CULTURA OCEÂNICA PARA PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Organizadoras

Jeane Santos de Jesus

Camilah Antunes Zappes

Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental
CCHN-UFES

UFES
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CULTURA OCEÂNICA PARA PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Organizadoras

Jeane Santos de Jesus
Camilah Antunes Zappes

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

Cultura oceânica para professores da educação básica [livro eletrônico] / organizadoras Jeane Santos de Jesus, Camilah Antunes Zappes. -- Vitória, ES : Ed. dos Autores, 2026.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-01-89407-2

1. Biodiversidade 2. Educação ambiental 3. Educação básica 4. Meio ambiente - Conservação e Proteção 5. Oceanos I. Santos de Jesus, Jeane. II. Zappes, Camilah Antunes.

26-329918.2 CDD-304.2

Índices para catálogo sistemático:

1. Oceanos : Educação ambiental : Formação : Ecologia humana 304.2

Camila Aparecida Rodrigues - Bibliotecária CRB - SP-010133/O

Autores

Adriane Cristina Araújo Braga
Professora do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Invertebrados Marinhos - UFES.

Aline Zanchetta Corres
Mestranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Bioecologia Marinha (LabeMar).

Ana Beatriz Santos Memelli
Graduada em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Bioecologia Marinha (LabeMar).

Ana Laura Lopes Piol
Mestranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES.

Ariana Pereira Barboza da Silva
Doutoranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo.

Caius César Honorato Diniz do Nascimento
Graduando em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm).

Camila Vitória da Silva Almeida
Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Invertebrados Marinhos da UFES.

Camilah Antunes Zappes
Coordendora do Grupo Ecologia Humana do Oceano, Docente do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo.

Carla Frecchiami de Oliveira Pacheco
Doutoranda em Biologia Animal na Universidade Federal do Espírito Santo. Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração - Habitats Costeiros do Espírito Santo.

Caroline Mantovani Malavoti
Mestranda em Oceanografia Ambiental (PPGOAM) na Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Invertebrados Marinhos da UFES- LabinMAR.

Clara de Oliveira Xavier
Doutoranda em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Bioecologia Marinha (LabeMar).

Danilo Camargo-Santos
Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor de Biologia da rede pública estadual de ensino do Espírito Santo.

Fabian Sá
Doutor em Geoquímica Ambiental pela Universidade Federal Fluminense. Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm).

Fabio Cavalca Bom
Pós-doutorando no PPG Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm).

Gabriela Corrêa Brasileiro
Mestrado em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Gabriela Souza Gomes
Pós-doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo.

Giovanna Soneghete Barbosa
Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Guilherme Machado Goldmam
Graduando em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano/UFES.

Herilly Friqs de Jesus
Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm).

Iara Almeida Gadioli dos Santos
Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Bioecologia Marinha (LabeMar).

Iara Lucas Amaral
Mestranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo.

Isana Souza Barreto
Pós-Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo.

Izabela Clara Marques Balinhas
Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Jean Christophe Joyeux
Professor titular da Universidade Federal do Espírito Santo nos Programas de Pós-graduação em Biologia Animal e Oceanografia Ambiental.

Jeane Santos de Jesus
Licenciada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário UniSales e Mestra em Educação em Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Espírito Santo.

Jordan Syllas Saraiva Leite
Doutorando em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES.

Júlia Tavares Salviato
Mestra em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Juliana Silva de Abreu
Doutora em Oceanografia Ambiental. Grupo de pesquisa em Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental.

Karen Marcelle Rosa de Lima
Oceanógrafa. Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES.

Karoline Fernanda Ferreira Agostinho
Pós-doutoranda em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Grupo de pesquisa em Ecologia Humana do Oceano.

Kyssyanne Samihra Santos Oliveira
Professora do Programa de Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES.

Laís Denis Rocha
Mestranda em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Bioecologia Marinha (LabeMar).

Lara Ferreira Peçanha
Mestranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES.

Lívia Maria Bianchi Poleze
Mestrado em Oceanografia Química e Geológica pela Universidade de São Paulo. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES.

Luan de Oliveira Cerqueira
Mestrando em Oceanografia Ambiental (PPGOAM) na Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Invertebrados Marinhos da UFES - LabinMAR/UFES.

Lucas de Oliveira Bezerra
Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (PPGOAm-UFES). Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES.

Luiza Piol Lombardi
Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Luiza Reis Machado
Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES.

Marcos Antonio Rocha Hehr
Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (PPGOAm-UFES). Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES.

Maria Eduarda Bissoli Andolphi
Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES.

Maria Eduarda Passos Amorim
Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES.

Maria Emília Meira Reis
Mestre em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Grupo de Pesquisa em Lixo Marinho em Ambientes Costeiros e Oceânicos (LixoMar).

Maria Julia Veenings
Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Oceanografia Física - LabPoseidon.

Mariana Magnago Alves
Doutoranda em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Ecologia e Biodiversidade de Microprodutores Aquáticos LEBIOMA/UFES e do Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera-Continente-Oceano ESOLAB/UFES.

Mateus Rezende Coelho
Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Invertebrados Marinhos da UFES- LabinMAR- UFES.

Mayara de Oliveira Bandeira
Mestre em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES.

Mylena Costa Zape
Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Invertebrados Marinhos da UFES- LabinMAR- UFES.

Natalia Priscila Alves Bezerra
Professora Adjunta na Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Bioecologia Marinha (LabeMar).

Nicoly Barcelos Ferraz
Graduanda em Pedagogia pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Patrick Lopes Serrão Leal
Graduando em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Bioecologia Marinha (LabeMar)/UFES.

Paulo Henrique Cetto
Pós-doutorando em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES.

Pedro Smith Menandro
Pós-doutorando no PPG Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES.

Pedro Vianna Gatts
Pós-graduando em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Invertebrados Marinhos LabinMAR- UFES.

Pilsen Ca'lía da Costa Peterle
Mestre em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Grupo Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental.

Pollyana Christine Gomes Roque
Pesquisadora de Pós-doutorado do Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos (LEPMAR) da Universidade Federal do Espírito Santo.

Ravier Sebastião de Castro Rosa
Mestrando em Oceanografia Ambiental (PPGOAM) na Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Invertebrados Marinhos da UFES- LabinMAR- UFES.

Renata Caiado Cagnin
Pós-doutoranda no PPG Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm).

Ronaldo Medon
Mestrando em Oceanografia pela Universidade Federal de Santa Catarina. Pesquisador em Análise Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon.

Ryan Carlos de Andrades
Doutor em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Ictiologia.

Sabrina Aparecida Ramos da Fonseca
Doutora em Engenharia Oceânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon.

Sintia Bruneli Fagundes
Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura) pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Invertebrados Marinhos da UFES- LabinMAR- UFES.

Stanley Lohan Nichel Alves
Mestre em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Grupo de Pesquisa em Lixo Marinho em Ambientes Costeiros e Oceânicos (LixoMar).

Stéfano Zorzal-Almeida
Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente pelo Instituto de Botânica. Professor Adjunto no Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo.

Tarcila Franco Menandro
Pós-doutoranda no PPG Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES.

Tayná Rosa Martins Paiva
Mestrado em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (PPGOAm-UFES). Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon.

Thamires Alexsandra Torres
Doutoranda no PPG em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LABGAM).

Thiago Campos Carlos
Graduando em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Oceanografia Física - LabPoseidon.

Valéria da Silva Quaresma
Professora titular do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo. Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES.

Will Ferreira
Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (PPGOAm-UFES). Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES.

Apresentação

O oceano cobre cerca de 70% da superfície terrestre, influenciando o clima do planeta, estando presente em nossas mesas e cotidiano. A imensidão deste ambiente abriga diversos ecossistemas marinhos e costeiros e uma biodiversidade marinha sem igual. Ainda assim, há muito o que pesquisar, descobrir e ensinar sobre esse ambiente.

Este livro idealizado pelo Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) teve o apoio do Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (PDPG) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES processo 88881.692950/2022-01). Nesta obra o objetivo foi preencher lacunas de conteúdos e materiais sobre o oceano na educação básica a fim de auxiliar docentes em suas práticas pedagógicas. Assim, professoras e professores encontrarão contextualização de temas marinhos, recursos complementares e referências bibliográficas, além de atividades sugeridas alinhadas à Base Nacional Comum Curricular.

Os capítulos foram elaborados pela equipe multidisciplinar do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental e convidados, dessa forma, foram contempladas as diversas áreas da Oceanografia e os temas envolvendo o oceano e a humanidade.

Este material é um manual de consulta e apoio no planejamento, elaboração e execução das aulas, sejam elas, no espaço formal ou não formal. Esperamos que este livro contribua com a construção de conhecimentos sobre o oceano e a sua conservação a partir da sala de aula.

Sumário

Cultura Oceânica na Educação Básica.....13

Capítulo 1 - A vida no mar: os peixes ósseos 18

Capítulo 2 - Um mergulho no mundo dos tubarões e raias 28

Capítulo 3 - Sobrevoando oceanos - Ecologia e Diversidade de Aves Marinhas 38

Capítulo 4 - Da Luz às Profundezas: Ecossistemas Marinhos e sua biodiversidade 48

Capítulo 5 - Tartarugas marinhas: Guardiãs do Oceano.....60

Capítulo 6 - Bentos Marinhos: Conhecendo o fundo do mar 68

Capítulo 7 - Você conhece o "Tatuí? Um pequeno morador que vive escondido entre as areias das praias.....78

Capítulo 8 - Ecossistemas Costeiros 86

Capítulo 9 - Plâncton marinho: os pequenos gigantes do oceano.....96

Capítulo 10 - Mamíferos Aquáticos do Brasil: Biologia, Diversidade e Coexistência 104

Capítulo 11 - Macroalgas e microalgas marinhas 113

Capítulo 12 - Restinga e bancos de gramas marinhas 122

Capítulo 13 - A importância da fotossíntese no ambiente marinho 133

Capítulo 14 - Eventos ecológicos relacionados às algas 143

Capítulo 15 - Uso econômico das algas 152

Capítulo 16 - Manguezais 163

Capítulo 17 - Efeito Coriolis 177

Capítulo 18 - A circulação oceânica e as correntes marinhas 185

Capítulo 19 - A ressurgência 194

Capítulo 20 - Os movimentos de rotação e translação da Terra.....203

Capítulo 21 - El Niño e La Niña 209

Capítulo 22 - Desastres Naturais 215

Capítulo 23 - Tsunamis e Maremotos 221

Capítulo 24 - Interação Onda-Costa.....228

Capítulo 25 - Massas d'água.....236

Capítulo 26 - Dinâmicas dos Estuários.....244

Capítulo 27 - A maré e as fases da lua.....254

Capítulo 28 - Variabilidade Climática 260

Capítulo 29 - Ondas oceânica na zona costeira.....267

Capítulo 30 - Introdução a Meteorologia: Principais conceitos meteorológicos para estudos oceânicos 274

Capítulo 31 - Pressão atmosférica e Ventos 283

Capítulo 32 - Precipitação, Umidade do ar e evaporação 290

Capítulo 33 - Forças geradoras da circulação oceânica 298

Capítulo 34 - Dinâmica da circulação oceânica 307

Capítulo 35 - Ondas de Calor Marinhas 318

Capítulo 36 - Nível do Mar 326

Capítulo 37 - Circulação Termohalina 332

Capítulo 38 - Ciclos biogeoquímicos: a engrenagem invisível da vida 341

Capítulo 39 - A água e sua composição química 348

Capítulo 40 - Lixo no Mar: Um Desafio do Nosso Tempo.....355

Capítulo 41 - Microplásticos: O Desafio de Ver o Invisível.....365

Capítulo 42 - Poluição Química do Oceano.....373

Capítulo 43 - Impacto dos poluentes no Oceano 382

Capítulo 44 - Morfologia do fundo marinho 390

Capítulo 45 - Processos sedimentares na zona costeira 398

Capítulo 46 - Recursos Minerais Marinhos 407

Capítulo 47 - Unidades de Conservação Marinhas: Conceitos, Territórios e Desafios.....417

Capítulo 48 - Planejamento Espacial Marinho 426

Capítulo 49 - Povos e Comunidades Tradicionais da costa......434

Capítulo 50 - Os Mares que conectaram o Mundo.....443

Capítulo 51 - Navegação Marinha e Cultura Oceânica 450

Capítulo 52 - Manifestações Culturais Populares e Tradicionais da costa......456

Capítulo 53 - Oceano em Conflito: Dimensões Econômica, Social, Cultural e Política.....469

Capítulo 54 - Racismo ambiental 476

Capítulo 55 - Impactos das Atividades Antrópicas no Oceano 486

Cultura Oceânica na Educação Básica

Jeane Santos de Jesus[1] e Camilah Antunes Zappes[2]

[1] Mestra em Educação em Ciências e Matemática - Instituto Federal do Espírito Santo
[2] Grupo Ecologia Humana do Oceano, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo

O que é Cultura Oceânica?

A Cultura Oceânica surgiu em 2002 quando cientistas e profissionais da educação básica perceberam que os conteúdos das Ciências Oceânicas não eram contemplados no currículo da educação básica. Dessa forma, esforços entre vários profissionais foram feitos para que esses conteúdos fossem inseridos no currículo escolar. Somente em 2004 que foi definido o termo *Ocean Literacy*, que no Brasil foi traduzido como Cultura Oceânica. No mesmo período, houve também a definição de sete princípios conhecidos como Princípios Essenciais da Cultura Oceânica (Figura 1) e 44 conceitos fundamentais.

Figura 1 – Princípios Essenciais da Cultura Oceânica.

Fonte: Santoro *et al.*, 2020.

A definição mais difundida de cultura oceânica é “a influência do oceano sobre nós e a nossa influência sobre o oceano”. No decorrer dos anos, a cultura oceânica se expandiu para outros países, até que a Unesco, através da Comissão Oceanográfica Intergovernamental – COI e do Setor de Educação se juntaram ao movimento o que expandiu para níveis internacionais mais abrangentes. Dessa forma, através da educação formal, o movimento da cultura oceânica seria mais intensamente disseminado. A COI e o Setor de Educação desenvolveram um manual intitulado “Cultura Oceânica para Todos - Kit pedagógico” (tradução brasileira), esse manual está disponível em PDF (o link encontra-se nos Recursos complementares sugeridos).

Esse movimento fez com que a Organização das Nações Unidas – ONU criasse um Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) específico para o oceano. Em 2015, foram apresentados os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 para serem implementados até 2030. O ODS 14 - Vida na Água (Figura 2), contempla o oceano cuja definição é “conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável”.

Figura 2 – ODS 14, Vida na Água.

