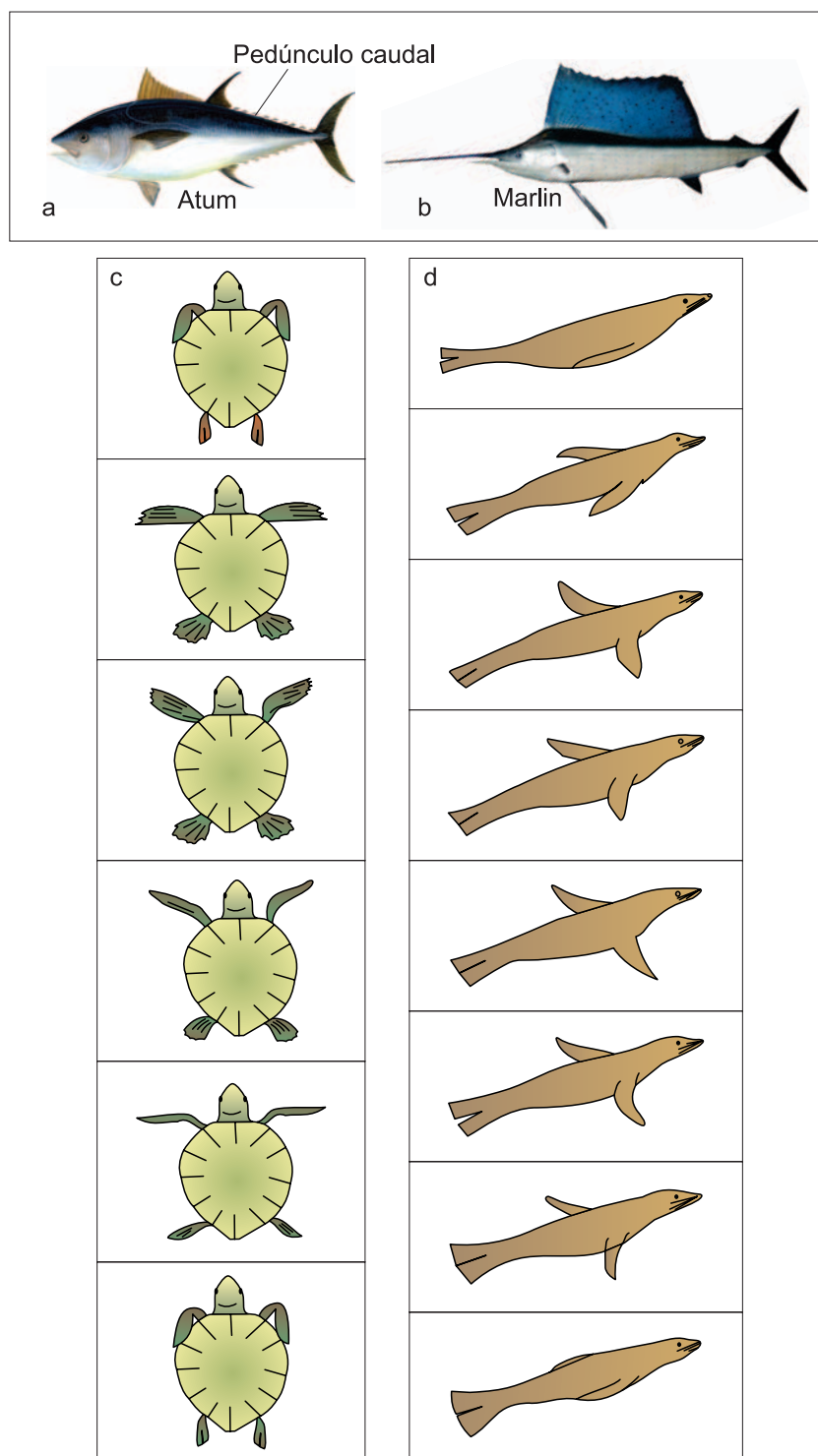


Figura 12.27 Adaptações que favorecem a locomoção de organismos do ambiente nectônico como teleósteos, atum (a) e marlim (b), tartarugas (c) e focas (d). [Fonte: NYBAKKEN, 1993].

4.1.3 O ambiente bentônico

O ambiente bentônico é constituído pelo fundo do mar e se caracteriza por uma diversidade de habitats que refletem as variações de pressão, temperatura, luz e tipo de substrato a que está submetido (FIG. 12.28). A luz é um parâmetro importante em regiões de pouca profundidade e de águas mais claras, mas em sua maior parte o ambiente bentônico é caracterizado pela ausência de luz. A pressão é um fator importante, pois a cada 10 m de aumento de profundidade há o aumento da pressão em 1atm. A salinidade e a temperatura, por outro lado, são praticamente constantes no fundo oceânico.

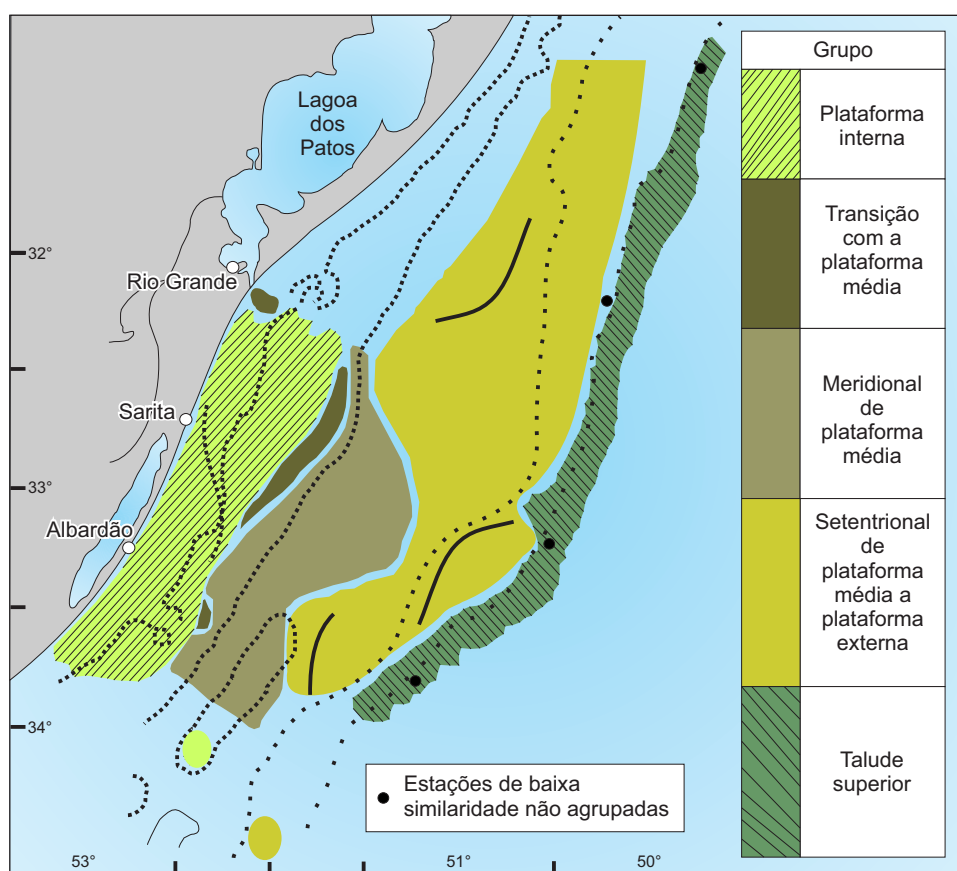


Figura 12.28 Distribuição de organismos bentônicos na plataforma continental do Sul do Brasil em função da profundidade e do substrato. [Fonte: CAPITOLI e BEMVENUTI, 2006].

O ambiente bentônico possui diversas fontes de alimento (FIG. 12.29), uma vez que o leito dos oceanos é o destino final de toda matéria orgânica produzida nas águas que estão acima. Assim, recebe material de origem continental, como detritos vegetais e animais. Organismos que migram na coluna de água também levam material

até o fundo, bem como a sedimentação da produção do fito e zooplâncton. Os organismos que morrem acabam tendo sua carcaça depositada no fundo, onde bactérias decompõem a matéria orgânica. Esse conjunto diversificado de fontes de alimento faz com que os fundos das plataformas continentais sejam importantes ambientes para peixes e invertebrados de interesse comercial, de forma que várias pescarias importantes são realizadas nessas áreas.

Macrófitas, como as grandes laminárias e algas, são as principais plantas do ambiente bentônico, que é marcado por grande diversidade taxonômica de invertebrados. Crustáceos, equinodermas, moluscos e poliquetas são os grupos mais comuns no bentos.

Os organismos bentônicos podem ser classificados de acordo com sua posição no sedimento. Quando vivem dentro do sedimento, pertencem à infauna. Já aqueles que vivem sobre o sedimento pertencem à epifauna (ver Capítulo 10: A Vida Marinha). Existe, também, uma divisão dos organismos bentônicos quanto ao seu tamanho:

Macrofauna: organismos maiores que 1 mm;

Meiofauna: aqueles com tamanho entre 0,1 e 1 mm;

Microfauna: os menores que 0,1 mm.

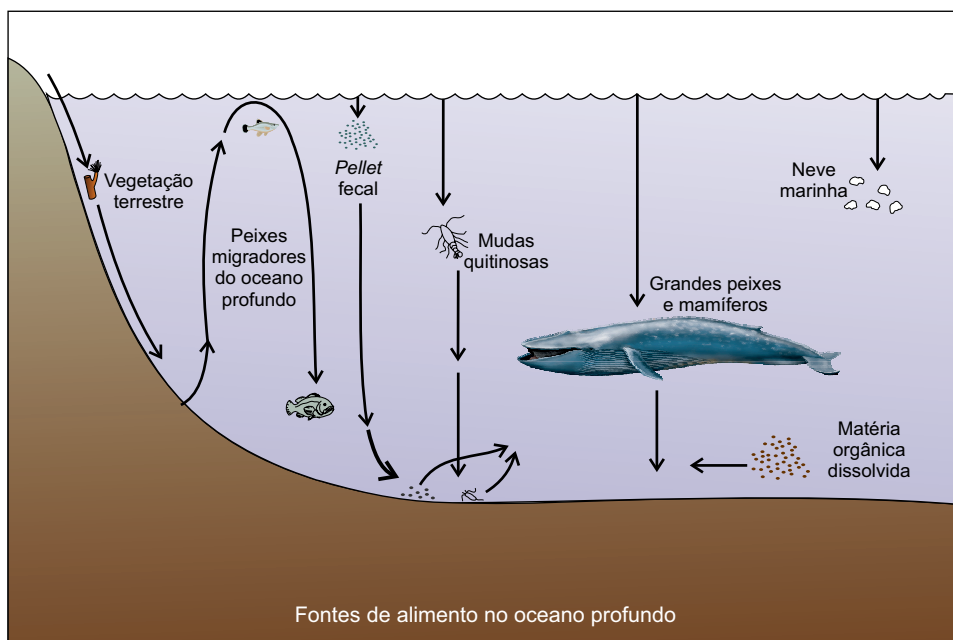


Figura 12.29 As diversas fontes de alimento para o ambiente bentônico. [Fonte: DAY et al., 1989].

Os fundos moles sem vegetação são os mais abundantes no leito marinho (FIG. 12.30), sendo caracterizados por sedimentos lamosos ou arenosos inconsolidados. Os principais organismos que habitam fundos moles são os poliquetas, crustáceos, moluscos e equinodermatas.

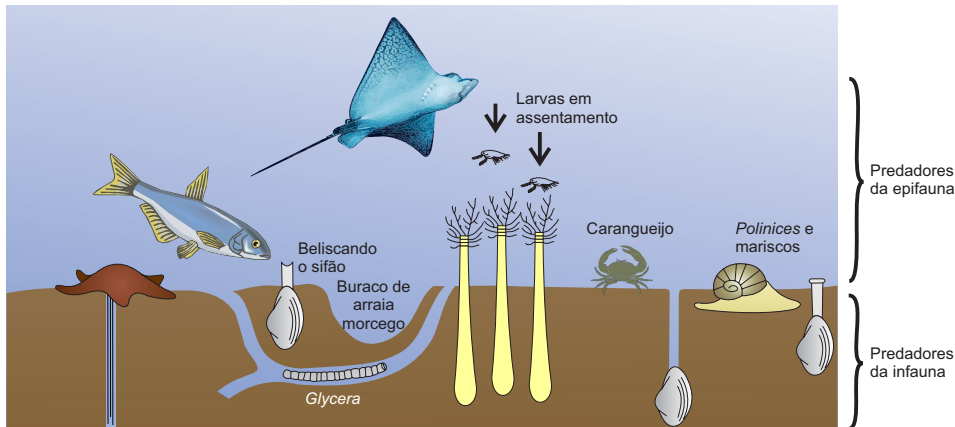


Figura 12.30 Comunidade de organismos residentes sobre fundos moles. [Fonte: DAY et al., 1989].

Os fundos rochosos são constituídos por substrato consolidado, geralmente rochas (FIG. 12.31), e possuem predominância de epifauna, caracterizada por animais incrustantes como esponjas, anêmonas, ascídias e briozoários. Também são encontrados nesses fundos grupos de algas coralíneas e laminárias.

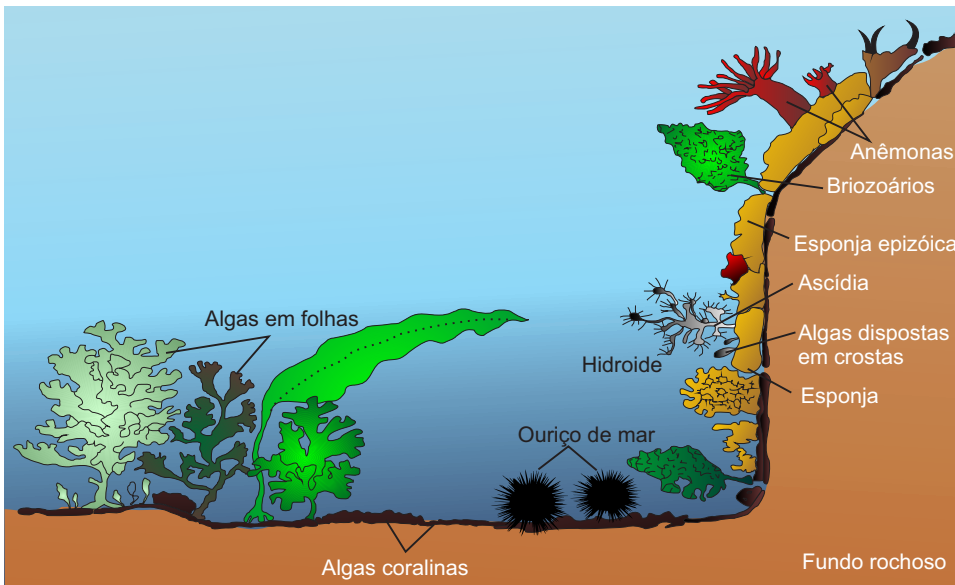


Figura 12.31 Diagrama representando a comunidade de organismos que habitam fundos rochosos. [Fonte: DAY et al., 1989].

Florestas ou campos de algas são compostos por algas gigantes, que podem aflorar à superfície ou não. Quando afloram são denominadas florestas, enquanto a designação de campos é empregada para fundos em que as algas não afloram na superfície do mar. Esses fundos possibilitam grande diversidade de habitats para várias espécies (ver Capítulo 11: Produção Primária nos Oceanos).

4.2 Relações ecológicas

As plataformas continentais são marcadas por cadeias tróficas, que geralmente tem quatro níveis (FIG. 12.32). Os produtores primários são na sua maioria algas do fitoplâncton, principalmente diatomáceas e dinoflagelados. Essa produção primária abastece os níveis tróficos seguintes, tanto no ambiente pelágico como no bentônico. No ambiente pelágico, os consumidores primários são os organismos do zooplâncton, enquanto no ambiente bentônico os moluscos filtradores se alimentam do fitoplâncton. Peixes pelágicos e bentônicos se alimentam desses consumidores primários e vão servir de fonte de energia e matéria para predadores de topo, como tubarões, salmões, aves e mamíferos marinhos. Um importante consumidor de topo nas plataformas continentais é o homem, que por meio da pesca retira uma parte considerável de seu alimento.

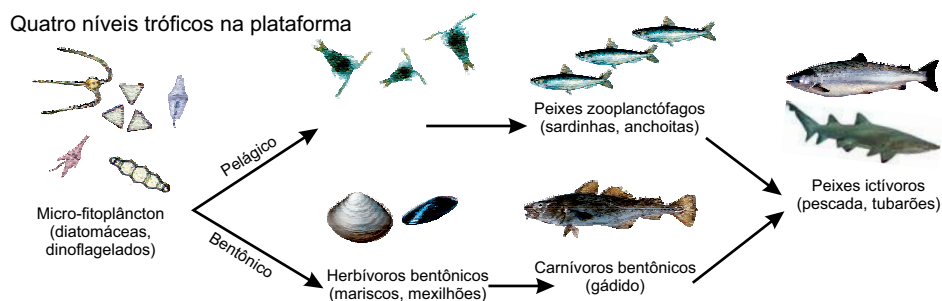


Figura 12.32 Uma cadeia trófica característica das plataformas continentais contém quatro níveis tróficos. [Fonte: LALLI e PARSONS, 1997].

5 FRENTES OCEANOGRÁFICAS

O corpo de água que representa o mar e os oceanos não é homogêneo; constitui-se de um mosaico de massas de água, que têm fronteiras marcadas por interfaces descontínuas. Quando essas descontinuidades se manifestam na superfície dos oceanos, são chamadas de frentes, nas quais há uma brusca mudança nas características conservativas das massas de água, formando-se um gradiente dessas características.

Muitas vezes essas descontinuidades ocorrem verticalmente, com a mudança de profundidade, sendo o gradiente conhecido como uma clina: termoclina para as mudanças na temperatura, picnoclina para as de densidade e haloclina para as de

salinidade. Nas clinas (ver Capítulo 5: Propriedades Físicas da Água do Mar) há mudança de densidade da água, o que faz com que as partículas afundem mais lentamente e se concentrem, favorecendo o aumento da produção biológica.

Mesmo em áreas produtivas dos oceanos, a concentração de alimento pode não ser suficiente para as necessidades dos organismos marinhos. No entanto, quase todas as frentes são marcadas por alta produtividade biológica, devido ao encontro de águas com características distintas.

5.1 Classificação das frentes oceanográficas

As frentes podem ser classificadas de acordo com os processos que lhes dão origem:

- Frentes de maré;
- Frentes de talude ou de quebra de plataforma;
- Frentes de ressurgência;
- Plumas e frentes estuarinas;
- Frentes oceânicas.

5.1.1 Frentes de maré

A ação da onda de maré provoca variações significativas no nível de mistura, dividindo os mares de plataforma no verão entre regiões bem-misturadas e zonas estratificadas (FIG. 12.33a). Como consequência, ocorrem diferenças nas características dessas duas regiões, que resultam em uma interface conhecida como uma **frente de maré** (FIG. 12.33b). Essas frentes são comuns no Mar do Norte, na costa leste do Canadá e na Patagônia, nas proximidades da Península Valdez.

Devido à periodicidade das marés, e como resultado da flutuação da corrente de maré e do deslocamento do posicionamento da fronteira entre as duas regiões, as frentes se tornam locais de alta densidade de fito e zooplâncton em superfície. O acúmulo na superfície se propaga verticalmente e origina máximos de densidade de organismos em subsuperfície, na região estratificada (FIG. 12.33c). Na região misturada, ocorre a dominância de diatomáceas e de copépodes adaptados à turbulência, que se distribuem homogeneamente na coluna de água. Na região estratificada, dominam pequenos flagelados na termoclina, enquanto o zooplâncton tende a ficar em superfície, limitado pela termoclina. Quando encontra a mancha de fitoplâncton, o zooplâncton para de migrar. Esse padrão de distribuição de organismos planctônicos é resultado da difusão dos nutrientes, da ocorrência de ondas internas e da migração vertical dos organismos. O ictioplâncton é abundante na frente de maré e as larvas exibem maior crescimento.

As frentes de maré também se manifestam no fundo dos oceanos. Na região misturada ocorre uma comunidade de organismos menos diversa e menos abundante e o substrato tende a ser arenoso. Já na região estratificada, ocorrem maior biomassa e matéria orgânica e o substrato é lamoso. As correntes **limpam** o fundo no lado misturado, enquanto o aumento da produção na frente leva a um aumento da sedimentação e acúmulo de matéria orgânica.