Fonte: ONU Brasil. Extraído de: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs.

Assim, surgiu em 2017, a Década das Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, abreviada de Década do Oceano, para ser realizada entre 2021 e 2030 e suas ações, metas e resultados fazem parte da Agenda 2030. O lema da década é “A ciência que precisamos para o oceano que queremos”.

A cultura oceânica demorou para chegar no Brasil, de forma oficial apenas em 2019, entretanto, iniciativas como mentalidade marítima e educação ambiental marinha e costeira (EAMC) já são realizadas há décadas em território brasileiro. Entretanto, a educação ambiental no âmbito formal sempre teve predominância do ambiente terrestre, mas nos últimos anos o ambiente marinho vem tendo destaque.

Currículo Azul

Pesquisas realizadas, nacionalmente e internacionalmente, apontam que as temáticas marinhas tem pouca representação ou são ausentes no currículo escolar. Mesmo o Brasil tendo cerca de 8 mil quilômetros de litoral e uma biodiversidade marinha bem representada, além de cerca de 80% da população brasileira se concentrada na zona costeira.

O oceano é um tema transversal dentro da educação que apresenta múltiplas dimensões, como a geográfica, histórica, física, biológica, política, cultural, social e econômica. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um dos documentos orientadores para construção do currículo, pesquisas feitas evidenciaram que palavras relacionadas ao tema oceano e suas temáticas apareceram seis vezes e se repetiram apenas 10 vezes ao logo do documento.

Entretanto, outras pesquisas afirmam que a temática pode ser inserida em vários pontos da BNCC podendo servir de eixo integrador nos currículos escolares. Nesse contexto, a cidade de Santos no litoral de São Paulo promulgou a Lei da Cultura Oceânica em 2021 que garante a inclusão da cultura oceânica no currículo escolar das escolas do município. E em abril de 2025 durante o Fórum Internacional do Currículo Azul, o Governo Federal oficializou um protocolo de Intenções e o compromisso de incluir a cultura oceânica no currículo escolar nacional.

O Currículo Azul, proposto pela ONU, busca integrar a cultura oceânica nos currículos escolares em níveis federal, estadual e municipal. Através da Escola Azul, a implementação acontece de forma transversal dentro do currículo, indo além da formação pedagógica. O conceito de Escola Azul nasceu em Portugal e incentiva a formação de cidadãos conscientes, críticos e criativos.

Nesse contexto, o Brasil adotou o conceito de Escola Azul convidando escolas localizadas perto ou longe do oceano para desenvolverem a cultura oceânica com a comunidade escolar. O objetivo é engajar a sociedade na Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, e promover ações para cumprir as metas da Agenda 2030 e da sustentabilidade do oceano.

Conexões da Cultura Oceânica, BNCC e interdisciplinaridade

Os princípios da cultura oceânica são em si interdisciplinares e se conectam com as habilidades e competências da BNCC em vários pontos, conforme pesquisas acadêmicas realizadas. As disciplinas de Ciências e Biologia, Geografia e História abordam especificamente o conteúdo, entretanto, articular o conhecimento entre essas áreas e outras, como o português e literatura, matemática e física, é necessário para um entendimento mais completo do ambiente marinho.

A interdisciplinaridade como estratégia pedagógica para o desenvolvimento do conhecimento de forma integrada é um dos recursos que a BNCC buscou implementar, mesmo que na prática não se mostrou de fato integrado. Uma vez que a demanda, o tempo,

o currículo fragmentado e outras situações que acontecem no âmbito escolar mostram o desencontro de planejamentos integrados, que proporcionariam a interdisciplinaridade.

Dessa forma, a interdisciplinaridade a partir do tema oceano é uma forma de ensino que propõe integrar as diferentes disciplinas que são transversais ao tema, abordando os conteúdos e estabelecendo relações entre eles, passando por todas as áreas do conhecimento. Se ensinarmos sobre mudanças climáticas, um dos conteúdos abordados é o ciclo biogeoquímico do carbono e a relação com o oceano, a relação do clima e a meteorologia, além dos processos sociais e históricos relacionados a essas mudanças.

Nesse contexto, não seria possível compreender a cultura oceânica olhando apenas o aspecto químico, biológico e ecológico, sendo necessário integrar as outras áreas de conhecimentos. Assim, proporciona-se aos alunos uma aprendizagem integrada e mais completa sobre o oceano e suas relações socioambientais.

Considerações

Diante do contexto, a cultura oceânica possui vários pontos de inserção no currículo escolar, sendo interdisciplinar com conexões em várias áreas de conhecimento. Não podemos deixar de evidenciar a importância de formações e capacitações de professores para que a cultura oceânica seja inserida da melhor forma no currículo escolar e na prática pedagógica.

Dessa forma, recomendamos adaptar para a realidade de cada um as sugestões feitas neste e-book ou em outros materiais. O oceano está em nosso cotidiano, na música, no teatro, nos poemas, na literatura, nas manifestações culturais, na religião, na alimentação e em outros. Assim, é possível trabalhar de forma interdisciplinar o tema oceano, indo além das disciplinas mais usuais.

Recursos complementares sugeridos

- A Cultura Oceânica no espaço escolar: estratégias de ensino aprendizagem. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/251324
- Cultura Oceânica para todos: kit pedagógico. Disponível em: https://decada.ciencianomar.mctic.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/Cultura_oceanica_para_todos
- Escola Azul. Disponível em: https://escolaazul.maredeciencia.eco.br
- Ondas que te quero mar: educação ambiental para comunidades costeiras: Mentalidade Marítima: relato de uma experiência. Disponível em: https://projetonema.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/07/livro.pdf.
- Manual de ecossistemas marinhos e costeiros para educadores. Disponível em: https://maredeciencia.eco.br/materiais/manual-de-ecossistemas-marinhos-e-costeiros-para-educadores-2/
- Programa Maré de Ciência. Disponível em: https://maredeciencia.eco.br/.

Referências bibliográficas sugeridas

CRIVELLARO, C. V. L.; NETO, M. R.; RACHE, R. P. Ondas que te quero mar: educação ambiental para comunidades costeiras: Mentalidade Marítima: relato de uma experiência. Porto Alegre: Gestal/NEMA, 2001. Disponível em: https://projetonema.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/07/livro.pdf.

DE TONI, K. R. A semântica da Cultura Oceânica: do Verbo à Ação Educativa na rede municipal de Ensino de Florianópolis - SC, Brasil. 2023. 244 f. Tese (Doutorado em Saúde e Meio Ambiente) - Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Joinville, 2023. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=13727306.

DE TONI, K. R.; FONSECA, A. L.; CREMER, M. J. A semântica da cultura oceânica: várias definições num só oceano. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 63, p. 88097, 2024. DOI: 10.5380/dma.v63i0.88097. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/made/article/view/88097.

GHILARDI-LOPES, N. P. et al. Oceano como tema interdisciplinar na educação básica brasileira. Ambiente & Sociedade, v. 26, p. e0134, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/3KJXMtr3BLmYZPdPZKsrRsS/.

MAURÍCIO, C.E.P.; DUARTE, M. R.; SILVA, E. P. Pela valorização dos oceanos na educação. Revista Ciência Hoje, v. 377, 2021. Disponível em: https://cienciahoje.org.br/artigo/pela-valorizacao-dos-oceanos-na-educacao/.

PAZOTO, C. E.; DUARTE, M. R.; SILVA, E. P. A cultura oceânica nas Escolas. Revista Ciência Elementar, v. 9, n. 2, 2021. Disponível em: https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2021/045/.

PAZOTO, C. E.; DUARTE, M. R.; SILVA, E. P. Cultura Oceânica e escola: a percepção do professor sobre o ensino de conteúdos relacionados aos ambientes marinhos. REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, v. 40, n. 2, p. 127-152, 2023. DOI: 10.14295/remea.v40i2.14407. Disponível em: https://periodicos.furg.br/remea/article/view/14407.

TURRA, A. et. al. Lixo nos mares: do entendimento à solução. São Paulo: Instituto oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2020. Disponível em: http://catedraoceano.iea.usp.br/lixonosmares/.

UNESCO. A ciência que precisamos para o oceano que queremos: a Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030). Paris, 2019. Disponível em https://ciencianomar.mctic.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/265198por.pdf.

CAPÍTULO 1 - A vida no mar: os peixes ósseos

Aline Zanchetta Corres[1], Clara de Oliveira Xavier[2], Pollyana C. G. Roque[3], Patrick Lopes Serrão Leal[4], Jean C. Joyeux[5] e Natalia P. A. Bezerra[6]

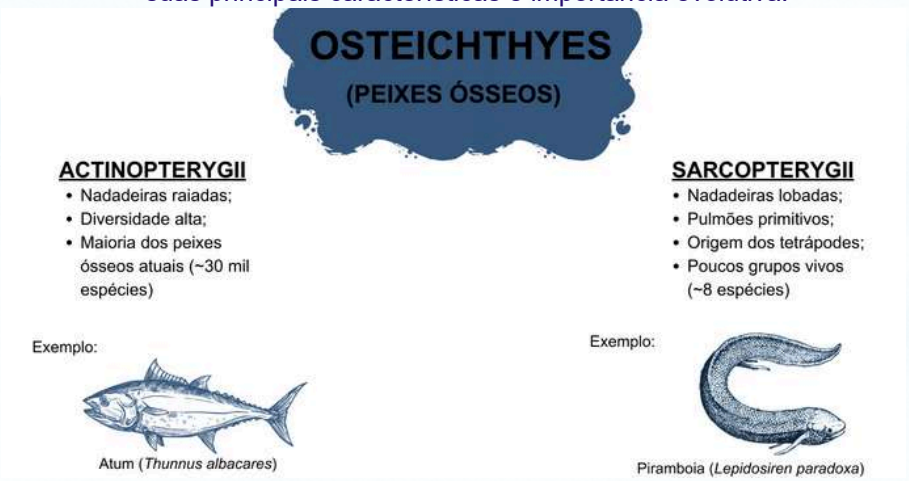
[1 2 4 6] Laboratório de Bioecologia Marinha/UFES, [3] Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos/UFES
[5] Professor titular da Universidade Federal do Espírito Santo nos Programas de Pós-Graduação em Biologia Animal e Oceanografia Ambiental

Classificação

Os peixes ósseos constituem o maior grupo de vertebrados atuais. São mais de 30 mil espécies descritas, o que corresponde a cerca de metade de todas as espécies de vertebrados conhecidas. Novas espécies são descritas a cada ano, por isso esse número cresce continuamente. Esses animais possuem esqueleto predominantemente ósseo e opérculo recobrindo as brânquias. A maioria das espécies conta também com uma bexiga natatória, um órgão que auxilia na flutuabilidade. Em algumas espécies, esse órgão é modificado e funciona como pulmão, permitindo a respiração de ar atmosférico.

O grupo se divide em dois grandes ramos evolutivos: Actinopterygii, grupo mais diversos e comum dos peixes ósseos, que reúne os peixes de nadadeiras raiadas, e o Sarcopterygii (Figura 1), que inclui os peixes de nadadeiras lobadas e os tetrápodes, como o Homo sapiens. A ordem de Actinopterygii com maior diversidade de espécies é a Perciformes, que contempla cerca de 40% das espécies de peixes viventes, como a garoupa (*Epinephelus marginatus*). Os peixes ósseos estão presentes na água doce e no mar, desde a superfície até quase 9 mil metros de profundidade, em regiões oceânicas. Neste capítulo, o foco principal serão os peixes do ambiente marinho, destacando as suas características e diversidade.

Figura 1: Divisão dos peixes ósseos em Actinopterygii e Sarcopterygii, com destaque para suas principais características e importância evolutiva.



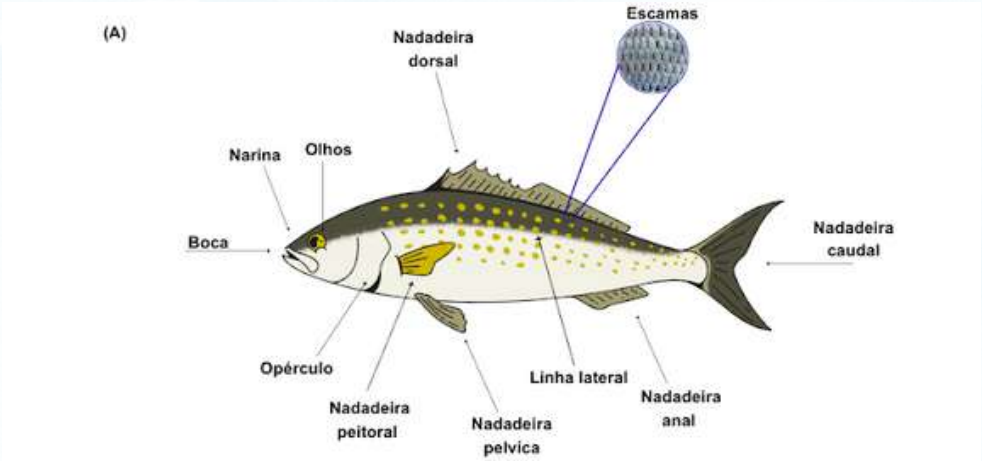
Fonte: Elaborado com o Canva.

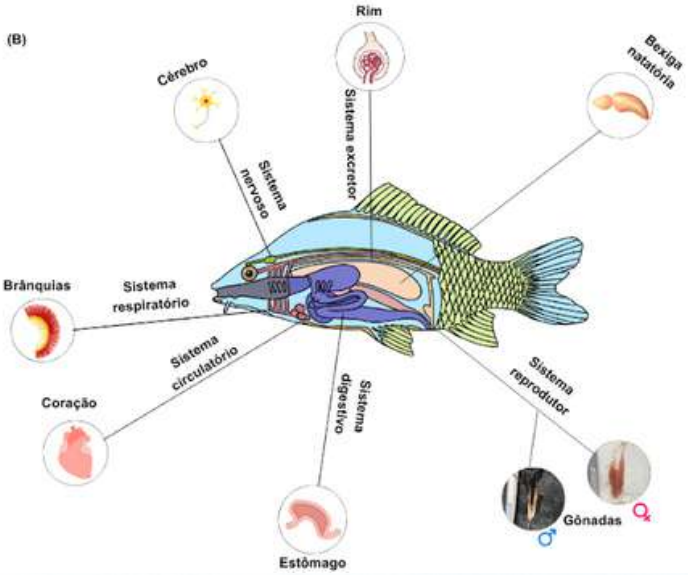
Morfologia interna e externa

A morfologia dos peixes engloba um conjunto de adaptações estruturais que permitem sua sobrevivência em ambientes aquáticos. Embora os aspectos anatômicos do grupo sejam bastante diversos, os peixes comumente conhecidos apresentam um corpo no formato hidrodinâmico, o que reduz o atrito com a água e favorece o deslocamento. Atuns (*Thunnus* sp.) e cavalas (*Scomber* sp.) são excelentes nadadores devido a sua estrutura corpórea. As nadadeiras, pares (peitorais e pélvicas) e ímpares (dorsal, anal e caudal), atuam na locomoção, equilíbrio e direção. As escamas, recobrindo o tegumento, oferecem proteção mecânica e reduzem a resistência ao nado, enquanto a linha lateral funciona como um órgão sensorial que detecta vibrações e variações de pressão na água, auxiliando na orientação e na captura de presas. O opérculo protege as brânquias e a boca apresenta variações estruturais de acordo com o tipo de alimentação de cada espécie (Figura 2A).

No sistema respiratório, o opérculo surge como novidade evolutiva, com a função de criar um fluxo contínuo de água da boca para as brânquias, região em que o oxigênio é retirado e transportado para a corrente sanguínea através da difusão. O sistema circulatório é simples e fechado, com um coração de duas câmaras, um átrio e um ventrículo, por onde o sangue passa uma única vez em cada ciclo de oxigenação. O sangue pobre em oxigênio é bombeado para as brânquias para ser oxigenado e em seguida transportado para os tecidos e órgãos do indivíduo. Já o sistema digestivo, é composto por boca, estômago, intestino e ânus ou cloaca, apresentando adaptações conforme a dieta. O sistema excretor, formado por rins e bexiga urinária, elimina resíduos nitrogenados e regula o equilíbrio osmótico. O sistema nervoso inclui o encéfalo, a medula espinhal e órgãos sensoriais como olhos, narinas, linha lateral e ouvido interno. A reprodução, geralmente sexuada e com fecundação externa, ocorre por meio de ovários nas fêmeas e testículos nos machos, que compõem o sistema reprodutor. A bexiga natatória funciona como uma "bolsa de gases", localizada acima do estômago e do intestino, que permite aos peixes controlarem a sua flutuabilidade na coluna d'água (Figura 2B).

Figura 2: (A). Morfologia externa dos peixes ósseos, com destaque para as principais estruturas anatômicas adaptadas ao ambiente aquático. (B) Morfologia interna do peixe ósseo, com a representação dos órgãos em cada sistema.





Fonte: Elaborado com o Canva.

Evolução e ecologia

Os peixes ósseos representam o grupo com maior diversidade de espécies de todos os vertebrados, resultado de uma longa história evolutiva marcada por adaptações morfológicas, fisiológicas e especializações de mecanismos alimentares que permitiram conquistar a maioria dos ambientes aquáticos do planeta. Os peixes estão presentes desde os ambientes rasos e bem iluminados como os recifes de corais, locais onde podem exibir formas e coloridos diversos, até as profundezas abissais dos oceanos, em que apresentam adaptações à escuridão, às baixas temperaturas e à elevada pressão. O grupo também ocupa ambientes dulcícolas, estuarinos, poças de maré e áreas sazonalmente alagadas, como as várzeas. A diversidade das espécies é refletida nos hábitos alimentares, que variam entre espécies herbívoras, carnívoras, onívoras (alimentam-se tanto de vegetais quanto de animais), detritívoras e planctívoras (se alimentam de fitoplâncton e/ou zooplâncton), desempenhando papéis ecológicos essenciais na complexa teia trófica marinha. Nas relações entre presa e predador que estruturam as cadeias alimentares, os peixes ósseos podem ocupar diferentes posições. Predadores de topo, como a barracuda (*Sphyraena barracuda*), situam-se nos níveis superiores das cadeias alimentares e possuem poucos predadores naturais. Eles exercem forte controle sobre as populações dos níveis tróficos abaixo, as presas, evitando a superpopulação destas. Mesopredadores a exemplo do xaréu (*Caranx hippos*), ocupam níveis intermediários das cadeias alimentares, possuem porte médio e alimentam-se de pequenos peixes, moluscos e crustáceos, e podem ser predados por espécies de níveis tróficos maiores. Espécies situadas próximas à base da cadeia alimentar incluem a tainha (*Mugil curema*), capaz de consumir algas e detritos, e representantes da família Scaridae, os peixes-papagaio, que se alimentam predominantemente de algas e corais. Além disso, no estágio larval, muitas espécies de peixes podem temporariamente ocupar a base da cadeia, alimentando-se de fitoplâncton, como as microalgas.

Regulação da temperatura

A temperatura é um dos principais fatores abióticos que regula a presença das espécies nos oceanos, influenciando sua distribuição tanto verticalmente, ao longo da coluna d'água, quanto horizontalmente, entre diferentes regiões de ocorrência (distribuição latitudinal). Por influenciar diretamente o metabolismo, reprodução, alimentação e outros processos biológicos, alguns peixes buscam áreas com temperaturas mais aquecidas quando desejam acelerar processos fisiológicos. Os peixes, tanto cartilaginosos quanto ósseos, são animais ectotérmicos, ou seja, dependem de fontes externas para regular sua temperatura corporal. Assim, a temperatura corpórea dos peixes costuma se manter próxima à do ambiente, já que perdem continuamente calor para o meio pela pele e brânquias. Entretanto, existem algumas espécies que possuem a capacidade de regular a temperatura através de mecanismos internos, como o atum-azul (*Thunnus thynnus*), que possui adaptações no sistema circulatório para irrigar a musculatura e consequentemente aquecê-la, durante uma incursão em águas mais frias. A *rete mirabile* (rede maravilhosa) presente em algumas espécies, é o mecanismo que possibilita a conservação de calor e o aquecimento muscular, mantendo a temperatura corporal acima da temperatura da água durante mergulhos em águas profundas e frias.

Reprodução

A maioria dos peixes é ovípara, com algumas exceções vivíparas e ovovivíparas. Muitas espécies utilizam zonas específicas para reprodução e desova, como regiões estuarinas, recifes de corais, manguezais e áreas costeiras rasas, que oferecem abrigo e condições favoráveis para o desenvolvimento dos ovos e larvas. Peixes em geral são bissexuados, ou seja, os indivíduos são do sexo feminino ou masculino. Contudo, existem casos de espécies hermafroditas, nas quais as gônadas podem funcionar como ovários e/ou como testículos, geralmente em alternância. A reprodução ocorre na maior parte dos casos via fertilização externa, com a liberação de gametas na água, sendo os espermatozoides produzidos pelos machos e os ovócitos pelas fêmeas. Contudo, há exceções em que a fecundação ocorre internamente, como no barrigudinho (*Cnesterodon decemmaculatus*), espécie de água doce cuja nadadeira anal é modificada em um gonopódio.

Após a fecundação, os peixes passam por diferentes estágios de desenvolvimento, que geralmente tem início na formação do ovo, passando pela fase larval, que evolui para alevino. Em seguida, desenvolvem-se até o estágio juvenil e depois atingem a fase adulta. Esse ciclo de vida, composto por vários estágios e diferentes necessidades ecológicas em cada um deles, garante a ocupação de nichos distintos até o peixe alcançar a forma adulta, evitando competições inter e intraespecíficas, favorecendo mecanismos de dispersão e conexões entre diferentes ambientes aquáticos.

Embora a maior parte das espécies não apresente cuidado parental, algumas desenvolveram estratégias destinadas a aumentar a sobrevivência da prole. Entre essas táticas, estão a preparação do ambiente para a deposição dos ovos, por meio da construção

de áreas rebaixadas em areia, rochas ou cascalhos para sua fixação. Algumas espécies também podem carregar os ovos consigo ou abrigá-los em um local protegido por outros organismos vivos, por exemplo dentro de anêmonas. Outras espécies simplesmente desovam em áreas pelágicas, deixando seus ovos ao sabor das correntes marinhas.

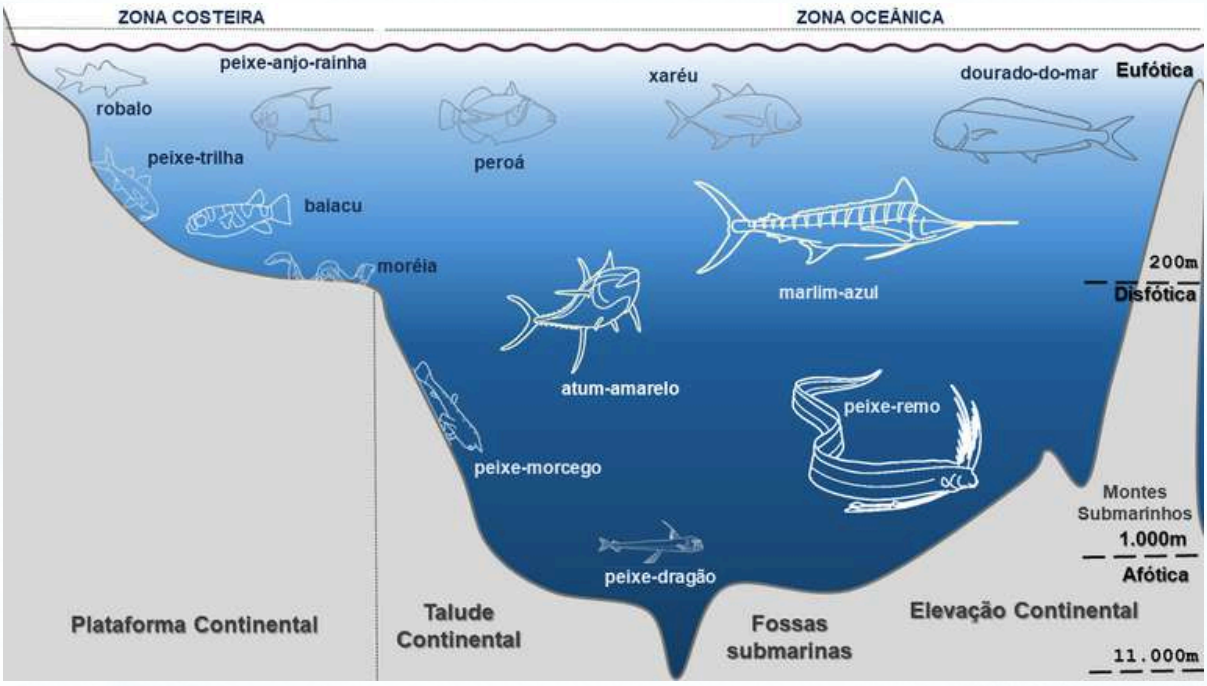
Distribuição de Peixes Marinhos

A distribuição das espécies de peixes marinhos é influenciada pelas diferentes características físico-químicas da coluna de água que são modificadas em decorrência da sua distância da costa (zona costeira e zona oceânica) e/ou da profundidade e da disponibilidade de luz (zona eufótica, disfótica e afótica) (Veja os detalhes no **Capítulo 3 - "Da Luz às Profundezas: Ecossistemas Marinhos e sua Biodiversidade"**). Os peixes representam a maior parcela do nécton marinho, que inclui organismos com capacidade de nadar ativamente e se mover independentemente das correntes oceânicas. Características fisiológicas e morfológicas das espécies, a disponibilidade de alimento nos ambientes e as relações entre os organismos nas comunidades também são fatores que influenciam na distribuição e abundância dos organismos.

A zona nerítica, ou costeira, representa 7% da superfície total dos oceanos e detém cerca de metade da diversidade conhecida de peixes marinhos, que estão concentradas em regiões tropicais de águas rasas, como nos ecossistemas de recifes de corais e nos manguezais. Nessas regiões costeiras, ocorrem espécies que, além de desempenharem funções ecológicas importantes, apresentam também valor comercial, como o robalo (*Centropomus undecimalis*) e o peroá (*Balistes capriscus*). Outras espécies podem servir de atrativo para o turismo de mergulho em águas rasas pelo colorido exuberante, como o peixe grama-brasileiro (*Gramma brasiliensis*) e o peixe-anjo-rainha (*Holacanthus ciliaris*), ambas espécies encontradas em ambientes recifais.

A zona oceânica pode ser subdividida verticalmente de acordo com a penetração de luz (Figura 3). A camada mais superficial onde a penetração de luz é intensa e ocorre predominantemente a atividade fotossintética, corresponde a zona eufótica. Uma das adaptações dos peixes oceânicos desta região é o corpo em formato de torpedo com nadadeira caudal lunada. Em espécies como atuns e outros membros da família Scombridae, a coloração azul no dorso e acinzentada ou branca no ventre, atua como camuflagem, dificultando a detecção por predadores no ambiente oceânico. A zona disfótica (mesopelágica) e a zona afótica (batial, abissal e hadal), representam o oceano profundo, onde a presença de luz é escassa e ausente, respectivamente. Os peixes de oceano profundo possuem adaptações fisiológicas para suportarem condições extremas como a ausência de luz, baixas temperaturas e alta pressão. Diversas espécies do mar profundo, a exemplo do peixe-dragão (*Chauliodus sloani*), possuem fotóforos, órgãos especializados que produzem sua própria luz por meio de uma reação química denominada bioluminescência. Espécies da zona hadal, representado pelo peixe-caracol (*Pseudoliparis swirei*) coletado a mais de 8.000 m de profundidade, são raras e pouco conhecidas.

Figura 3: Uso vertical e horizontal do habitat de algumas espécies marinhas de peixes com ocorrência no Brasil.



Fonte: Adaptado de Roque *et al.*, 2021.

Ameaças ao grupo

As principais ameaças (Figura 4) que afetam os peixes ósseos incluem a pesca excessiva e não regulamentada, responsável pelo declínio populacional e pelo desequilíbrio das cadeias tróficas, e a poluição, que provoca a degradação dos habitats naturais e a contaminação das espécies. As mudanças climáticas também exercem influência significativa, alterando os padrões de reprodução, sobrevivência e a distribuição dos peixes, o que pode levar a redução da biodiversidade. Atualmente, as mudanças climáticas também podem favorecer a migração de espécies para novas áreas, devido à alteração da temperatura da água e de correntes oceânicas, que afetam a disponibilidade de alimento e leva muitos organismos a se deslocarem em busca de condições ambientais mais adequadas. Além disso, a bioinvasão, fenômeno em que espécies exóticas (não nativas) ocupam áreas não antes habitadas por essas, pode levar à extinção de espécies nativas. No Brasil, a problemática da bioinvasão já é alarmante, especialmente devido à rápida dispersão do peixe-leão (*Pterois volitans*). A sua presença tem sido registrada com crescente frequência, inclusive em áreas marinhas protegidas como o arquipélago de Fernando de Noronha, em Pernambuco. Esta espécie é venenosa, sem predadores naturais, de hábito alimentar oportunista e tem alta taxa reprodutiva, o que intensifica sua capacidade de ocupação dos ambientes. Esses aspectos da história de vida da espécie dificultam o controle populacional do peixe-leão. As invasões biológicas por peixes ocorrem principalmente devido à soltura de animais exóticos, proveniente de piscicultura ou aquarismo, e à movimentação de embarcações, que transportam organismos pela água de lastro ou incrustados no casco. Os ambientes aquáticos continentais, como rios e lagos, sofrem mais pela soltura de animais, enquanto em águas marinhas e estuarinas predominam as invasões

relacionadas ao transporte marítimo, sendo o caso do peixe-leão.