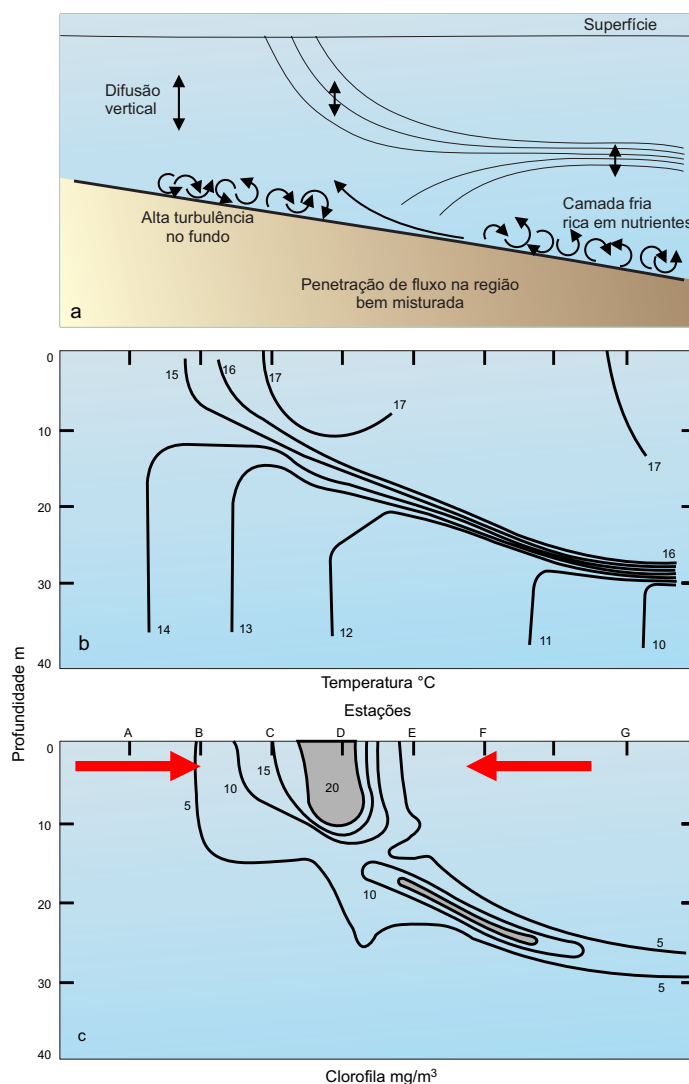


Figura 12.33 As frentes de maré são causadas pelo deslocamento da maré sobre a plataforma continental; (a) na parte mais rasa, a maré toca o fundo e cria uma mistura vertical em toda a coluna de água, mas na parte mais profunda isso não acontece, permitindo o aquecimento e a estratificação da coluna de água; (b) a interface entre a parte misturada e a estratificada é marcada por um gradiente de temperatura, (c) que favorece a floração de fitoplâncton, indicado pelas setas vermelhas. [Fonte: LALLI e PARSONS, 1997].

5.1.2 Frentes de talude ou de quebra de plataforma

Essas frentes ocorrem ao longo de quase todas as plataformas continentais oeste e separam águas frias e de pouca salinidade da plataforma de águas salgadas e quentes dos oceanos. Geralmente, são associadas a vórtices e meandros e sua criação e posição são controladas pela ação do vento e das correntes (FIG. 12.34a). Nessas frentes é comum ocorrer um aumento de produção biológica, devido a processos de concentração de partículas ou de ressurgência de nutrientes (TAB. 12.3), motivo pelo qual importantes pescarias se localizam nessas regiões, como a da lula na Patagônia (FIG. 12.34b).

Tabela 12.3 Biomassa de fitoplâncton e número de copépodes em três diferentes regiões associadas a frente de talude.

	Plataforma	Frente	Oceano
Fitoplâncton (mg.m ³)	1,5	6,0	3 - 4
Copépodes (n.m ²)	30.000	70.000	10.000

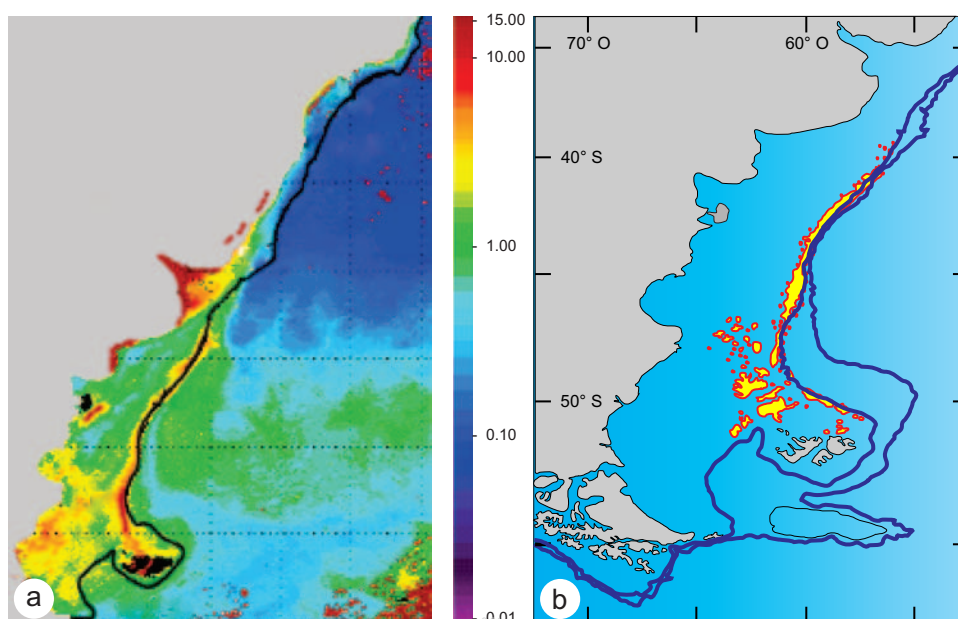


Figura 12.34 (a) Frente de quebra de plataforma na Patagônia e (b) a distribuição da pesca do calamar argentino (*Illex argentinus*). [Fonte: (a) ACHA et al., 2004 e ROMERO et al., 2006; (b) RODHOUSE et al., 2001].

Na plataforma sul do Brasil, o encontro entre águas da plataforma externa e região adjacente do talude continental costuma apresentar fortes gradientes térmicos verticais, como evidenciado na primavera de 1980 em dois transectos entre o farol do Albardão (FIG. 12.35a) e o Chuí (FIG. 12.35b).

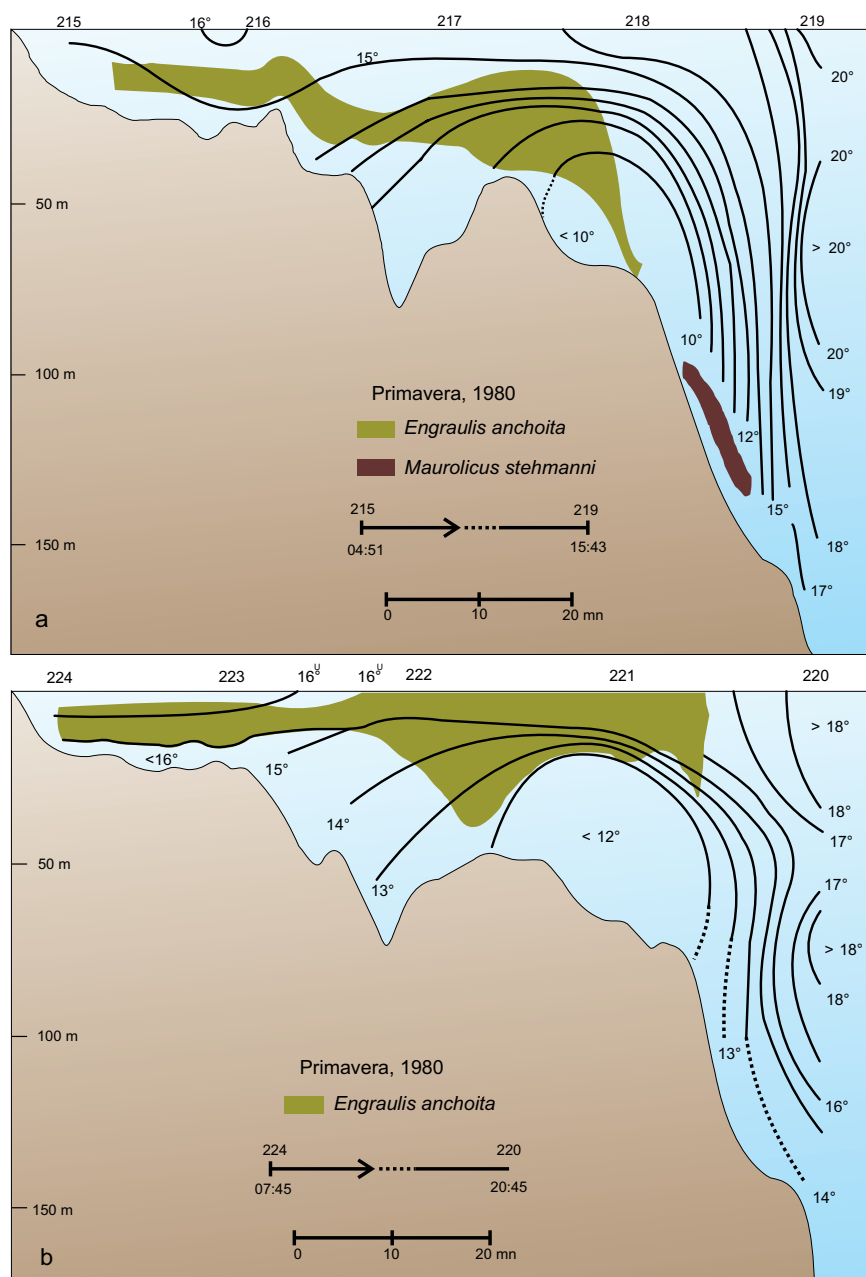


Figura 12.35 (a; b) Perfis de temperatura em dois transectos de primavera na plataforma e talude superior na região Sul brasileira frente a (a) Albardão e (b) Chui, mostrando fortes gradientes térmicos. [Fonte: CASTELLO, 1997].

5.1.3 Frentes de ressurgência

Estas frentes são características de regiões de ressurgência (*up-welling*, em inglês) nas costas oeste dos continentes. Nessas regiões o vento provoca uma corrente de deriva das águas superficiais, que se desloca a 90°, por efeito da força de Coriolis (ver Capítulo 7: Circulação Atmosférica e Oceânica), em relação à direção do vento, para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul.

Na superfície há a separação entre as águas frias que estão ressurgindo (subindo) e as águas quentes do oceano adjacente. A ação do vento faz com que as águas frias tenham maior velocidade em direção ao oceano, convergindo com as águas oceânicas, que têm menor velocidade. Na zona de descontinuidade há um aumento significativo de produção, devido à convergência e à disponibilidade de nutrientes. A região oceânica adjacente é estratificada e, devido à limitação de nutrientes, tem menor produção biológica. Assim, um vento de direção norte-sul, soprando paralelamente à costa brasileira, provocará deslocamento das águas superficiais para o leste. Essa corrente de deriva será compensada por uma corrente de água profunda em direção à costa. A subida dessa água profunda é lenta e o volume de água transportado durante esse processo pode ser calculado, o que representa o Índice de Ressurgência.

5.1.3.1 Onde ocorrem as principais ressurgências

As principais ressurgências ocorrem ao longo do litoral oeste dos continentes, onde atuam ventos oriundos da circulação atmosférica em torno dos centros de alta pressão situados no meio dos oceanos.

Pela intensidade e extensão do fenômeno e por suas consequências sobre as atividades pesqueiras, as regiões de ressurgência mais conhecidas são as do Oceano Pacífico, nas costas do Peru e da Califórnia, as do Oceano Atlântico, nas costas da África do Norte (do Marrocos até o Senegal) e do Sul (África do Sul e Namíbia), e a do Oceano Índico, na costa da Somália, onde sopram os fortes ventos da monção (FIG. 12.36).