Ao longo da cadeia alimentar marinha, predadores nos níveis mais altos das cadeias tróficas concentram os poluentes que foram bioacumulados pelas presas menores, como fitoplâncton e zooplâncton. Esse processo, chamado biomagnificação, ocorre quando substâncias químicas se acumulam progressivamente à medida que predadores, como atuns e garoupas, consomem presas menores, resultando em maiores concentrações de contaminantes em seus organismos.

Como resultado de todas essas pressões antrópicas, muitas espécies marinhas estão hoje ameaçadas, sejam elas peixes, aves, mamíferos ou outras formas de vida. A portaria nacional do Ministério do Meio Ambiente nº 148, de 7 de junho de 2022 lista estas espécies, como o peixe mero (*Epinephelus itajara*), classificado como Criticamente em Perigo (CR) e o marlim-azul (*Makaira nigricans*), que está Vulnerável (VU) a extinção.

Os peixes desempenham papel fundamental na manutenção dos ecossistemas, seja na regulação das populações de presas ou na ciclagem de nutrientes. Além disso, os peixes representam uma importante fonte de proteína, contribuindo para a segurança alimentar humana por meio da pesca, uma atividade ancestral que gera emprego e renda para as comunidades. Para promover a conservação da fauna marinha, é fundamental intensificar a fiscalização de fontes poluidoras, realizar o monitoramento das atividades de pesca, além de adotar práticas de educação ambiental, a fim de sensibilizar a sociedade quanto a importância vital dos oceanos.

Figura 4 - Principais ameaças e consequências atuais para o grupo dos peixes.

Fonte: Elaborado com o Canva.

Saiba Mais

Peixe elétrico (poraquê): o *Electrophorus voltai*, peixe dulcícola nativo da América do Sul e presente no Brasil, pode chegar a 2,5 metros de comprimento, sendo o único peixe capaz de produzir descargas elétricas fortes (cerca de 300 a 860 volts). O poraquê possui milhares de células especializadas (eletrócitos) dispostas em série ao longo do corpo para que a corrente elétrica possa fluir. Os eletrócitos são estimulados simultaneamente para que a voltagem gerada seja suficiente para atordoar a presa ou fugir de predadores. Essa técnica permite que a presa seja engolida facilmente sem oferecer resistência, e ainda mais impressionante, vários indivíduos já foram visualizados caçando juntos, potencializando as suas descargas elétricas em área.

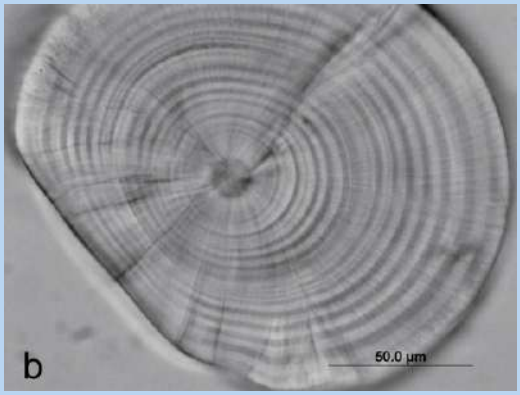
Espécies endêmicas do Brasil: o Brasil abriga uma grande diversidade de peixes ósseos, inclusive de espécies endêmicas, ou seja, aquelas que vivem em uma região geográfica restrita. Alguns exemplos da nossa fauna são os encantadores peixes recifais góbio-néon (*Elacatinus figaro*) e o grama-brasileiro (*Gramma brasiliensis*) (Figura 5).

Figura 5: Peixes recifais endêmicos *Elacatinus figaro* (esquerda) e *Gramma brasiliensis* (direita).

Fonte: Wikimedia commons.

Como saber a idade de um peixe? Os peixes, e os outros vertebrados, possuem estruturas de carbonato de cálcio no ouvido interno que possuem função de equilíbrio e orientação. Em peixes ósseos, essas estruturas calcificadas, chamadas de otólitos (Figura 6), possuem crescimento contínuo formando marcações periódicas, semelhante ao crescimento das árvores. É possível determinar a idade e acontecimentos ao longo da vida dos peixes a partir de estudos das linhas de crescimento e da composição química dos otólitos.

Figura 6: Otólito de larva de peixe-lanterna-metálico (*Myctophum affine*) sob microscópio.



Fonte: Cláudia Namiki.

Atividade Sugerida

1. **Construção de um sistema aquático em sala de aula**

Habilidades BNCC:
(EF04CI05); (EF07CI07); (EF07CI08); (EM13CNT203);

Uma maquete, desenhos no papel ou quadro com diferentes gradientes de profundidade podem ser elaborados, no qual serão inseridos diferentes organismos da fauna e flora marinha, incluindo as distintas espécies de peixes. O intuito é compreender as diferenças entre os habitats desses organismos, interligados com outros conceitos biológicos a partir de relações ecológicas e cadeias tróficas, por exemplo. A construção de sistemas marinhos é um tema transversal, e por isso, pode ser construído em conjunto com outras disciplinas como geografia, química e física, por exemplo. O assunto pode ser aprofundado de acordo com cada etapa escolar.
Tempo estimado: 1 a 2 aulas
Público-alvo: Ensino Fundamental I e II, Médio e EJA

2. **Jogo "Merinha: Jornada até o Mar"**

Habilidades BNCC:
(EF04CI05); (EF07CI07); (EF07CI08); (EM13CNT203);

O jogo foi desenvolvido por estudantes do Instituto Federal do Paraná em conjunto com o Projeto Meros do Brasil para sensibilizar estudantes acerca dos desafios enfrentados pela espécie *Epinephelus itajara* para chegar à vida adulta. Descrição: "Neste jogo educativo e divertido, você vai acompanhar Merinha, uma jovem peixe mero, em sua jornada pelos labirintos do manguezal — um ecossistema rico, vibrante e essencial para a vida marinha. Explore cenários incríveis, desvie de perigos como pescadores predatórios e resíduos poluentes, e aprenda como podemos proteger os oceanos e suas espécies ameaçadas, como o próprio mero."
O jogo pode ser acessado por meio do endereço eletrônico: https://merosdobrasil.org/jogo-merinha-jornada-ate-o-mar/
Tempo estimado: 40 minutos
Público-alvo: Ensino infantil e Fundamental I

Recursos complementares sugeridos

Documentário "A vida no nosso planeta", disponível na Netflix, mostra diferentes estratégias de reprodução e habitat dos peixes ósseos.

História em quadrinhos "Oceanos, da Turma da Mônica" realizada para celebrar a Década dos Oceanos. Descrição: Na história, a turminha parte em uma aventura em um submarino e, enquanto viajam pelo mundo marinho, explicam sobre a importância dos oceanos para a vida do planeta. Disponível no endereço eletrônico:

https://jornal.usp.br/universidade/para-criancas-roteiro-de-e-books-traz-opcoes-de-leituras-que-estimulam-o-aprendizado/.

Referências bibliográficas sugeridas

DE SOUSA SILVA, K. V. W.; SILVA, L. A. M.. Sequência didática para o estudo de peixes em turmas de Ensino Médio. Experiências em Ensino de Ciências, v. 15, n. 2, p. 678–706, 2020.

Referências

BOND, C. E. Biology of Fishes. 2. Ed. Fort Worth: Saunders College Pub., 1996.

FRASCA JR, S.; WOLF, J. C.; KINSEL, M. J.; CAMUS, A. C.; LOMBARDINI, E. D. Osteichthyes. In: Pathology of wildlife and zoo animals. Academic Press, 2018. p. 953-1001. Cap. 39.

GASPARINI, J. L.; NARCISO, L. C. Pequeno Guarda-Parque: Guia de campo de Peixes Recifais. 2024. ISBN 978-65-991345-5-5.

MELO, M. R. S.; GOMES, A. A. Diversidade de peixes marinhos. In: HARARI, J. (org.). Noções de Oceanografia. São Paulo: Instituto Oceanográfico, 2021. E-book. Cap. 24, p. 521-542.

MOYLE, P. B.; CECH, J. J., JR. *Fishes: An Introduction to Ichthyology.* 4. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999.

NELSON, J. S.; GRANDE, T. C.; WILSON, M. V. Fishes of the World. 5. ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2016. ISBN 9871118342336

POUGH, F. H.; HEISER, J. B.; MCFARLAND, W. N. *A vida dos vertebrados*. vol. 3, cap. 6. São Paulo: Atheneu, 2003.

ROQUE, P.; PIRES, A.; PIRES, R.; NUNES, D.; CORDEIRO, R.; LINS OLIVEIRA, J. E. Organismos de Mar Profundo do Nordeste do Brasil. In: VIANA et al. (org.). Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil: oceano, clima, ambientes e conservação. 1. ed. Olinda, PE: Via Design Publicações, 2021. p 268-297.

CAPÍTULO 2 - Um mergulho no mundo dos tubarões e raias

Clara de Oliveira Xavier[1], Iara Almeida Gadioli dos Santos[2], Aline Zanchetta Corres[3], Pollyana C. G. Roque[4], Natalia P. A. Bezerra[5]

[1 2 3 5] Laboratório de Bioecologia Marinha/UFES,
[4] Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos/UFES

Panorama geral

Os peixes dominam os ambientes aquáticos devido à sua forma hidrodinâmica e adaptações evolutivas que favorecem a locomoção e a sobrevivência. Por isso, esses constituem o grupo de vertebrados mais abundante do planeta, superando, em número de espécies, todos os demais grupos agregados. De modo geral, os peixes podem ser divididos em duas grandes categorias, com base na composição de seus esqueletos: os condrictes (peixes cartilaginosos) e os osteíctes (peixes ósseos). Os peixes cartilaginosos possuem escamas placóides (dentículos dérmicos), ausência de bexiga natatória e de opérculo, além de possuírem cinco a sete pares de fendas branquiais. Em contrapartida, os peixes ósseos podem apresentar escamas lisas (ctenóides ou ciclóides), presença de bexiga natatória que auxilia no controle da flutuabilidade e o opérculo que protege as brânquias (**mais detalhes no capítulo 1 - A vida no mar: os peixes ósseos**). No que diz respeito a história de vida, os condrictes são espécies do tipo *K-estrategistas*, caracterizadas pela baixa fecundidade, maturidade sexual tardia e elevada longevidade, características essas que contribuem para uma maior vulnerabilidade às ameaças que acometem o grupo.

Classificação e morfologia

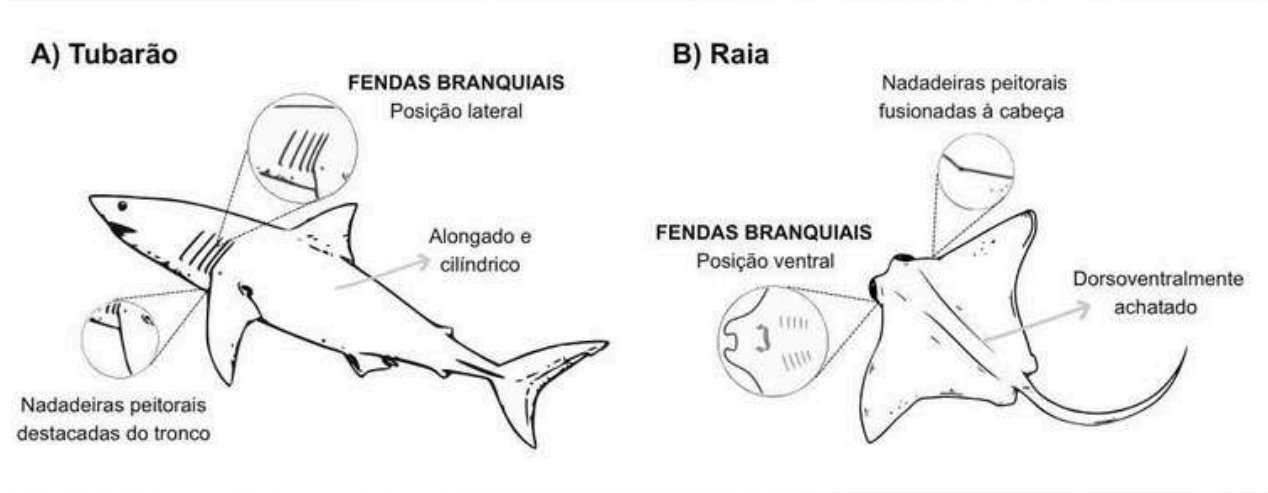
A classe Chondrichthyes é dividida em duas subclasses: a Elasmobranchii (elasmobrânquios), que inclui tubarões e raias, e a Holocephali (holocéfalos), representada pelas quimeras. No mundo, são conhecidas cerca de 1.220 espécies de condrictes, distribuídas em 16 ordens, 61 famílias e 199 gêneros. Desse total, 1.170 espécies são de elasmobrânquios (520 de tubarões e 650 de raias) e 50 são de holocéfalos (quimeras). A ordem de tubarões mais abundante no mundo é a Carcharhiniformes, com cerca de 293 espécies descritas. Para as raias, destacam-se as ordens Rajiformes, que reúne 296 espécies, e a Myliobatiformes, com 238 espécies. A nível de famílias, as mais representativas são Carcharhinidae, entre os tubarões, com 21 espécies, e Rajidae, entre as raias, com 278 espécies. No Brasil, estudos recentes apontam a presença de aproximadamente 200 espécies marinhas de peixes cartilaginosos, sendo 99 tubarões, 79 raias e 8 quimeras. Além disso, o Brasil também abriga cerca de 30 espécies de raias de água doce pertencentes à família Potamotrygonidae, o que confere ao país um dos mais elevados níveis de diversidade de raias dulcícolas no mundo.

Características morfológicas distintivas

Devido à grande semelhança entre algumas espécies de tubarões e raias, muitas vezes se torna desafiador identificar corretamente esses dois grupos. Todavia, algumas características taxonômicas distintivas auxiliam na diferenciação entre os elasmobrânquios. A maior parte das espécies de tubarões exibem um corpo alongado e cilíndrico (semelhante a um torpedo), com cinco a sete pares de fendas branquiais localizadas lateralmente e nadadeiras peitorais bem destacadas do tronco (Figura 1-A). Nesses animais, é possível observar uma ou duas nadadeiras dorsais localizadas na parte superior do corpo, enquanto as nadadeiras pélvica e anal estão localizadas na região ventral. A nadadeira caudal é do tipo heterocerca, caracterizada pela assimetria entre os lobos caudais, uma vez que o eixo da coluna vertebral se prolonga até o lobo superior, tornando-o geralmente maior e mais desenvolvido que o inferior. A morfologia e o tamanho desses lobos variam entre as diferentes espécies.

As raias, por sua vez, geralmente possuem um corpo no formato dorsoventralmente achatado (semelhante a um disco), com cinco pares de fendas branquiais posicionadas no ventre e nadadeiras peitorais fusionadas na cabeça. As nadadeiras dorsal e caudal podem ser bem desenvolvidas, reduzidas ou até ausentes, dependendo da espécie (Figura 1-B). Assim, essas diferenças entre os grupos resultam de adaptações a modos de vida distintos. Por exemplo, as raias, em grande parte bentônicas, possuem um corpo adequado para a vida junto ao fundo marinho, em contraste com o estilo mais pelágico e móvel da maioria dos tubarões. Somado a isso, os elasmobrânquios apresentam uma grande diversidade de tamanhos, com espécies que alcançam até os 20 metros de comprimento, a exemplo do tubarão-baleia (*Rhincodon typus*), e outras de poucos centímetros, como o tubarão-lanterna-anão (*Etmopterus perryi*) (mais detalhes no Saiba Mais deste capítulo).

Figura 1: Características morfológicas gerais distintivas entre tubarões (A) e raias (B).



Fonte: Elaborados no Canva.

Evolução e Ecologia

Os tubarões e as raias constituem um dos grupos de vertebrados mais antigos ainda existentes. Seus registros fósseis datam de cerca de 400 milhões de anos, ou seja, anteriores ao aparecimento dos dinossauros, o que evidencia uma longa história evolutiva. Por estarem presentes nos oceanos até os dias atuais, esses animais possuem uma série de características morfológicas e fisiológicas singulares que proporcionam grandes vantagens adaptativas ao ambiente marinho. Entre essas características, destacam-se o esqueleto cartilaginoso, que confere leveza e flexibilidade. Os dentes dos tubarões que podem ser regularmente substituíveis, garantem eficiência alimentar contínua. O formato fusiforme do corpo dos tubarões, as nadadeiras dorsais, peitorais e caudais bem desenvolvidas, além da pele recoberta por dentículos dérmicos, são fatores que minimizam a resistência da água e auxilia na estabilização durante a locomoção. Por isso, o corpo hidrodinâmico favorece a natação em elevadas velocidades que podem ultrapassar 70 km/h, sendo o tubarão-mako (Isurus spp.) reconhecido como um dos elasmobrânquios mais velozes. Além disso, esses animais possuem sistemas sensoriais altamente especializados, como a linha lateral e as ampolas de Lorenzini, fundamentais para a detecção de presas e para a orientação no ambiente aquático.

Na cadeia alimentar marinha, muitos elasmobrânquios, especialmente os tubarões, atuam como predadores de topo, embora algumas espécies ocupem níveis tróficos intermediários como, por exemplo, o tubarão-lixa (*Ginglymostoma cirratum*), que se alimenta por sucção de pequenos animais. Os predadores de topo de cadeia alimentar desempenham um papel ecológico essencial ao regular as populações de espécies de níveis tróficos inferiores, mantendo o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Dessa forma, a redução das populações de tubarões pode gerar efeitos em cascata conhecidos como *Top-down* (de cima para baixo), resultando na proliferação descontrolada de suas presas e, consequentemente, na alteração da estrutura e funcionamento dos ecossistemas marinhos.

Além de ocuparem elevadas posições tróficas, a alta longevidade dos tubarões e raias aumenta sua suscetibilidade à bioacumulação e biomagnificiação. A bioacumulação é o processo pelo qual substâncias químicas não biodegradáveis, como metais pesados (exemplo: mercúrio e chumbo) e pesticidas (como o DDT), se acumulam nos organismos ao longo do tempo. Já a biomagnificação é o aumento progressivo da concentração dessas substâncias tóxicas ao longo da cadeia alimentar. Ao ingerirem presas com elevada concentração de contaminantes, os elasmobrânquios acumulam ainda mais toxinas, o que pode comprometer a saúde, a reprodução e diminuir as chances de sobrevivência dessas espécies.

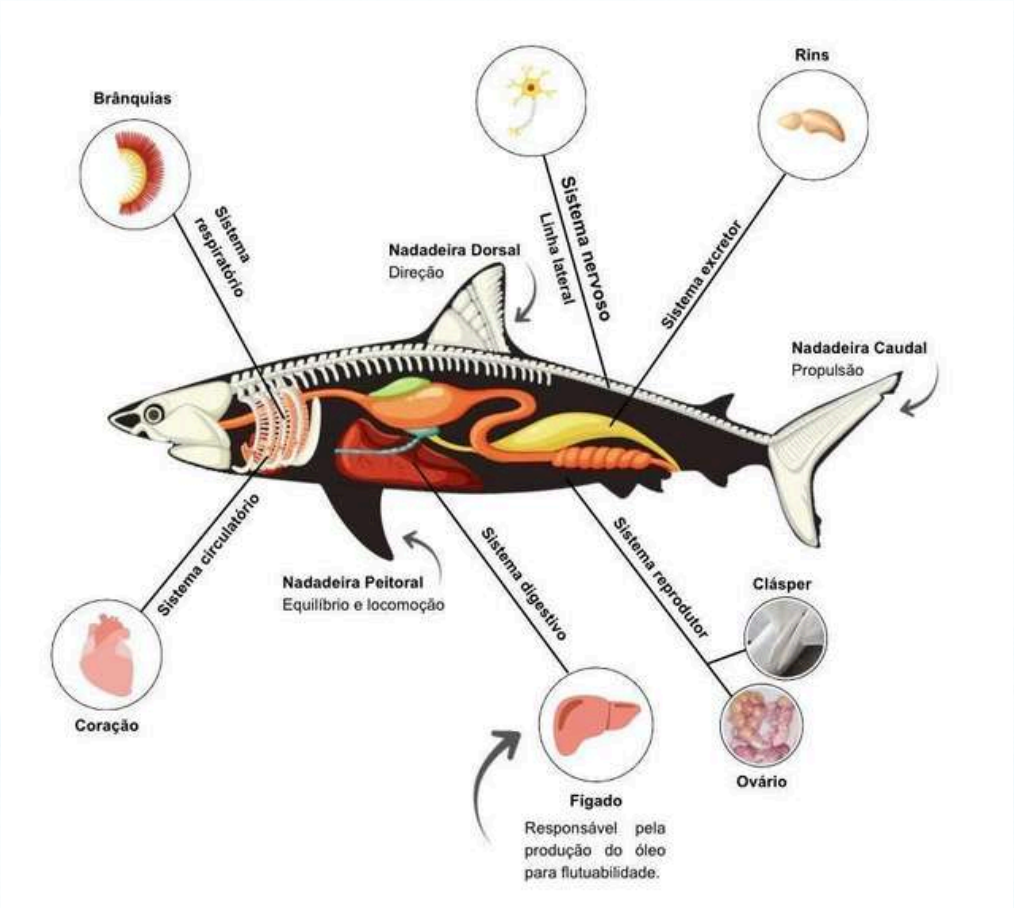
Anatomia interna, Fisiologia e Sistemas sensoriais

O sistema respiratório é composto por brânquias, responsáveis pelas trocas gasosas, e muitas espécies de raias, além de algumas espécies tubarões, possuem espiráculos que

auxiliam no bombeamento da água. O sistema circulatório é simples e fechado, com um coração de duas câmaras, enquanto o sistema digestório inclui boca, cloaca, estômago, esôfago, faringe e fígado. Já o sistema excretor desses animais é formado pelos rins e o sistema nervoso é composto pelo encéfalo, medula espinhal e órgãos sensoriais, como a linha lateral e as ampolas de Lorenzini.

Os tubarões e raias conseguem se deslocar verticalmente a partir da produção de óleo e hidrocarboneto insaturado, conhecido como esqualeno, em seu fígado, conferindo assim flutuabilidade para esses animais. Como o óleo é mais denso que a água, quando produzido o animal emerge, e afunda na ocasião em que o óleo é excretado, o que torna essas espécies nadadores extremamente eficientes. Além disso, esse grupo apresenta dimorfismo sexual aparente, com a presença de um par de órgãos copuladores (clásper) nas nadadeiras pélvicas dos machos, enquanto as fêmeas possuem a abertura da cloaca. No seu sistema reprodutor, os machos possuem testículos, enquanto as fêmeas possuem ovários e úteros (Figura 2).

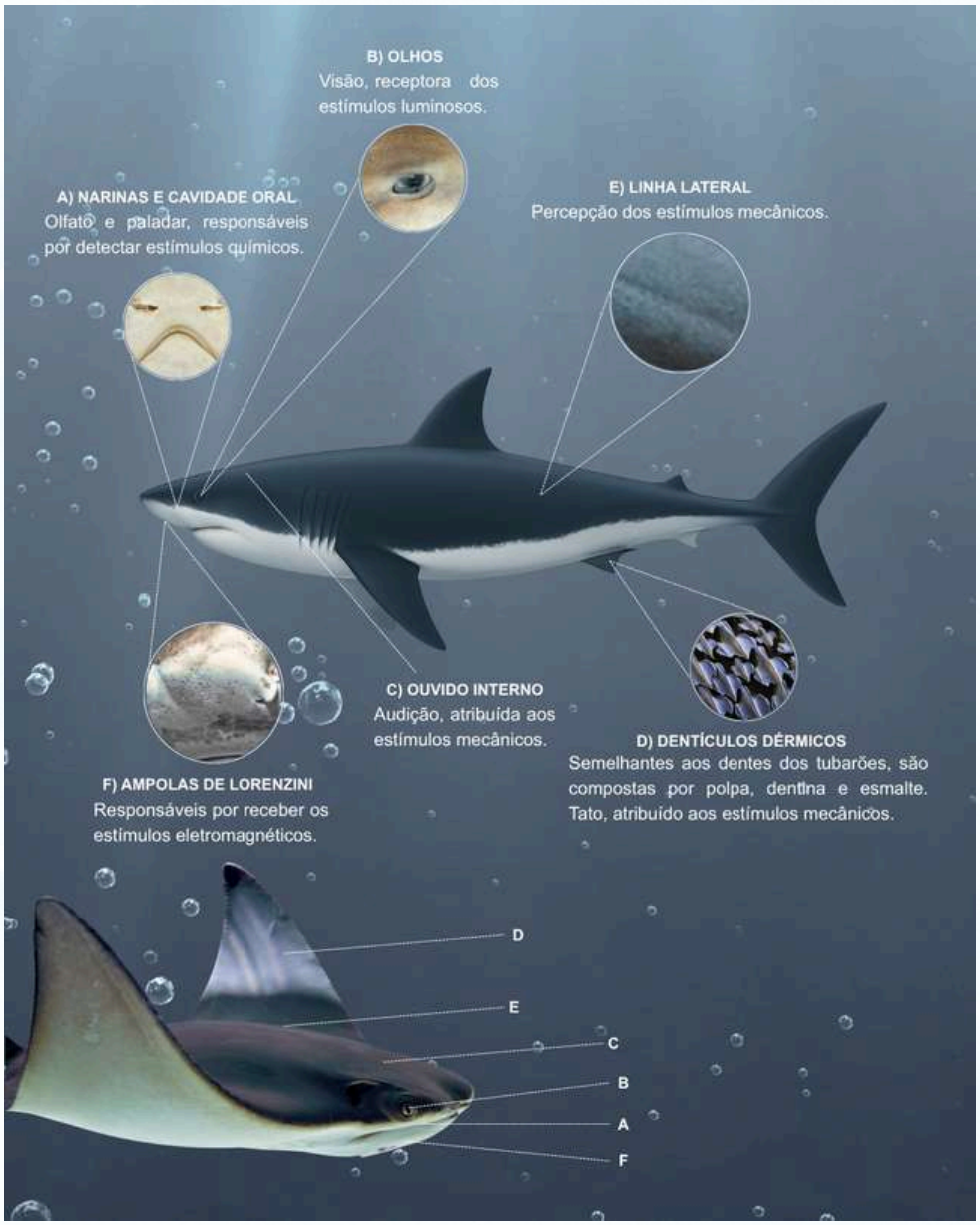
Figura 2: Representação dos órgãos nos sistemas do corpo dos elasmobrânquios, assim como das nadadeiras dos tubarões.



Fonte: Elaborados no Canva.

Esses animais apresentam um conjunto de órgãos sensoriais que conferem uma maior adaptação ao ambiente aquático, além dos cinco sentidos comuns aos seres humanos. O olfato e o paladar dos elasmobrânquios (Figura 3A) são altamente sensíveis, permitindo detectar substâncias químicas na água e localizar presas a grandes distâncias. O olfato, em particular, é um dos mais potentes, sendo fundamental para a caça e a navegação em seu ambiente. A visão (Figura 3B) dos elasmobrânquios é adaptada ao ambiente em que vivem. Espécies que habitam águas profundas, com pouca luz, possuem olhos maiores para captar melhor a luz disponível. Já aquelas em águas rasas ou mais iluminadas, têm olhos menores, pois não necessitam de tanta adaptação à escuridão. A audição (Figura 3C) capta vibrações e sons de baixa frequência, como os produzidos por presas em movimento, contribuindo para a detecção de alimentos e a percepção do ambiente.

Figura 3: Representação das estruturas que conferem os seis sentidos aos tubarões e raias.



Fonte: Elaborados no Canva.