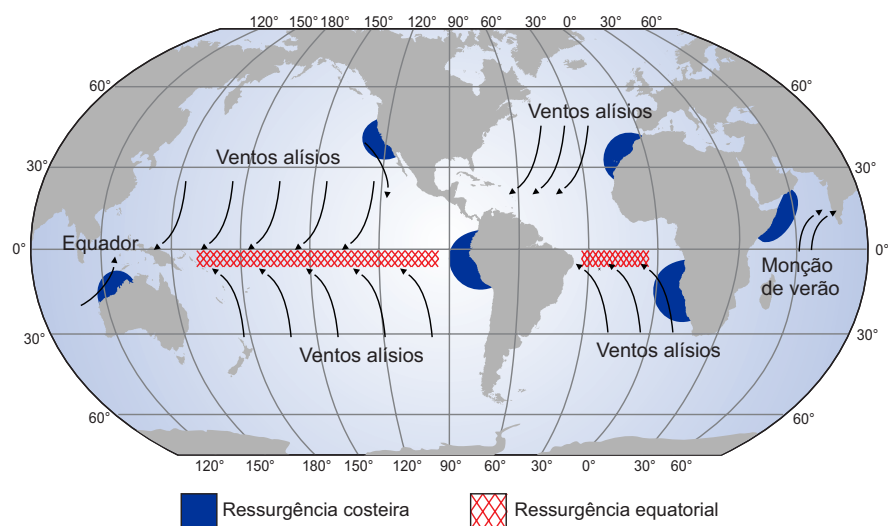


Figura 12.36 Localização das principais ressurgências no mundo. Em azul, as ressurgências costeiras, em vermelho as ressurgências equatoriais.

[Fonte: <http://filosofiaclimatica.blogspot.com.br/2014_02_01_archive.html>].

BOX 12.1 RESSURGÊNCIAS COSTEIRAS

As ressurgências costeiras ocorrem junto ao litoral e são de menor magnitude e amplitude, como a do Cabo Frio, no litoral do Rio de Janeiro, e de caráter pulsante, como a do Cabo de Santa Marta Grande, em Santa Catarina. Há, ainda, ressurgências não-costeiras, que ocorrem no meio dos oceanos e são causadas pela divergência de correntes de deriva. O exemplo mais significativo é a divergência do Oceano Pacífico Equatorial, provocada pelos ventos alísios (FIG. 12.37).

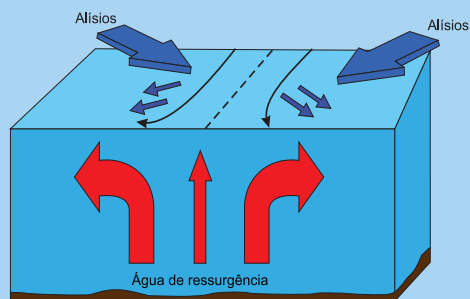


Figura 12.37 Subida de água profunda no Equador, provocada pelos ventos alísios.

[Fonte: <http://filosofiaclimatica.blogspot.com.br/2014_02_01_archive.html>].

5.1.3.2 As consequências da ressurgência

A subida de água profunda não se manifesta apenas pelas suas baixas temperaturas, mas, sobretudo, pelo elevado teor em sais minerais nutrientes, oriundos da remineralização dos detritos orgânicos durante a sua sedimentação (ver Capítulo 11: Produtividade Primária nos Oceanos).

Nos trópicos, apesar da intensa incidência luminosa, as águas quentes de superfície são muito pobres em fitoplâncton, em razão da carência de nutrientes, que são abundantes na zona afótica. Com o afloramento das águas profundas, são preenchidas as condições para que haja uma intensa produção biológica (FIG. 12.38).

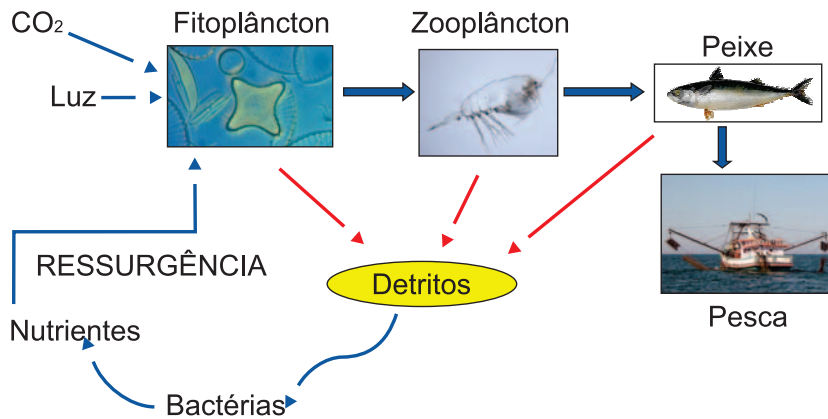


Figura 12.38 Diagrama conceitual da rede trófica em zona de ressurgência.

Nas regiões do mundo onde a ressurgência persiste o ano inteiro, os nutrientes não são limitantes e a produção primária alcança elevados níveis. É o caso da ressurgência do Peru, conhecida como a região de maior produção pesqueira do mundo (ver Capítulo 13: Recursos Marinhos Vivos). Entretanto, nos anos de ocorrência do fenômeno *El Niño*, as mudanças climáticas causam uma redução da intensidade da ressurgência costeira, com consequências dramáticas sobre a produção primária e pesqueira.

BOX 12.2
O FENÔMENO
EL NIÑO

El Niño é o aquecimento excessivo das águas do Oceano Pacífico, criando uma forte termoclina que impede a subida de água profunda (ressurgência) na costa do Peru. Esse fenômeno, que ocorre na época do Natal, daí o nome de *El Niño* (Menino Jesus), tem grandes consequências negativas sobre a produção primária e pesqueira e sobre o clima de toda a América do Sul (Fig. 12.39).

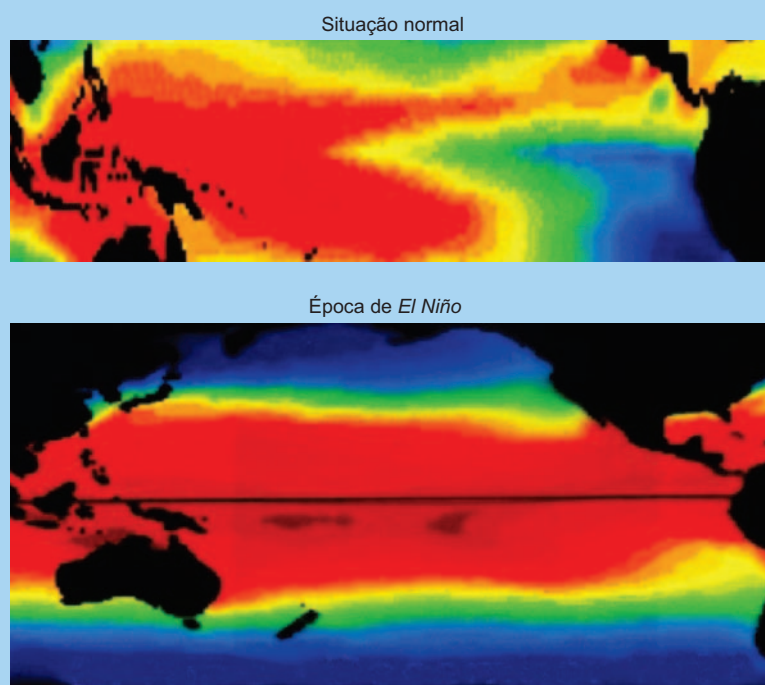


Figura 12.39 Imagem de satélite mostrando o fenômeno *El Niño*, com água quente (em vermelho) invadindo a costa do Peru e impedindo a subida de água profunda (em azul). [Fonte: KAMPEL, 2009].

Além do efeito enriquecedor das águas frias profundas, as ressurgências provocam o aparecimento de uma fauna e flora típica de regiões temperadas e frias. As regiões geográficas onde ocorrem ressurgências apresentam características comuns e peculiares, com baixas precipitações associadas a ventos fortes e frequentes, formação de neblinas e uma paisagem típica com dunas de areia branca e vegetação xerófila à base de cactáceas.

5.1.3.3 Ressurgências costeiras no Brasil

Em contraste com o padrão geral de distribuição das grandes ressurgências costeiras, que ocorrem no lado leste dos oceanos, a costa brasileira apresenta uma área de ressurgência no litoral do Estado do Rio de Janeiro, com epicentro situado na altura do Cabo Frio, e outra na altura do Cabo Santa Marta (SC), de menor extensão espacial e temporal. Essas ressurgências atípicas, situadas no lado oeste do Oceano Atlântico, são causadas por ventos locais. Embora apresentando as mesmas características das grandes ressurgências, são de menor extensão e menor intensidade, ou seja, é menor o volume de água transportada (menor índice de ressurgência).

BOX 12.3

CAPO FRIGIDIO

É antiga a constatação de uma ressurgência na região do Cabo Frio. Na carta náutica dos navegadores portugueses do século XV consta, na latitude 23° S, um cabo denominado **Capo Frigidio**, onde foi constatada uma anomalia térmica negativa. Foi somente em 1936 que pesquisadores, a bordo do navio oceanográfico alemão *Meteor*, comprovaram cientificamente a ocorrência de uma ressurgência nessa região. As pesquisas se intensificaram e prosseguem até hoje, graças ao pioneirismo do Almirante Paulo de Castro Moreira da Silva, idealizador, no início da década de 1970, do então chamado **Projeto Cabo Frio**, visando ao estudo e aproveitamento da mencionada ressurgência. Atualmente, as pesquisas continuam no Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM (o Almirante faleceu em maio de 1983), no mesmo local onde funcionava o antigo **Projeto Cabo Frio**, em Arraial do Cabo, RJ.

5.1.3.4 As causas da ressurgência do Cabo Frio

A ressurgência do Cabo Frio é originada pelos ventos de quadrante leste-nordeste que afastam da costa as águas superficiais quentes da Corrente do Brasil. Dessa forma, ocorre a subida de águas profundas, como a Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Esta é oriunda do encontro das águas da Corrente das Malvinas com a Corrente do Brasil e afundamento de parte da Corrente das Malvinas, na altura do Rio da Prata, na convergência subtropical (FIG. 12.40).



Figura 12.40 Imagem mostrando a região do Cabo Frio, com ventos de NE provocando o deslocamento das águas superficiais para fora da costa e determinando o fenômeno da ressurgência. [Fonte: *Google Earth*].

O fenômeno é interrompido quando da passagem de frente fria com ventos de quadrante oeste-sudoeste, provocando um recuo da ACAS e o acúmulo de água superficial quente junto à costa. É o processo inverso da ressurgência, chamado de subsidência.

O fenômeno da ressurgência é mais frequente e constante na primavera-verão, sendo mais raro e de menor intensidade de março a setembro (Fig. 12.41).