O tato (Figura 3D) atua por meio dos dentículos dérmicos, estruturas rígidas semelhantes a dentes, compostas por polpa, dentina e esmalte, que tornam a pele capaz de receber estímulos mecânicos. A linha lateral (Figura 3E) complementa esse sentido, detectando vibrações e pressões na água por meio de milhares de poros que estimulam células sensoriais especializadas. Já as ampolas de Lorenzini (Figura 3F), são órgãos sensoriais especializados que permitem detectar campos eletromagnéticos gerados por outros organismos, além dos campos magnéticos da Terra. Através da detecção de pequenas correntes elétricas, originadas pelos batimentos cardíacos e pelas contrações musculares das presas, como peixes e invertebrados, os elasmobrânquios são capazes de localizar o seu alimento, mesmo quando os animais estão camuflados ou submersos na areia. Além disso, permite que os elasmobrânquios orientem sua caça com precisão, mesmo em ambientes visuais desafiadores, como águas turvas ou com pouca luz.

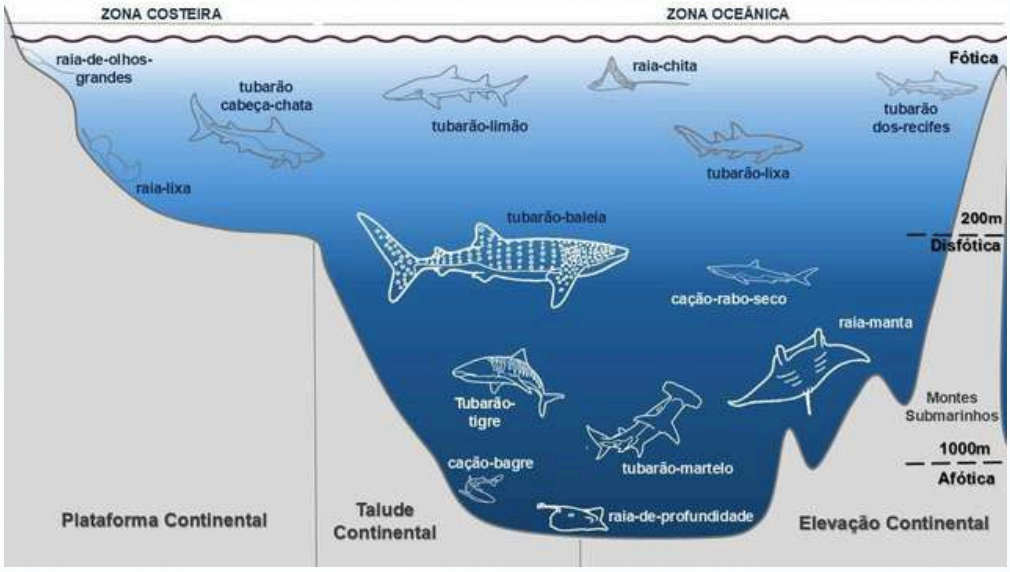
Ecossistemas e habitats dos tubarões e raias

Os elasmobrânquios ocupam uma ampla variedade de habitats marinhos, distribuindo-se desde regiões costeiras rasas até zonas oceânicas profundas. A maior parte das espécies de tubarões e raias vive exclusivamente no ambiente marinho, como o tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*), observado tanto em regiões costeiras como em áreas oceânicas. Contudo, algumas espécies apresentam maior tolerância a variações de salinidade, por isso podem transitar entre ambientes marinhos e estuarinos. Esse é o caso do tubarão cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*), que utiliza estuários como áreas de alimentação e abrigo e, de forma ocasional, pode adentrar dezenas de quilômetros pelos rios. Já o peixe-serra (*Pristis pristis*), que apesar do nome é uma espécie de raia, também ocupa regiões costeiras, porém sua presença está mais associada a estuários, não avançando tão profundamente nos rios quanto o tubarão cabeça-chata.

De maneira geral, as espécies que utilizam a coluna d'água, da superfície ao fundo do oceano, são classificadas como pelágicas, como o tubarão-baleia e a raia-manta-chilena (*Mobula tarapacana*). Em contraste, aquelas que vivem associadas diretamente ao fundo marinho são consideradas demersais ou bentônicas, a exemplo das raias-prego da família Dasyatidae, encontradas em águas rasas, e dos cações-bagre da família Squalidae, típicos de regiões mais profundas.

Embora as espécies tenham os seus habitats preferenciais, comumente os organismos realizam migrações em curta ou larga escala, sejam essas horizontais (entre regiões costeiras e oceânicas) ou verticais (entre as regiões fótica, disfótica e afótica) **(mais detalhes no Capítulo 3 - Da Luz às Profundezas: Ecossistemas Marinhos e sua Biodiversidade)**. Essas migrações podem ser motivadas pela busca de alimentos, proteção, parceiros ou ambientes mais propícios para o nascimento dos filhotes ou para a deposição dos ovos (Figura 4).

Figura 4: Uso vertical e horizontal do habitat de algumas espécies marinhas de tubarões e raias com ocorrência no Brasil.



Fonte: Adaptado do livro Ciências do Mar II, capítulo Elasmobrânquios do Nordeste Brasileiro, com recursos de www.dimensions.com

Reprodução

Tubarões e raias apresentam reprodução sexuada, com fecundação interna realizada pelos cláspers dos machos, estruturas responsáveis pela transferência de sêmen para a cloaca das fêmeas durante a cópula. Os elasmobrânquios apresentam três estratégias reprodutivas (Figura 5). A primeira é a oviparidade, comum em tubarões de profundidade, como os da família Scyliorhinidae, e também acontece em todas as raias da ordem Rajiformes. A segunda é a ovoviviparidade, encontrada em grupos como os Orectolobiformes, ordem à qual pertence o tubarão-lixa. Por fim, a viviparidade placentária, pode ser observada em tubarões-cabeça-chata, tubarões-martelo (*Sphyrna mokarran*) e outros representantes da ordem Carcharhiniformes.

Figura 5: Principais modos reprodutivos em elasmobrânquios, status de ameaça das espécies mencionadas segundo a União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN), e tamanho de primeira maturação (L50) sexual para cada espécie.

Fonte: Adaptado com www.dimensions.com/element.

Ao contrário do que se possa se pensar, as estratégias reprodutivas nos elasmobrânquios são mais semelhantes às das aves e mamíferos do que as da maioria dos peixes ósseos. Esses animais investem uma grande quantidade de energia na geração de um número pequeno de filhotes.

Ameaças, consumo e incidentes

Os elasmobrânquios são especialmente vulneráveis à extinção por serem espécie do tipo *K-estrategistas,* o que os tornam mais suscetíveis as ameaças humanas como a destruição de habitats, poluição, mudanças climáticas e sobrepesca, fatores que contribuem para o declínio de suas populações. No Brasil, os elasmobrânquios são frequentemente comercializados em feiras e supermercados de forma desfigurada, ou seja, sem cabeça, nadadeiras ou outras partes que permitiriam identificar a espécie. Nessas condições, são vendidos sob nomes genéricos como “cação”, “caçonete” ou “emplastro”. Essa prática mascara a venda de espécies ameaçadas e facilita diferentes tipos de fraude no mercado. O Brasil é um dos maiores importadores e exportadores de tubarões, e o consumo de “cação” é comum em pratos típicos, como na moqueca capixaba do Espírito Santo. Entretanto, muitos consumidores, por acreditarem que termo se refere apenas a tubarões de pequeno porte, desconhecem que essa carne pode ser tanto de tubarão quanto de raia.

Embora os tubarões sejam frequentemente estigmatizados pelo medo construído no imaginário das pessoas, devido principalmente aos filmes de ficção, o número de incidentes é baixo, com uma média global de 64 registros anuais nos últimos quatro anos, em contraste com os cerca de 100 milhões de tubarões mortos por pesca a cada ano. A cidade de Recife, capital de Pernambuco, concentra o maior número de incidentes com tubarões em águas brasileiras. Esse alto índice resulta da combinação da topografia costeira com a degradação ambiental causada pela poluição e por construções próximas a áreas de reprodução e alimentação, que fazem com que os tubarões se aproximem das zonas rasas, aumentando o risco de interações negativas com banhistas.

Os elasmobrânquios são capturados tanto como espécies-alvo, devido ao seu valor comercial, quanto de forma incidental em pescarias voltadas à captura de outras espécies, como na pesca de arrasto. Assim, atividades antrópicas têm contribuído significativamente para o declínio do grupo, por isso cerca de 38% das espécies de tubarões e raias estão ameaçadas de extinção. No Brasil, a Portaria MMA nº 148/2022 reconhece 52 espécies de elasmobrânquios ameaçados de extinção. Nesse contexto, e em consonância com o Objetivo 14, Vida na Água da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), é fundamental promover o uso sustentável dos oceanos e fortalecer medidas de conservação. A criação de Unidades de Conservação, de *Hope Spots*, áreas marinhas reconhecidas internacionalmente por sua importância ecológica, e das Áreas Importantes para Tubarões e Raias (ISRAs sigla em inglês para *Important Shark and Ray Areas*), que identificam áreas prioritárias para proteção, constitui uma

estratégia fundamental para a conservação dos elasmobrânquios. Além disso, o combate à pesca ilegal, a fiscalização do comércio e, especialmente, as ações de educação ambiental são medidas essenciais para garantir a sobrevivência de tubarões e raias em seus habitats naturais.

Saiba Mais

O menor tubarão do mundo: Tubarão-lanterna-anão (*Etmopterus perryi*)

É o menor tubarão conhecido, medindo cerca de 20 cm quando adulto. Vive em águas profundas do Oceano Atlântico, próximo à costa da Colômbia e da Venezuela. Seu nome vem da capacidade de emitir luz por meio de órgãos especiais chamados fotóforos, que o ajudam a se camuflar nas profundezas.

O maior peixe vivo: Tubarão-baleia (*Rhincodon typus*)

É o maior peixe vivo do planeta. Pode chegar a medir 20 metros de comprimento, com idade máxima registrada de 80 anos. Apesar do tamanho impressionante, é completamente inofensivo para os humanos. Alimenta-se principalmente de plâncton, pequenos peixes e crustáceos, que filtram da água enquanto nada com a boca aberta. Vive em águas tropicais e subtropicais, sendo um dos animais mais admirados por mergulhadores.

Atividade Sugerida

Conhecendo os Elasmobrânquios: Aula prática com coleções zoológicas didáticas

Habilidades BNCC:

- (EF02CI04); (EF03CI04); (EF03CI05); (EF03CI06); (EF06CI09); (EF08CI07)

Ensino Fundamental e Médio (40 min): Proporcionar aos alunos a observação e o estudo da morfologia externa e interna de tubarões e raias por meio de coleções zoológicas didáticas. Assim como, estimular a identificação de adaptações desses animais ao ambiente marinho e promover reflexões sobre a preservação do grupo.

Dica: Entre em contato com a universidade ou museu mais próximo e verifique se o setor de Biologia, Oceanografia, Zoologia ou Educação Ambiental realiza atividades de extensão com escolas. Projetos de extensão universitária geralmente disponibilizam materiais didáticos e oficinas gratuitamente.

Recursos complementares sugeridos

Podcast: Incidentes com tubarões em Recife (O Cubo biológico) - Entrevista com o Professor Doutor Paulo Oliveira. Link: https://open.spotify.com/episode/5XgNss4ADVWVIbQMSgSZPQ?si=9UDRNj2US_utFsj0gywjqQ

Documentário: Tubarões gigantes (Giant Sharks) - Dr. Ryan Daly e sua equipe usam a tecnologia para estudar os movimentos e o comportamento dos tubarões-touro (*Carcharhinus leucas*). Disponível na Disney+ e National Geographic.

Rêgo, Mariana; Azevedo, Mariana; Oliveira, Paulo. Tubalina e os mistérios dos mares de Pernambuco. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2024. ISBN 978-85-7946-404-1.

Referências bibliográficas sugeridas

BOND, C. E. Biology of fishes. 2. ed. Fort Worth: Saunders College Pub., 1996.

BORNATOWSKI, H.; LOOSE, R. H.; BERNARDO, C. Tubarões: o medo dos animais, o consumo de espécies ameaçadas e seus impactos para a conservação. In: O meio ambiente litorâneo e insular do Paraná. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021.

EBERT, D. A.; DANDO, M.; FOWLER, S. Sharks of the world: a complete guide. Princeton: Princeton University Press, 2021.

FISCHER, L. G. Peixes: morfologia e adaptações. Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Instituto de Oceanografia, 2010.

GOMES, U.; SIGNORI, C.; GADIG, O.; SANTOS, H. Guia para a identificação de tubarões e raias do Rio de Janeiro. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

HAZIN, F. H. V.; BURGESS, G. H.; CARVALHO, F. C. A shark attack outbreak off Recife, Pernambuco, Brazil: 1992–2006. Bulletin of Marine Science, v. 82, n. 2, p. 199–212, 2008.

INTERNATIONAL FUND FOR ANIMAL WELFARE. FAQ about sharks. Disponível em: https://www.ifaw.org/international/journal/faq-about-sharks. Acesso em: 15 out. 2025.

ISAF – INTERNATIONAL SHARK ATTACK FILE. Yearly worldwide shark attack summary. Florida Museum. Disponível em: https://www.floridamuseum.ufl.edu/shark-attacks/yearly-worldwide-summary/. Acesso em: 15 out. 2025.

IUCN SSC SHARK SPECIALIST GROUP. Important Shark and Ray Areas (ISRAs): about ISRAS. Disponível em: https://sharkrayareas.org/about-isras/. Acesso em: 6 nov. 2025.

KOTAS, J. E.; VIZUETE, E. P.; SANTOS, R. A.; BAGGIO, M. R.; SALGE, P. G.; BARRETO, R. PAN Tubarões: primeiro ciclo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção. Brasília, DF: ICMBio/CEPSUL, 2023.

MOYLE, P. B.; CECH, J. J., JR. Fishes: an introduction to ichthyology. 4. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999.

SHIFFMAN, D. Why sharks matter: a deep dive with the world's most misunderstood predator. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2022.

CAPÍTULO 3 - Sobrevoando Oceanos - Ecologia e Diversidade de Aves Marinhas

Ana Beatriz S. Memelli[1], Fabio Cavalca Bom[2], Fabian Sá[3], Natalia P. A. Bezerra[4]

[1 4] Laboratório de Bioecologia Marinha (LabeMar)
[2 3] Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm)

Panorama geral

As aves marinhas compõem um grupo muito diversificado de espécies globalmente distribuídas, com adaptações eficientes ao ambiente marinho, como natação, estratégia de alimentação e eliminação do excesso de sal. Apesar da variedade de definições existentes, aves marinhas podem ser conceituadas como aquelas que obtêm ao menos parte de seus recursos alimentares no ambiente aquático marinho, com o qual mantêm uma forte associação. Existem aproximadamente 346 espécies de aves marinhas no mundo, o que representa em torno de 3,5% do total de aves. No Brasil, atualmente são registradas cerca de 150 espécies de aves marinhas, distribuídas em cinco ordens. Suas características variam entre ordens, espécies e populações, entretanto, alguns atributos são compartilhados pela maioria das aves marinhas (Quadro.1).

Quadro 1- Características gerais compartilhadas entre as espécies de aves marinhas.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DE AVES MARINHAS
Elevada longevidade → podem viver por muitos anos
Maturação sexual tardia → estão aptas para a reprodução após um extenso intervalo temporal
Baixa fecundidade → põem poucos ovos
Grande intervalo reprodutivo → muito tempo entre períodos reprodutivos
Cuidado parental → os pais cuidam dos filhotes
Monogâmicos → fiéis ao parceiro, geralmente formam apenas um casal por toda a vida
Filopatria → quando insulares, tem fidelidade ao local de acasalamento, por isso retornam para a mesma ilha onde se reproduziram no último período reprodutivo
Endotérmicos → geram calor internamente para manter a temperatura do corpo estável.

Principais ordens

As principais ordens de aves marinhas são: Procellariiformes (albatrozes, pardelas, bobos e petréis); Suliformes (atobás, fragatas e biguás); Charadriiformes (trinta-réis, gaivotas e maçaricos); Sphenisciformes (pinguins) e Pelecaniformes (pelicanos, garças e guarás) (Figura1).

Figura 1 - Exemplos de espécies das principais ordens de aves marinhas

Fonte: Leonardo Merçon / Instituto Últimos Refúgios e Daniel Sabbag.

Os pinguins, por exemplo, pertencentes a ordem Sphenisciformes, modificaram suas asas ao longo da evolução em nadadeiras, para melhor explorar o ambiente aquático, sendo hoje excelentes nadadores, capazes de mergulhar a mais de 500 m de profundidade. Além disso, muitas espécies desta ordem apresentam mecanismos fisiológicos que favorecem a sobrevivência em ambientes frios.

A ponta do bico em formato de gancho das espécies da ordem Procellariiformes serve para capturar presas lisas e/ou escorregadias. Este grupo se diferencia dos demais por apresentarem tubos nasais pronunciados para fora do bico. São nadadores habilidosos e a maioria se alimentam na superfície do mar. Os indivíduos pertencentes aos Suliformes, anteriormente pertencentes à ordem Pelecaniformes, possuem membranas interdigitais, que lhe conferem altas habilidades na água no que se refere à captura de presas.

Por habitarem majoritariamente áreas úmidas e lamosas, como manguezais, os representantes da ordem Pelecaniformes geralmente possuem pernas longas e bicos compridos, de diferentes formatos, cada um adaptado para captura de suas respectivas presas. O formato do bico também reflete sua história evolutiva e apresenta outras funções como termorregulação e vocalização. As espécies dessa ordem formam grandes colônias e realizam reduzida vocalização.

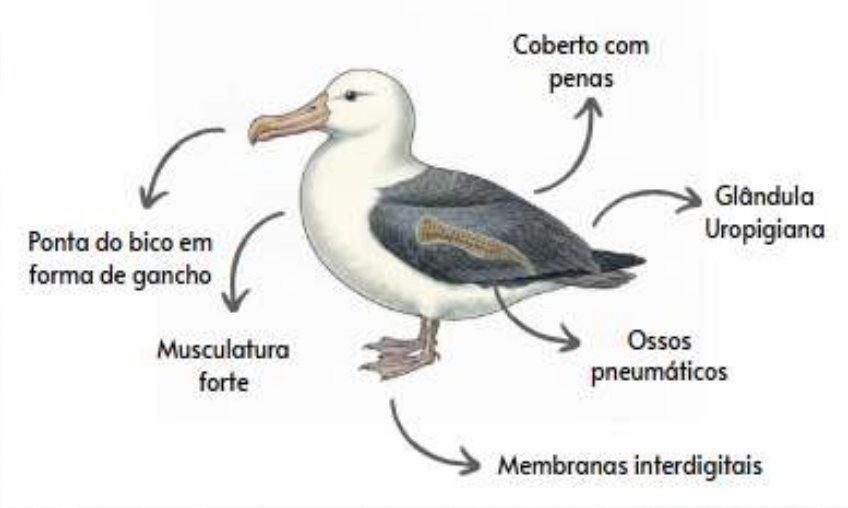
A ordem dos Charadriiformes, por sua vez, é composta por indivíduos de pequeno a médio porte, e estão associados a ambientes aquáticos como rios, lagos, áreas costeiras e no mar. Exploram o substrato em busca de alimento, seja ele areia de praia, lama, ou associado à vegetação rasteira.

Adaptações de Aves Marinhas

As aves atuais descendem de dinossauros terópodes e surgiram após a grande diversificação que ocorreu no Cretáceo, especialmente entre 100 e 66 milhões de anos atrás. As linhagens modernas se expandiram de forma quase simultânea nesse período e algumas delas passaram a explorar ambientes marinhos de maneira independente ao longo de sua história evolutiva.

Em termos morfológicos, cada espécie dispõe de diferentes aparatos, como a coloração das penas, o formato do bico, o comprimento das pernas e a dimensão do corpo que vão proporcionar maior adaptação aos seus habitats. Em geral, o corpo é coberto com penas, seus membros superiores são asas, muitos possuem glândulas para eliminação do excesso de sal, e seus ossos são pneumáticos, ou seja, com sacos aéreos, para que fiquem leves e consigam voar (Figura 2), com exceção de pinguins e outros mergulhadores como biguás. Possuem sacos aéreos também no tórax para respiração e musculatura forte, principalmente do peito, para suportar viagens de longas distâncias.

Figura 2 - Representação dos aspectos anatômicos gerais de uma ave marinha.



Fonte: Produzida com recurso de IA e CANVA.

Suas penas podem ser cobertas por óleo, com exceção para algumas espécies, graças a uma estrutura denominada glândula uropigiana, responsável pela impermeabilização da plumagem, permitindo que consigam voar após entrarem na água (Figura 2). As aves esfregam o óleo nas suas asas com os seus bicos. As penas também servem como proteção da pele, termorregulação, camuflagem, defesa, cortejo e principalmente para o voo.

Biologia das espécies

No que diz respeito a reprodução das aves, para atrair as fêmeas, os machos de algumas espécies exibem a coloração de suas penas para que sejam notados e escolhidos para o acasalamento. Além disso, os machos também podem vocalizar e confeccionar ninhos mais elaborados, para chamar a atenção de sua futura parceira. O processo de reprodução está diretamente ligado à qualidade do ambiente onde as aves se encontram. Para que o animal tenha sucesso na reprodução é preciso um ambiente saudável, com áreas amplas, preservadas e aportando alimentos necessários.

O momento em que existe a construção de ninhos e incubação dos ovos se chama nidificação, ocasião em que as espécies se reúnem em agregações reprodutivas ou em pares mais afastados, defendendo seu próprio território reprodutivo. Geralmente ao escolherem seus parceiros, passam o resto de suas vidas lado a lado. Os ovos das aves marinhas são rígidos e mais resistentes à perda de água quando comparado ao dos répteis. Os ninhos podem ser construídos a partir de galhos, fibras, fios de cabelo, pelos, penas, musgos, fungos, lama e até resíduos humanos, a depender da espécie e da disponibilidade de recursos.

Quando filhotes, as aves possuem uma aparência diferenciada dos adultos, pois nascem com uma penugem fina que é gradativamente substituída por penas mais espessas estruturadas (Figura 3). Algumas espécies possuem o dimorfismo sexual evidente, a exemplo do atobá marrom (*Sula leucogaster*), em que as fêmeas possuem bicos mais

volumosos com ponta rosada e os machos, são de menor porte, com a área circular ao redor dos olhos de coloração azulado-escuro. Os filhotes também apresentam coloração distinta, a depender da sua fase de vida (Figura 3). O atobá marrom nidifica em ilhas oceânicas brasileiras, como o arquipélago de São Pedro e São Paulo, entretanto é capaz de habitar todos os oceanos tropicais.

Muitas espécies mudam de cor no seu desenvolvimento, por isso podem adquirir cores presentes nos itens que fazem parte da sua dieta, como é o caso do guará (*Eudocimus ruber*) que adquire sua coloração avermelhada devido ao consumo de crustáceos ricos em carotenos.

Figura 3: Família de atobá marrom (*Sula leucogaster*), no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: atobá filhote com penugem branca (esquerda) e indivíduo jovem de coloração acinzentada (direita).

Fonte: Natalia Alves Bezerra.

Dieta e forrageamento

A dieta das aves marinhas pode variar consideravelmente entre os grupos, de forma que, de maneira geral, espécies pequenas tem sua dieta baseada principalmente em organismos zooplânctônicos (animais, geralmente pequenos, que flutuam ou possuem a capacidade de locomoção reduzida) na camada superficial da água. Em contrapartida, muitas espécies se alimentam de peixes e lulas. Por outro lado, algumas espécies também podem consumir carcaças de animais mortos, como é o caso das gaivotas, que são oportunistas.

Para diferentes componentes da dieta, serão utilizados distintos métodos de captura do alimento (forrageamento). A maioria das aves marinhas são oportunistas, com uma dieta variada, utilizando variados métodos para capturar suas presas. Algumas espécies mergulham e nadam ativamente em busca do alimento, como os pinguins e atobás, ou podem capturar as presas da superfície da água, sem mergulhar completamente, como os albatrozes. Outras espécies capturam suas presas diretamente na areia ou no lodo, como ocorre com muitos representantes da ordem Charadriiformes, especialmente aqueles que sondam o substrato em busca de invertebrados. Outra estratégia de alimentação é através da subtração da comida capturada por outro indivíduo, como é feito pelas fragatas (*Fregata magnificens*).

Estratégias de vida - Distribuição, abundância, habitats e migrações

No Brasil, as aves marinhas estão presentes ao longo de toda a costa, tendo sua distribuição regida por fatores ligados aos oceanos, atmosfera e as relações ecologias nos ecossistemas. De maneira geral, as condições que ditam a distribuição global das espécies estão relacionadas às variáveis físico-químicas da água, tais como o nível de salinidade, a temperatura e a concentração de nutrientes. Esses fatores são determinantes para incrementar a produtividade primária, e, por consequência, a disponibilidade de presas, o que define a presença ou ausência de determinadas espécies.

No Brasil, áreas com biodiversidade significativa de aves marinhas foram registradas ao norte, na fronteira com a Guiana Francesa e na desembocadura do Rio Amazonas (PA), a leste, ao redor da Cadeia Vitória Trindade (ES) e em Cabo Frio (RJ) e ao sul, no Cabo de Santa Marta (SC) e na divisa com o Uruguai.

No que se refere a classificação de habitats ocupados pelas aves marinhas, duas grandes categorias são descritas para melhor compreensão dos seus nichos e comportamentos. As aves costeiras mantem uma relação intrínseca com as áreas de praia, local para o qual retornam após se alimentarem. Por outro lado, as aves oceânicas vivem e se alimentam em mar aberto, utilizando as ilhas principalmente para descanso e reprodução. Entretanto, algumas espécies tipicamente oceânicas retornam para a região costeira durante o período reprodutivo.

Importância para os ecossistemas

As aves marinhas são um grupo muito importante para a manutenção dos ecossistemas costeiros e oceânicos, pois controlam o crescimento das populações de suas presas, por serem, em muitos casos, predadores de topo da cadeia alimentar marinha. Sendo assim, esse grupo exerce influência na composição da fauna das comunidades do ambiente de praia e das zonas oceânicas, contribuindo para o equilíbrio dos ecossistemas. Além disso, esses animais conectam o ambiente terrestre e o marinho, uma vez que se alimentam em ambiente marinho, mas constroem ninhos e descansam em terra, transportando assim matéria, energia e nutrientes entre os dois habitats. Por exemplo, através do acúmulo de fezes de aves é formado o guano, que fornece grandes quantidades de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, essenciais para o crescimento das plantas.

Outro aspecto relevante para a conservação dos ecossistemas está ligado ao uso dessas aves como bioindicadores e biomonitores da qualidade dos oceanos, uma vez que interagem amplamente com esse ambiente. Suas condições de saúde, bem como os seus padrões comportamentais, refletem diretamente o estado dos ecossistemas de conservação dos locais que habitam, fornecendo informações valiosas sobre a poluição marinha.

Principais Ameaças e desafios para a conservação

As aves, assim como a fauna marinha em geral, sofrem com os impactos gerados pelas ações decorrentes das atividades humanas, o que tem acarretado diretamente na redução de suas populações.

Uma ameaça significativa para a manutenção da diversidade das aves marinhas está relacionada à predação de ovos e filhotes por animais domésticos ou exóticos como gatos, ratos, cachorros, cabras, coelhos e porcos. A destruição dos habitats naturais utilizados para reprodução e alimentação pelas aves também é uma ameaça expressiva ao grupo.

Os impactos relacionados com a pesca comercial estão associados a captura incidental das aves por emaranhamento em redes passivas de pesca, colisão com cabos e outras estruturas presentes nas embarcações (Figura 4), além de ficarem presas em linhas, anzóis e nos espinheis de pesca. Entre as medidas de mitigação dos impactos da pesca, o uso do toriline, que consistem em fitas coloridas que conseguem afastar as aves para longe do espinhel, tem se mostrado eficiente. A largada do material de pesca durante a noite, evitando a interação durante o forrageamento, assim como o emprego de um regime de peso maior na linha-base para que os anzóis afundem mais rapidamente, são mecanismos que reduzem a captura acidental das aves.

O lixo no mar constitui uma das principais ameaças às aves marinhas. A ingestão de resíduos sólidos por elas pode resultar em mortalidade direta, uma vez que o material ingerido ocupa espaço no trato gastrointestinal, promovendo uma falsa sensação de saciedade, levando à inanição. Além disso, mesmo quando não fatal, a ingestão de detritos pode causar perfurações, bloqueios parciais do sistema digestório das aves, além de expor os animais as substâncias tóxicas liberadas pelos materiais, comprometendo assim a saúde e o desempenho fisiológico dos indivíduos.

Quando a fauna marinha é impactada por óleo imediatamente após um derramamento ou pelos efeitos podem persistir por anos, mesmo que em pequenas quantidades. Esses impactos geram efeitos negativos incluindo lesões internas e externas, anemia, mudanças na temperatura corporal, redução da capacidade de natação, flutuabilidade e impermeabilização das penas, desidratação e mudanças na reprodução.