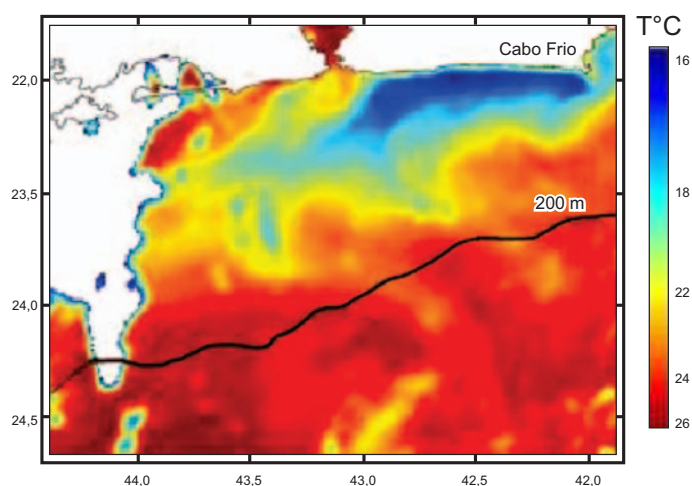


Figura 12.41 Imagem de satélite mostrando as águas profundas frias (em azul) chegando na superfície em razão do fenômeno de ressurgência em Cabo Frio. [Fonte: KAMPEL, 2009].

5.1.3.5 As consequências da ressurgência de Cabo Frio

A ACAS é encontrada em profundidades abaixo do talude continental (200-300 m), com baixa temperatura ($<18^{\circ}\text{C}$) e salinidade em torno de 35,5, e transporta para a camada eufótica quantidades expressivas de nutrientes ($>10\ \mu\text{M}$ de nitrato), contrastando com a pobreza da água oligotrófica superficial da corrente do Brasil ($<1\ \mu\text{M}$). Como consequência, há um aumento da produção primária ($>10\ \text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$), da clorofila *a* ($>1\ \mu\text{g}/\text{l}$) e da biomassa zooplantônica ($>200\ \text{mg}/\text{m}^3$ peso seco). Diversas espécies de copépodes típicas de regiões temperadas e frias aparecem na superfície junto com as águas profundas.

A estrutura das comunidades bentônicas também é alterada pela presença das águas frias nos costões e na plataforma da região. Da mesma forma, ocorrem espécies de macroalgas de afinidade temperada, a exemplo da alga *Laminaria abyssalis*, de grande interesse econômico por ser fonte de alginato, substância que entra em muitos produtos alimentícios. Essa alga (ver Capítulo 11: Produção primária nos oceanos) pode alcançar vários metros de comprimento e se encontra em grande quantidade na plataforma interna do golfo de Macaé, RJ. É uma alga que exige água fria para seu desenvolvimento, além dos nutrientes trazidos pela ressurgência.

A região do Cabo Frio constitui uma barreira biogeográfica entre as comunidades tropicais ao norte e subtropicais ao sul. Outros organismos da fauna benthica e demersal se beneficiam da entrada de água profunda. Entre eles, encontram-se os mexilhões (o molusco bivalve *Perna perna*), os siris (o crustáceo *Pachygrapsus transversus*) e as estrelas-do-mar (o equinoderma *Astropecten cingulatus*). O ciclo de reprodução desses organismos é ajustado à ocorrência da ressurgência, para que as larvas possam encontrar o alimento necessário ao seu desenvolvimento. As elevadas capturas da lula (*Loligo sanpaulensis*) e da sardinha (*Sardinella brasiliensis*) (ver Capítulo 13: Recursos Marinhos Vivos) também são consequência direta da ressurgência no Cabo Frio.

Como observado em todas as regiões de ressurgência do mundo, a região do Cabo Frio apresenta uma paisagem típica com dunas de areia branca e vegetação dominada por cactos, consequência das baixas precipitações e fortes ventos (FIG. 13.42a; b; c).



Figura: 12.42 (a) Duna na zona costeira da área de ressurgência do Cabo Frio; (b) vegetação à base de cactáceas na mesma região; e (c) as areias brancas da Praia Grande, em Arraial do Cabo, RJ.

5.1.4 Plumas e frentes estuarinas

Essas feições estão associadas a regiões de estuários com alta descarga continental, localizados em plataformas rasas e com baixa declividade. As plumas se formam devido à alta vazão de água doce nos oceanos, que produz um grande aporte de nutrientes e matéria orgânica (FIG. 12.44 a, b). Na região de limite entre a pluma estuarina e o mar adjacente ocorre a frente estuarina. Essa frente é uma região de convergência, com alta atividade biológica e concentração de vários organismos. A biomassa de fitoplâncton e o número de organismos do zooplâncton aumentam nessa frente. Consequentemente, os peixes se agregam nessa área para se alimentarem, o que gera um aumento no número de ovos e larvas desses organismos (FIG. 12.45 a, b, c). A corvina (*Micropogonias furnieri*) no Rio da Prata é um exemplo.

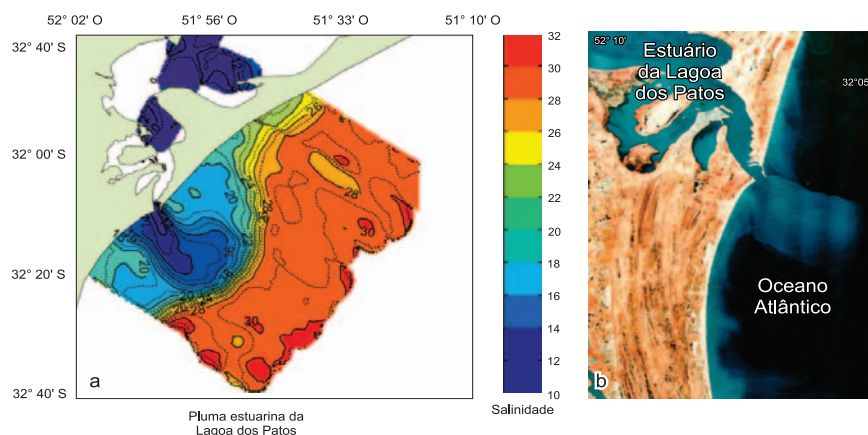


Figura 12.43 (a) Pluma e frente estuarina da Lagoa dos Patos, representada por seu campo de salinidade observado por sensores montados em um avião, e (b) observado por imagem satelital. [Fonte: dos autores].

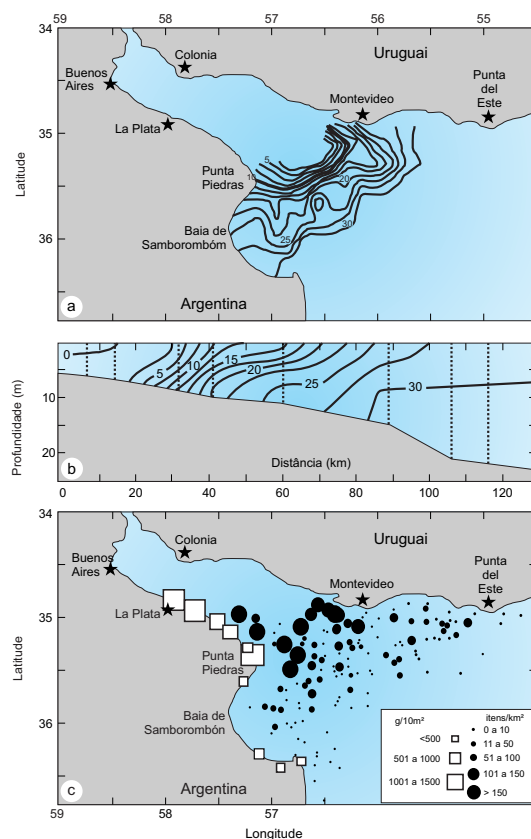


Figura 12.44 Concentração de organismos na frente estuarina do Rio da Prata; (a) frente halina na superfície; (b) na vertical; e (c) concentração de organismos em g/10 m² e em número de itens por km². [Fonte: ACHA et al., 2003].

5.1.5 Frentes oceânicas ou planetárias

As frentes oceânicas ou planetárias são descontinuidades ocasionadas pelas correntes geostróficas (ver Capítulo 7: Circulação Atmosférica e Oceânica) dos oceanos e são encontradas em regiões de mar profundo (FIG. 12.46). Essas frentes abrangem quase a largura total das bacias oceânicas e estão associadas às características do sistema de ventos do planeta. As frentes são encontradas na Corrente Circumpolar e entre os giros oceânicos subtropicais e subpolares e têm grande impacto sobre os processos de interação oceano-atmosfera, influenciando as condições atmosféricas, devido às diferenças de temperatura. As frentes são importantes na concentração e zonação de organismos marinhos, sendo observado que o seu deslocamento influencia a migração de tartarugas e de outros predadores de topo.

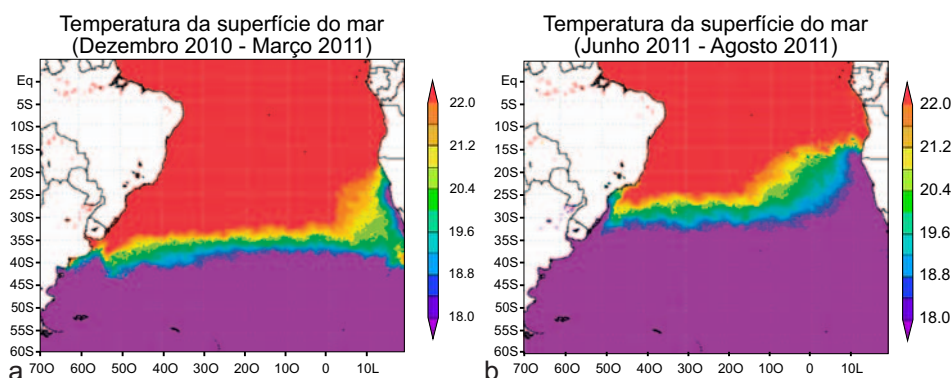


Figura 12.45 (a) Frente Subtropical no Oceano Atlântico Sul no verão e no (b) inverno conforme a distribuição da temperatura na superfície do mar.

6 RECIFES DE CORAIS

Os corais são organismos coloniais do filo Cnidário e da classe Anthozoa, que em sua maioria constroem exoesqueletos calcários (os corais hermatípicos). Esses esqueletos são responsáveis pela estrutura rochosa chamada de recifes de coral (FIG. 12.46a). Os corais crescem na região fótica de mares tropicais, de forte ação de ondas, que mantêm disponível na coluna de água alimentos e oxigênio dissolvido. São organismos que dependem de águas rasas, limpas, mornas e pobres em nutrientes para crescer.

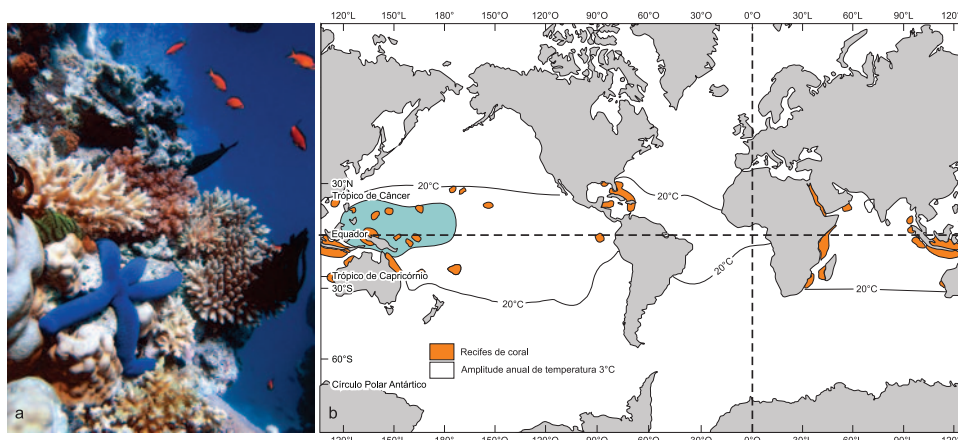


Figura 12.46 (a) Organismos em um recife de coral, e (b) mapa de distribuição dos recifes de coral (em marrom). [Fonte: (a) <pt.wikipedia.org>; (b) <http://pt.wikipedia.org/wiki/Recife_de_coral>].

BOX 12.4 OS CORAIS HERMATÍPICOS

Os pólipos dos corais hermatípicos contêm normalmente uma microalga dinoflagelada chamada zooxantela. Trata-se de uma relação simbiótica, pois a alga assegura, por fotossíntese, a fixação do carbono e a energia para o pólipos, que por sua vez dá proteção e nutrientes à alga. Quando as condições favoráveis de luz e nutrientes permitem uma taxa fotossintética elevada, a rápida incorporação do gás carbônico provoca a precipitação do carbonato de cálcio na base do pólipos. Contrastando com essa relação simbiótica, existem outros três tipos de corais (duros, negros e moles) de águas profundas frias, onde a luz está ausente. Nesse caso o pólipos se alimenta de detritos orgânicos e plâncton que se encontram em suspensão e são transportados por fortes correntes profundas. Frequentemente, esses corais estão localizados onde o fundo oceânico apresenta elevações, como montes submarinhos, cristas e cordilheiras.

6.1 Distribuição e classificação dos corais

Os recifes de coral cobrem aproximadamente 284 mil quilômetros quadrados (apenas 3% da plataforma continental tropical), numa faixa situada entre 30° de latitude norte e sul. A grande maioria (92%) se encontra no Mar Vermelho, Oceano Índico, sudeste asiático e Oceano Pacífico e apenas 8% no Oceano Atlântico e no Mar do Caribe (FIG. 12.46b).

O ótimo de temperatura para o crescimento dos corais é entre 26 e 28 °C, o que explica a ausência desses organismos nas regiões de ressurgência, como na costa oeste dos Estados Unidos e da África. No entanto, eles também podem crescer em temperaturas de até 20 °C. Na América do Sul estão restritos ao longo da costa norte-oriental, devido ao aporte de grandes quantidades de água doce a partir do Amazonas.

BOX 12.5**A GRANDE BARREIRA
DA AUSTRÁLIA**

Os recifes mais famosos são os da Grande Barreira da Austrália, que se estende por 2.000 km e se formou nos últimos 500 mil anos; a Barreira de Corais de Belize, segunda maior do mundo e localizada em Belize, América Central, e o Atol de Enewetak, no Oceano Pacífico tropical, com 1.300 m de espessura e formado há provavelmente 50 milhões de anos.

Os corais formam diversos tipos de recifes, de acordo com a disponibilidade de substrato, as mudanças do nível do mar, a intensidade luminosa e a ação das ondas. Podem-se reconhecer os seguintes tipos:

Recifes-franja, que são ligados diretamente a terra (FIG. 12.47a);

Recifes-mesa, que são isolados, crescem em lagunas rasas e são geralmente cercados por areia;

Recifes-barreira, que cercam muitas ilhas tropicais e são separados da terra por lagoas, onde também ocorrem recifes-mesa e franja (FIG. 12.47b); e

Atóis, que são recifes-barreira de forma mais ou menos circular ou contínua rodeando uma lagoa. Os atóis podem atingir até 10 km de largura e são muito famosos pela sua diversidade biológica (FIG. 12.47c).

BOX 12.6**A FORMAÇÃO
DOS ATÓIS**

Charles Darwin foi o primeiro cientista a formular uma teoria sobre a formação dos atóis, que hoje é amplamente aceita. De acordo com essa teoria, após a formação de uma ilha vulcânica, há uma rápida colonização por corais, formando um recife-franja. Em seguida, com a elevação do nível do mar, os corais crescem mais rapidamente nas margens externas do recife-franja, formando um recife-barreira. A ilha pode eventualmente desaparecer, mas o recife em forma de anel irá permanecer.

BOX 12.6



Figura 12.47 Exemplo de (a) recife-franja; (b) Grande barreira de recife de corais na Austrália; (c) Atol das Rocas, Brasil. [Fonte: (a) <pt.wikipedia.org>; (b) <caminhosdoturismopeloturismologo.blogspot.com> e (c) <l4sma.blogspot.com>].

JORGE P. CASTELLO E LUIZ C. KRUG (ORG.)

6.2 Os Fatores Ambientais

A reprodução e o crescimento dos corais hermatípicos são fortemente influenciados pelas condições físicas do ambiente. Os corais são principalmente afetados por:

Temperatura: os corais têm baixa tolerância às variações térmicas. O ótimo de temperatura para seu desenvolvimento encontra-se entre 26 e 28 °C;

Luz: é vital para os corais, que dependem da fotossíntese das zooxantelas. A disponibilidade de luz determina o máximo de profundidade alcançado pelo coral. A maioria dos corais hermatípicos se concentram entre 0 e 10 m de profundidade, raramente além de 30 m;

Salinidade: o crescimento dos corais é maior em salinidade entre 33 e 35. Em áreas costeiras, de baixa salinidade, próximas a estuários, o coral não se desenvolve, mesmo sob condições favoráveis dos demais fatores;

Ondas: constituem um importante fator estruturador dos recifes. A ação das ondas provoca correntes em torno dos recifes, o que disponibiliza os nutrientes e o oxigênio. Por outro lado, as grandes tempestades e ciclones têm efeito destruidor, afetando sua distribuição; e

Sedimentos: de maneira geral, os sedimentos em suspensão, devido a atividades antrópicas no litoral, têm um impacto significativo sobre os corais em pouco tempo, por sufocamento, abrasão, sombreamento e inibição do recrutamento das larvas dos pólipos.

6.3 Produção e rede trófica

Os recifes de coral suportam uma extraordinária biodiversidade, embora estejam localizados em águas tropicais pobres em nutrientes. Os nutrientes, incluindo nitrogênio inorgânico e fósforo, são diretamente adsorvidos a partir da água, sendo que os

corais se alimentam do zooplâncton, que é transportado pelos pólipos com o movimento da água.

Os corais são responsáveis por uma grande parte da fixação do carbono nos recifes. Porém, menos da metade do carbono é disponível aos consumidores, pois a maior parte é respirada, reciclada ou acumulada na colônia. Somente algumas espécies recifais, tais como o gastrópode *Drupella*, o equinoderma *Acanthaster* e alguns peixes, predam diretamente nos pólipos. É o carbono fixado pelas algas, extremamente produtivas, que contribui para a manutenção da rede trófica dos recifes. Muitas espécies recifais de peixes e invertebrados, ao preda sobre os pólipos, contribuem para a ciclagem dos compostos orgânicos e nutrientes, através das excreções e defecações.

A riqueza animal dos recifes de coral é excepcionalmente alta. Das aproximadamente 48.000 espécies reconhecidas de vertebrados, mais da metade são peixes, dos quais mais de 60% vivem exclusivamente em ambientes marinhos. Apesar de os recifes de coral serem menos de 1% da área total de oceanos do mundo, aproximadamente metade de todas as espécies conhecidas de peixes marinhos se encontram concentradas nas águas tropicais. Pelo menos 4.000 espécies de peixes (quase um terço do total conhecido) são encontradas em recifes.

BOX 12.7 VELHAS ESTRUTURAS

Os recifes de corais observados nos dias de hoje são o resultado de uma longa história de sucessão de eventos de extinção e evolução em larga escala, conforme indicam os registros fósseis. Os recifes são ecossistemas dinâmicos e também a casa de uma grande variedade de outros organismos, como esponjas, cnidários (incluindo alguns tipos de corais e águas-vivas), vírus, crustáceos (incluindo camarão, lagosta e caranguejos), moluscos (incluindo cefalópodes), equinodermos (incluindo estrelas-do-mar, ouriços-do-mar e pepinos-do-mar), tartarugas-marinhas e cobras-do-mar.

6.4 As ameaças aos corais

São numerosos os fatores que representam ameaça para os recifes de coral, na grande maioria de origem antrópica, entre os quais:

Destruição física de recifes em razão do tráfego marítimo;

Comércio de peixes vivos;

Temperaturas da água acima do normal, em razão de fenômenos climáticos, como *El Niño* e o aquecimento global. Toxinas nos tecidos são produzidas quando a temperatura da água sobe, causando o descolorimento do coral;

Acidificação do oceano; e

Impacto de sedimentos e poluentes oriundos dos continentes.

6.5 Os recifes de coral na costa brasileira

Os recifes brasileiros, que ocupam uma área extensa ao longo de três mil quilômetros da costa, são as únicas formações desse tipo no Atlântico Sul. Comunidades coralíneas foram registradas no Brasil desde o Parcel do Manuel Luís, no Maranhão, até os recifes de Viçosa, na área do Arquipélago de Abrolhos (numa extensão de 2.400 km), além de estarem presentes em ilhas oceânicas, como no Atol das Rocas, Fernando de Noronha e Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

O Brasil apresenta dois grandes complexos recifais, o primeiro de Abrolhos, na região sul da Bahia, e o Parcel de Manoel Luís, na costa do Maranhão. O complexo recifal de Abrolhos tem uma morfologia e ecologia muito própria, com uma estrutura de chapeirão, formada por pináculos coralíneos em forma de cogumelo, que é pouco encontrada ao redor do mundo (FIG. 12.48).



Figura 12.48 Recife chapeirão em Abrolhos, Brasil [Foto: Cortesia de BERTONCINI, Áthila].

BOX 12.8
OS CHAPEIRÕES

Chapeirões são colunas recifais isoladas, que crescem com formato de cogumelo – a base é estreita e o topo se expande para os lados. Apresentam diferentes alturas e variadas dimensões laterais e podem ser observados em diversos estágios de desenvolvimento. Os gigantescos e bem desenvolvidos chapeirões do banco dos Abrolhos podem alcançar até 20 m de altura e em torno de 50 m de diâmetro no topo.

Os recifes em franja são os mais comuns e simples e se desenvolvem ao longo da linha de costa, onde existe substrato duro para o assentamento das primeiras larvas colonizadoras de corais. São os mais vulneráveis a impactos antrópicos, sedimentação e descarga fluvial.

BOX 12.9
O PROBIO

Em 1999, o Projeto para a Conservação e Uso Sustentável da Diversidade Biológica (PROBIO) aprovou o subprojeto **Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil**. O objetivo do projeto, que contou com a participação de vários pesquisadores de diversas instituições brasileiras, foi estabelecer as bases para a implementação de um programa nacional de monitoramento para os recifes de coral brasileiros (www.mma.gov.br/port/sbf/chm/probio.html).

7 OCEANO PROFUNDO

É considerado oceano profundo a região compreendida entre o talude continental (200 m) e a planície abissal (5.000 m), com fossas de até 10.000 m (a Fossa das Marianas, no Pacífico Ocidental, por exemplo, alcança em torno de 11.000 m de profundidade) (ver Capítulo 3: Províncias Fisiográficas). É um hábitat ainda pouco conhecido, com características constantes em toda a sua extensão, o que inclui água escura e fria ($<4\text{ }^{\circ}\text{C}$) e pressão hidrostática elevada, recobrendo um assoalho de lama.

A rede trófica do oceano profundo é bastante peculiar, devido à ausência de luz e de fotossíntese. A energia resulta da **chuva orgânica** oriunda das camadas superficiais e, em algumas partes, das fontes termais. Essas fontes constituem ilhas de alta produção no fundo dos oceanos, baseadas em bactérias quimio-sintéticas (ver Capítulo 11: Produção Primária nos Oceanos) associadas a uma fauna importante e peculiar, formada de vermes enormes vivendo a temperaturas de cerca de $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, que compreendem os animais mais termotolerantes até hoje encontrados.

7.1 Como amostrar em oceano profundo?

A ecologia do oceano profundo é a menos conhecida, devido às dificuldades de amostragem. As coletas por arrastos e dragas são excepcionalmente difíceis. Para amostrar a 5.000 metros de profundidade são necessários 11.000 metros de cabo e um navio de grande porte, com sistema acústico sofisticado. A operação é de custo e tempo elevados, sem garantias de sucesso.

Atualmente, a vida profunda é mais frequentemente observada por fotografia e filmagem a bordo de submersíveis tripulados ou por controle remoto (Fig. 12.50), com capacidade de amostragem pontual robotizada em certos casos.

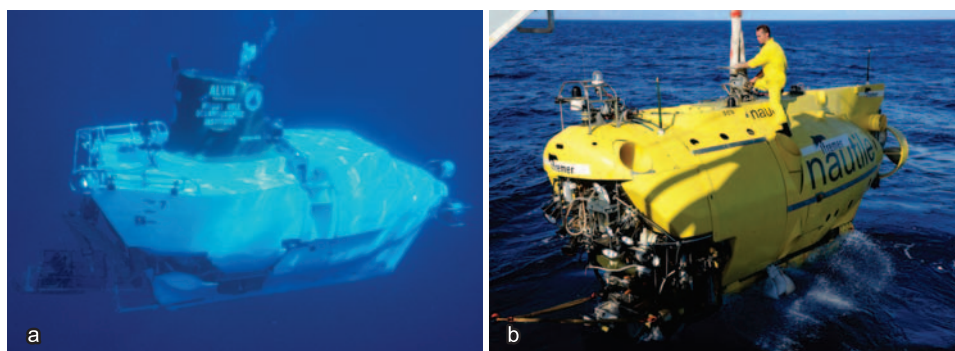


Figura 12.49 Os submersíveis *Alvin* (EUA) e *Nautilo* (França) ajudaram a desvendar alguns mistérios do mar e contribuíram para a filmagem do *Titanic*. O *Nautilo* também procurou as duas caixas-pretas da aeronave da Air France (A330) que caiu no Oceano Atlântico em junho de 2009. [Fonte: <<http://msocan7.blogspot.com.br/2008/05/o-submersivel-alvin.html>>; e <<http://www.reebd.org/2011/07/programas-estrategicos-de-submarinos-e.html>>].

7.2 Condições abióticas do oceano profundo

O ambiente profundo é muito diferente dos outros habitats marinhos. Além de escuridão total, a temperatura é baixa (entre -1 e 4 °C) e constante. No entanto, no Mar Mediterrâneo a temperatura alcança 14 °C a 4.000 m e no Mar Vermelho foram registrados 21 °C a 2.000 m.

Os teores em oxigênio dissolvido são relativamente constantes no oceano profundo (5 mg/l abaixo de 2.000 m). Existem lentas correntes marinhas no fundo dos oceanos, que são causadas pela maré e o efeito de Coriolis, que resulta da rotação da Terra (ver Capítulo 7: Circulação Atmosférica e Oceânica). A alta pressão hidrostática, devida à pressão da coluna de água, que aumenta uma atmosfera a cada 10 m, provoca a compressão dos gases.

A maior parte do assoalho marinho profundo é coberta de lama depositada ao longo de milênios (ver Capítulo 4: Sedimentação Marinha). Essa camada de lama, formada de argila e elementos biogênicos (silício de diatomáceas, calcário de

foraminíferos e cocolitoforídeos), pode alcançar até 1.000 m de espessura. O substrato duro é escasso, ocorrendo somente em áreas íngremes, onde a lama não é retida, nas fontes termais ou em esqueletos de baleias.

7.3 A produção orgânica e a riqueza biológica no oceano profundo

Na ausência de luz não há fotossíntese. Logo, não há vegetais. A produção primária somente ocorre junto às fontes hidrotermais, em razão da ação de bactérias quimiossintéticas (ver Capítulo 11: Produção Primária nos Oceanos).

Longe das fontes termais, a única fonte de energia é a matéria orgânica particulada (MOP) oriunda das camadas superficiais (**chuva orgânica**). Assim, o oceano profundo é um sistema alóctone, o que explica a baixa abundância e biomassa de animais comparativamente às camadas iluminadas. No sedimento, a macrofauna (tamanho $> 0,5$ cm) e a meiofauna ($< 0,5$ cm) têm composição similar ao sedimento das áreas mais rasas: poliquetas, moluscos bivalves e crustáceos, anfípodes e copépodes, nematódes e foraminíferos.

A fauna da planície abissal se caracteriza por espécies raras e de grande porte. O gigantismo é uma das características da fauna profunda. Assim, alguns organismos da macrofauna, comuns em ambientes costeiros, alcançam no oceano profundo porte tão grande que são classificados na megafauna, tais como anfípodes de 14 cm e isópodes de 50 cm. Na coluna de água, ou próximo ao fundo, ocorrem equinodermas (principalmente ofiuroides e holoturoides (*Ophiuridae* e *Holothuroide*), camarões e lagostas, além de peixes de morfologia e anatomia peculiares, incluindo corpo alongado, boca e dentes grandes, olhos globulosos e bioluminescência (Fig. 12.51).

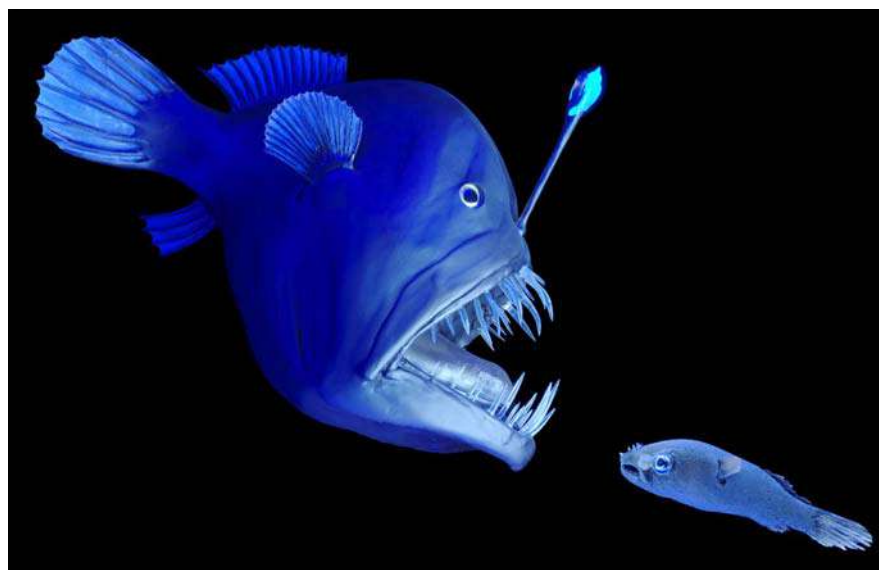


Figura 12.50 Peixe de grandes profundidades. [Fonte: <www.megarquivo.com>].

7.4 A bioluminescência dos organismos no oceano profundo

Uma característica frequente dos organismos de ambiente profundo é a sua capacidade de emitir luz, ou seja, ser bioluminescente. Já conhecido em terra (vaga-lume) e na camada eufótica dos oceanos (bactérias, dinoflagelados e peixes), o fenômeno de bioluminescência é muito mais frequente em águas profundas (90% dos organismos do oceano profundo são bioluminescentes). O papel desse fenômeno é ainda desconhecido. Entre as hipóteses para a finalidade da bioluminescência pode-se mencionar: atrair presas, afastar predadores e atrair parceiros sexuais.

BOX 12.10

A BIOLUMINESCÊNCIA

Praticamente todos os grupos taxonômicos, de dinoflagelados até peixes, têm elementos capazes de produzir luz, por si mesmos ou a partir de bactérias contidas em órgão chamado **fotóforo**. Dois elementos químicos são necessários para a emissão da luz, a luciferina e a luciferase, que catalisa a oxidação da luciferina. O resultado é a emissão de pulsos luminosos, geralmente de cor azul-verde.

7.5 As fontes hidrotermais

O uso de submersíveis e da hidroacústica, cada vez mais sofisticada, revelou os detalhes dos fundos oceânicos e a presença de fontes hidrotermais (ver Capítulo 3: Províncias Fisiográficas), áreas de elevada atividade tectônica, onde a água, permeando através da crosta até o magma, é reinjetada no oceano na forma de uma nuvem quente ($> 300^{\circ}\text{C}$), contendo minerais como sulfito, metano, manganês e outros.

Essas fontes ocorrem no eixo central dos oceanos, na falha tectônica provocada pela deriva dos continentes (cordilheiras meso-oceânicas). A primeira fonte hidrotermal foi descoberta em 1977, nas proximidades das Ilhas Galápagos.

Fontes hidrotermais constituem oásis de vida no meio dos oceanos profundos. A produção primária é sustentada por bactérias quimiossintéticas, que toleram temperaturas elevadas. Elas podem ser livres ou estar em simbiose no corpo dos outros organismos, proporcionando uma alta biomassa bentônica, dominada por organismos invertebrados de porte excepcional, tais como vermes (1 a 2 m de comprimento), moluscos bivalves (de até 20 cm) e crustáceos decápodes, além de esponjas e anêmonas (FIG. 12.52).



Figura 12.51 Colônia de vermes gigantes, alguns com 1,5 m.
[Fonte: <archive.noc.acad.uk>].

8 REGIÕES POLARES

Os polos Sul (Antártica) e Norte (Ártico) constituem ecossistemas polares. São ambientes com condições extremas, que têm em comum a baixa temperatura, que nunca passa de 10 °C, mesmo no verão, uma espessa cobertura de gelo, que sofre derretimento parcial durante o curto verão, e fauna e flora peculiares, adaptadas às condições extremas (FIG. 12.53).



Figura 12.52 As regiões polares são delimitadas pelo Círculo Polar Ártico ao norte (latitude 66° 33' 44") e o Círculo Polar Antártico ao sul (latitude 66° 6' 10").
[Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Zona_polar>].

Essas duas regiões, no entanto, são bastante diferentes sob diversos aspectos. O Ártico é um oceano recoberto de gelo e cercado por continentes, enquanto a Antártica é um continente também coberto de gelo, mas cercado por oceanos.

8.1 O Oceano Ártico

O Oceano Ártico banha a Europa, a Ásia e a América do Norte, comunicando-se com o Oceano Pacífico através do Estreito de Bering e com o Oceano Atlântico desde a costa da Escócia até a Groenlândia. O Oceano Ártico está localizado na região polar, onde as temperaturas podem chegar a 50 °C negativos. Mesmo assim, a temperatura da superfície do oceano é praticamente a mesma durante todo o ano, apenas um pouco superior a 0 °C no verão e um pouco menos no inverno, quando o Oceano Ártico fica coberto pela banquisa, uma camada de gelo que pode chegar a 4 km de profundidade e 13 milhões de km² (FIG. 12.53a). Isso porque o Ártico não apresenta tantas variações de temperatura quanto o Oceano Antártico.

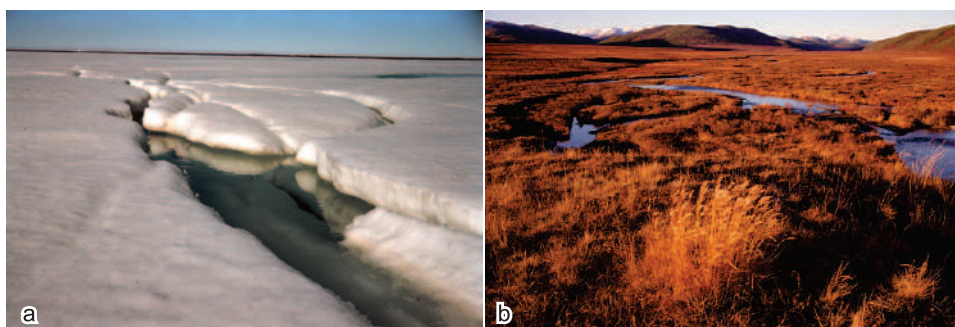


Figura 12.53 (a) Banquisa no Oceano Ártico; (b) paisagem de tundra e lagos durante o verão na Sibéria. [Fotos de Bryan e Cherry Alexander].

Apesar das condições extremas, as regiões continentais árticas estão longe de ser desérticas, apresentando grande diversidade vegetal e animal. A flora é representada principalmente por vegetais que formam a tundra, que recobre o **pergelissolo** (também conhecido como *permafrost*). Esse solo gelado impede os raios solares de penetrar, o que explica a ausência de árvores na tundra (FIG. 12.53b).

O encontro das correntes marinhas proporciona elevada riqueza em plâncton e *krill* nas águas do Oceano Ártico. Eles se concentram nas vizinhanças da banquisa, nos diversos canais entre os blocos de gelo, sendo a base alimentar de numerosos invertebrados.

Os mamíferos terrestres (urso polar e raposa polar) ou marinhos (focas, leões-marinhos e morsas), além das baleias que se alimentam do *krill*, são muito bem adaptados ao mundo ártico, tendo desenvolvido características de proteção que incluem pelos ocios, espessa camada de gordura e grande tamanho corporal (FIG. 12.54).



Figura 12.54 (a) Mamíferos terrestres, como o urso, ou marinhos, (b) como a foca-bebê e a (c) morsa, são bem adaptados à região polar ártica. [Fonte: (a) pt.wikipedia.org/wiki/Ursus.maritimus; (b) www.fondosgratis.mx/items/animales/otros/1358_foca-blanca; (C) www.maxisciences.com/morse/wallpaper].

Uma centena de espécies de aves vive nas regiões árticas, mas a maioria não é residente. Não há pinguins no Ártico, ao contrário da Antártica.

8.2 Antártica

O continente está situado na região polar austral, constituído por uma massa continental cercada pelo Oceano Antártico, formado pelo encontro das águas dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico. É o quinto continente em extensão, com cerca de 14 milhões de km², recoberto por uma camada de gelo de 2.100 m de espessura média, que contém 90% de todo o gelo existente no mundo.

O clima da Antártica é o mais rigoroso do mundo. A temperatura média do mês mais quente é de 0 °C na costa e de -20 °C no planalto antártico. No mês mais frio foi

registrada a mais baixa temperatura da Terra ($-88,3^{\circ}\text{C}$). A queda constante de neve e sua compressão deram origem à imensa calota de gelo compacto que avança pelo mar, formando a banquisa, da qual se destacam os *icebergs* tabulares (FIG. 12.55), característicos dos mares austrais. O clima polar austral gera ventos violentos, tempestades de neve e frequentes nevoeiros (*blizzards*). A região é um centro de altas pressões atmosféricas e irradia correntes de ar frio que atingem todo o hemisfério austral.



Figura 12.55 Iceberg tabular na Antártica. [Fonte: <web2.wzw.tum.de>].

A parte continental caracteriza-se por grande pobreza biológica. A vegetação se limita a alguns musgos e líquens. Apresentando maior adaptação ao intenso frio da Antártica, o pinguim-imperador frequenta as partes mais geladas do continente.

BOX 12.11 OCUPAÇÃO

No continente antártico o homem é quase inexistente. Não há população nativa, somente cientistas ocupando as estações estabelecidas durante o Ano Geofísico Internacional (1957-1958) e na vigência do Tratado da Antártica (1959-1991).

O Oceano Glacial Antártico, com limites imprecisos entre as latitudes 35° e 42° , é muito mais propício à vida. É rico em plâncton, primeiro elo de uma cadeia alimentar, incluindo abundância de peixes, baleias, focas e elefantes-marinhos.

8.3 O *krill*

Krill é o nome coletivo dado a um conjunto de espécies do zooplâncton da ordem Euphausiacea (FIG. 12.57). São importantes organismos que se alimentam de fitoplâncton e outros pequenos zooplânctons. No Oceano Antártico, uma espécie, o *krill* antártico (*Euphausia superba*), perfaz uma biomassa superior a 500 milhões de toneladas. Dessa biomassa, mais da metade é consumida todos os anos por baleias, focas, pinguins, lulas e peixes, sendo substituída graças ao seu crescimento e reprodução. O *krill* tem um papel central na rede trófica antártica como organismo-chave.



Figura 12.56 Aglomerado de *krill*. [Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Krill>>].

BOX 12.12

A PESCA DO KRILL

A pesca comercial de *krill* é feita no Oceano Antártico e nas águas ao redor do Japão. É utilizado na aquicultura, como isca na pesca desportiva ou na indústria farmacêutica. No Japão, onde é conhecido como *okiami*, e na Rússia, o *krill* é usado para o consumo humano.

8.4 A vida no gelo

À medida que a temperatura da água cai com a proximidade do inverno, numerosos organismos microscópicos, desde vírus, bactérias e protistas até pequenos crustáceos, são retidos numa matriz de gelo semissólido. Diatomáceas penadas, por exemplo, podem alcançar grandes densidades, o que faz com que as paredes dos blocos de gelo tornem-se esverdeadas e a concentração de clorofila chegue a 1.000 $\mu\text{g/l}$.

Protistas heterotróficos e metazoários são também presos nos interstícios dos cristais de gelo, podendo alcançar de centenas a milhares de indivíduos por litro, e constituem uma fonte essencial de alimentos para os organismos do plâncton que estão na água. Eles pastam e predam em cima da camada superficial de gelo, aproveitando qualquer interstício, quebra recente do gelo ou o início do degelo. Até o *krill*, peça-chave na trofodinâmica dos ambientes polares, depende dessa fonte de alimento no gelo para manter suas populações em crescimento rápido.

8.5 Bentos

A maior proporção da fauna benthica da plataforma antártica é composta de organismos sésseis filtradores, tais como esponjas, cnidários, briozoários, ascídias e equinodermas. Esses organismos podem se alimentar sobre um amplo espectro de partículas orgânicas, desde bactérias até zooplâncton de grande porte, cada espécie tendo adaptações para um determinado tamanho de partículas (FIG. 12.57).



Figura 12.57 Invertebrados no fundo do mar na plataforma antártica.

[Fotos: CORBISIER, Thaïs Navajas, e equipe (IOUSP)].

A dieta durante a primavera-verão é oriunda da elevada produção primária das águas e da sedimentação das partículas na coluna. No inverno, entretanto, sendo a produção primária praticamente nula, a hipótese mais provável para a dieta desses filtradores seria a ressuspensão dos sedimentos e o transporte por advecção lateral.

Diversas espécies de macroalgas (a alga parda *Laminaria solidungula* no Ártico e a alga vermelha *Palmaria decipiens* na Antártica) crescem em águas sazonalmente recobertas de gelo. São produtores primários muito eficientes em baixas luminosidades, tendo adotado uma estratégia de crescimento sazonal, para aproveitar ao máximo o curto período de luz dos meses de verão (FIG. 12.58).



Figura 12.58 Algas boiando nas águas antárticas (*Palmaria decipiens*). [Fonte: Incta ProAntar e Chuck Amster. < <http://www.flickr.com/photos/92225804@N00/>>].

8.6 Endemismo

A flora e fauna do Ártico e da Antártica são bastante diferentes, sendo a Antártica de 1,5 a 6 vezes mais rica em espécies e com maior grau de endemismo, principalmente de peixes (95% das espécies) e poliquetas (57%), além de macroalgas (30%, contra somente 5% no Ártico). O exemplo típico é a abundância de pinguins na Antártica e a sua total ausência no Polo Norte (Fig. 12.59).



Figura 12.59 Pinguins-rei (*Aptenodytes patagonicus*) na Antártica.

[Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Pinguim>].

Essa diferença no endemismo resulta do maior isolamento da Antártica, separada dos oceanos há 25 milhões de anos pela formação da corrente circum-antártica. O Ártico é mais sujeito à invasão de organismos do Pacífico e do Atlântico Norte.

Assim, por serem ricos em espécies endêmicas, os ecossistemas das regiões árticas e antárticas são frágeis. As espécies animais e vegetais, perfeitamente adaptadas às condições extremas, são muito sensíveis às perturbações ambientais ou à introdução de espécies exóticas. Esses ecossistemas são verdadeiros laboratórios naturais, permitindo estudar a resposta das populações às mudanças ambientais.

8.7 A presença do Brasil na Antártica

O Brasil enviou sua primeira expedição científica à Antártica em janeiro de 1983 e em setembro do mesmo ano foi admitido como membro do Conselho Consultivo do Tratado da Antártica. Em fevereiro de 1984 foi inaugurada a Estação Antártica Comandante Ferraz (esta estação sofreu um incêndio destrutivo e será substituída por uma nova, conforme o projeto da FIG. 12.60), dando início a expedições científicas anuais, que prosseguem até hoje, no âmbito do PROANTAR, sob a supervisão da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM).



Figura 12.60 Estação Antártica Comandante Ferraz. [Fonte: SECIRM].