No intuito de mitigar as ameaças que acometem o grupo de aves marinhas, planos de ações de conservação foram criadas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), autarquia federal vinculado ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Dentre essas medidas, o Plano Nacional para a Conservação de Albatrozes e Petréis (2006) e o Plano de Ação das Aves Marinhas Ameaçadas de Extinção (2018-2023, 1º ciclo e 2024-2029, 2º ciclo), são instrumentos fundamentais para promover a recuperação do grupo. A efetividade desses planos enfrenta muitos desafios como o cumprimento da legislação, falta de fiscalização adequada, disputa de interesses com a indústria petrolífera e a sensibilização da população acerca de práticas sustentáveis de consumo de pescado.

Figura 4: Interação da ave marinha Trinta-réis-de-bando (*Thalasseus acuflavidus*) com embarcação de pesca no município de Guarapari, Espírito Santo.

Fonte: Leonardo Merçon / Instituto Últimos Refúgios.

A conservação das aves marinhas está diretamente alinhada com os propósitos da agenda 2030, na qual são dispostos os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, principalmente no que tange ao ODS 14 - Vida na Água, a partir da execução de ações para mitigar às principais ameaças experimentadas pelas aves marinhas.

Saiba Mais

Os albatrozes são as maiores aves marinhas do mundo. Entre eles, o albatroz-errante é o mais impressionante, podendo atingir mais de 3,5 metros de envergadura, ou seja, a distância entre as pontas das asas quando estão totalmente abertas. Além disso, eles possuem um mecanismo para travar as asas, fazendo com que fiquem abertas sem se cansarem e permitindo que, com a ajuda das correntes de correntes de vento, voem longas distâncias quase sem bater as asas.

Os atobás realizam mergulhos a uma velocidade de até 100Km/h para capturar suas presas. Para isso, os atobás utilizam um método chamado Plunge Diving, mergulhando de grande altura para capturar suas presas. Ele possui um pescoço reforçado, capaz de suportar o impacto com a água. Vídeo disponível em https://sl1nk.com/Ch8Gr.

Atividade Sugerida

Ensino infantil:
Habilidades BNCC:
(EF02CI04); (EF03CI04); (EF03CI05); (EF03CI06); (EF06CI09); (EF08CI07)

Assistam ao clipe musical abaixo e peça para que a turma compartilhe com os colegas o que aprendeu. Em seguida, mostre o Quadro de Espécies (Figura 1) e peça para que escolham um representante do grupo das aves marinhas e desenhe-o.
AVES MARINHAS - Clipe Musical | ESQUADRÃO DO MAR AZUL

Ensino fundamental e médio:
Habilidades BNCC:
(EF02CI04); (EF03CI04); (EF03CI05); (EF03CI06); (EF06CI09); (EF08CI07)

Organize uma saída de campo com a turma para um ambiente costeiro, como um manguezal ou uma praia. Durante a visita, os alunos deverão observar e registrar fotograficamente as aves marinhas e demais animais encontrados, anotando informações sobre o local e o comportamento dos animais. Depois, deverão identificar as espécies observadas utilizando guias de campo, Google Lens ou aplicativos de identificação de fauna e apresentar um breve relatório com as fotos e descrições das aves registradas.

Recursos complementares sugeridos

- Nosso planeta 2 e Dança dos pássaros - Disponíveis Netflix
- Livro do Aluno – Projeto albatroz. Disponível para download em https://projetoalbatroz.org.br/sobre-o-projeto-albatroz/biblioteca/livro-do-aluno.
- GOULART, F. F.; KOT, L. (orgs.). Guia de boas práticas para a observação de aves marinhas [livro eletrônico]. Brasília, DF: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, 2025.
- Site Birds of the World – CornellLab https://birdsoftheworld.org/bow/home.

Referências bibliográficas sugeridas

ANGARITA-BÁEZ, J.; CARLOS, C. Feeding behavior and prey of three migratory shorebirds (Aves: Charadriiformes) during the nonbreeding season in southern Brazil. Acta Ethologica, v. 27, 2023.
BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Plano de Ação Nacional para a Conservação das Aves Marinhas: sumário executivo. Brasília, DF: ICMBio, 2023.

CRANDELL, K. E.; HOWE, R. O.; FALKINGHAM, P. L. Repeated evolution of drag reduction at the air–water interface in diving kingfishers. Journal of the Royal Society Interface, v. 16, 2019.
CROXALL, J. P.; BUTCHART, S. H. M.; LASCELLES, B.; STATTERSFIELD, A. J.; SULLIVAN, B.; SYMES, A.; TAYLOR, P. Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. Bird Conservation International, v. 22, n. 1, p. 1–34, 2012.
DAUDT, N. W. Padrões de distribuição espacial de aves marinhas no Brasil. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, 2019.
GILL, F. B. Ornithology. 3. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2006. 758 p. ISBN 9780716749837.
HANSELL, M. H. Bird nests and construction behaviour. Illustrated by Raith Overhill. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 1st ed. 300 p. ISBN 9780521460385.
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Plano Nacional de Ação de Emergência para Fauna Impactada por Óleo: PAE-Fauna. Brasília: IBAMA, 2016.
JOHNSTON, N. M.; MURPHY, E. J.; ATKINSON, A.; CONSTABLE, A. J.; COTTÉ, C.; COX, M.; …; YANG, G. Status, change, and futures of zooplankton in the Southern Ocean. Frontiers in Ecology and Evolution, v. 9, 2022.
MAYR, G.; DE PIETRI, V. L.; LOVE, L.; MANNERING, A. A.; BEVITT, J. J.; SCOFIELD, R. P.
First complete wing of a stem group Sphenisciform from the Paleocene of New Zealand sheds light on the evolution of the penguin flipper. Diversity, v. 12, n. 46, p. 1–12, 2020.
NUNES, G. T.; EFE, M. A.; SERAFINI, P. P.; BUGONI, L. Aves marinhas no Brasil: desafios para a conservação. Oecologia Australis, v. 27, n. 3, p. 254-269, 2023. DOI: 10.4257/oeco.2023.2703.01.
PIRO, A.; ACOSTA HOSPITALECHE, C. Skull morphology and ontogenetic variation of the Southern Giant Petrel Macronectes giganteus (Aves: Procellariiformes). Polar Biology, v. 42, p. 27–45, 2019.
SCHREIBER, E. A.; BURGER, J. (Eds.). Biology of Marine Birds. Boca Raton: CRC Press, 2001. 722 p.
SHEALER, David A. Foraging behavior and food of seabirds. Biology of marine birds, v. 14, p. 137-177, 2002.
WU, S.; RHEINDT, F. E.; ZHANG, J.; WANG, J.; ZHANG, L.; QUAN, C.; LI, Z.; WANG, M.; WU, F.; QU, Y.; EDWARDS, S. V.; ZHOU, Z.; LIU, L. Genomes, fossils, and the concurrent rise of modern birds and flowering plants in the Late Cretaceous. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), v. 121, n. 8, e2319696121, 12 fev. 2024.

CAPÍTULO 4 - Da Luz às Profundezas: Ecossistemas Marinhos e sua Biodiversidade

Laís Denis Rocha[1], Clara de Oliveira Xavier[2], Pollyana C. G. Roque[3], Patrick Lopes Serrão Leal[4], Natalia P. Alves Bezerra[5]

[1 2 4 5] Laboratório de Bioecologia Marinha/UFES,
[3] Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos/UFES

Origem da vida

Embora ainda existam discussões amplas sobre a origem da vida no planeta, as teorias mais aceitas pela comunidade científica apontam que os oceanos primitivos foram o local de surgimento dos primeiros organismos. Evidências indicam que, há cerca de 3,5 bilhões de anos, surgiram estruturas rochosas e biogênicas formadas pela atividade fotossintética das cianobactérias e de seus ancestrais. Esse marco evolutivo evidencia a importância da energia solar como desencadeador das reações químicas associadas à fotossíntese, especialmente na quebra da molécula de água e na liberação de oxigênio. Até então, os organismos eram procariontes, unicelulares e anaeróbios. Dessa forma, a oxigenação do ambiente proporcionada por esses microrganismos foi determinante para o surgimento dos eucariontes e para a diversificação da vida na Terra. A partir de então, houve a gradativa evolução das espécies e complexificação dos habitats, dando origem a uma ampla diversidade de formas de vida que, ao longo de milhões de anos, colonizaram tanto os ambientes terrestres quanto os aquáticos.

Nesse contexto, este capítulo busca explorar os ecossistemas marinhos e suas principais características, destacando sua importância e biodiversidade. A compreensão desses ambientes está diretamente relacionada ao reconhecimento do oceano como elemento essencial para a vida no planeta. Essa perspectiva dialoga com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 (Vida na Água), proposto pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), que visa conservar e utilizar de forma sustentável os oceanos e recursos marinhos.

Ecossistemas Marinhos e Teia Trófica

Os ecossistemas são definidos pelas interações entre fatores abióticos, como luz, temperatura, água e nutrientes, e a biota, representados pelos organismos que neles habitam. Essas interações sustentam o fluxo de energia nas pirâmides tróficas, a oferta e a disponibilidade de alimento, bem como a produtividade do ecossistema, beneficiando tanto as espécies residentes quanto aquelas que utilizam o ambiente de forma temporária, em busca de reprodução, abrigo contra predadores, refúgio para descanso ou alimentação.

A produção primária consiste na assimilação de energia e produção de matéria orgânica em um ecossistema. Esse processo pode ocorrer através da conversão de energia solar em biomassa pelos organismos fotossintetizantes ou através do processo de fixação de carbono por compostos inorgânicos reduzidos pelos organismos quimiossintetizantes. A base das cadeias alimentares é constituída pelos vegetais e por outros organismos autotróficos fotossintetizantes, os quais são denominados produtores primários. A produtividade pela vertente fotossintética depende diretamente da disponibilidade de luz e, por isso, varia do ponto de vista vertical, de acordo com as diferentes faixas de profundidade nos oceanos em que a luminosidade consegue alcançar.

A zona eufótica nos oceanos se estende desde a camada mais superficial do mar até os 200 metros de profundidade, onde há maior incidência de luz solar, permitindo intensa atividade fotossintética e, consequentemente, elevados índices de produtividade primária. Logo abaixo, encontra-se a zona disfótica, entre 200 e 1.000 metros de profundidade, local em que a luminosidade é reduzida, acarretando menores índices fotossintéticos. Já a zona afótica, localizada a partir dos 1.000 metros de profundidade, é totalmente desprovida de luz solar, sendo sustentada essencialmente por matéria orgânica proveniente das camadas superiores (Figura 1).

Assim, os ecossistemas aquáticos com maiores índices de produtividade são aqueles em que existe a combinação abundante de radiação solar e nutrientes, elementos essenciais para a produção primária. Sendo assim, áreas de plataformas continentais (regiões costeiras rasas), estuários e recifes são considerados ambientes produtivos devido à alta disponibilidade de luz e abundância de nutrientes. Esses locais sustentam uma complexa teia trófica e exercem papel essencial no equilíbrio dos oceanos e no fornecimento de recursos naturais para as comunidades humanas (Figura 2).

Manguezais e Estuários

Características gerais

Os manguezais são ecossistemas costeiros encontrados em regiões tropicais e subtropicais, ocorrendo no Brasil na faixa litorânea desde o Amapá até Santa Catarina. Possuem uma vegetação típica, o mangue, formada por árvores adaptadas à presença de água salgada e a solos lamacentos constituídos por sedimento fino e ricos em matéria orgânica. Os estuários, por outro lado, são ambientes de transição entre os rios e o mar, chamados de ecótonos, onde a água doce dos rios se mistura com as águas salinas. Nessas regiões, a salinidade varia conforme as marés e a descarga dos rios, criando um ambiente dinâmico e produtivo devido a matéria orgânica proveniente de processos metabólicos de organismos que ali residem. Exemplos de estuários no Brasil incluem a Baía de Guanabara (RJ), a Baía de Todos-os-Santos (BA) e a Baía do Espírito Santo (ES). Os manguezais frequentemente se estabelecem dentro dos estuários, local em que aproveitam as condições heterogêneas de salinidade e disponibilidade de nutrientes. Essa relação faz com que ambos os ambientes mantenham forte conectividade e dependência mútua.

Biodiversidade

Os mangues são a vegetação característica dos manguezais, a exemplo do mangue branco (*Laguncularia racemosa*), o mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) e o mangue preto (*Avicennia schaueriana*). Esse ecossistema também é habitado por grandes répteis e mamíferos, como jacarés e botos. Diversas espécies de peixes utilizam os manguezais em diferentes fases do ciclo de vida ou de forma permanente, aproveitando a proteção oferecida pelas raízes das plantas contra predadores e a redução da energia das ondas, o que torna as águas menos agitadas. Por essas razões, algumas espécies de elasmobrânquios (tubarões e raias) migram para as regiões dos manguezais quando o nascimento de sua prole se aproxima, utilizando esses ecossistemas como áreas de berçário natural. Além disso, os manguezais são famosos por abrigarem uma grande quantidade espécies de crustáceos, como o Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*). É comum também encontrar moluscos como ostras e demais bivalves, que se fixam nas raízes ou estão enterrados no sedimento e cumprem o papel de filtrar a água, além de aves residentes e migratórias, que utilizam os manguezais e estuários para repouso e alimentação.

Importância

Além de apresentarem solos extremamente ricos em matéria orgânica, os manguezais desempenham um importante papel no sequestro de carbono, processo no qual grandes quantidades desse elemento são capturados da atmosfera e estocados na vegetação e no solo. Essa dinâmica faz desse ecossistema um dos mais eficientes na mitigação das mudanças climáticas, contribuindo significativamente para a redução da presença de gases do efeito estufa na atmosfera. Ademais, as raízes expostas de algumas espécies presentes nos manguezais desempenham serviços ecossistêmicos relacionados à proteção da linha de costas, uma vez que reduzem o impacto das ondas, previnem a erosão e contribuem para a contenção de alagamentos nas áreas litorâneas. Nos aspectos econômicos e sociais, esses ambientes sustentam atividades tradicionais, relacionadas à coleta de organismos e à produção de materiais, desenvolvidas por marisqueiras, pescadores e paneleiras, sendo esse último ofício um patrimônio cultural imaterial do estado do Espírito Santo. Essas práticas são importantes fontes de emprego e renda para as comunidades locais, contribuindo significativamente para a promoção da segurança alimentar, além de representarem à identidade cultural local e perpetuarem os saberes tradicionais dessas populações.

Recifes de Coral

Características gerais

Os recifes biológicos ocupam aproximadamente 15% do fundo marinho, desde a superfície até profundidades de cerca de 30 metros, ocorrendo predominantemente em regiões tropicais rasas. Os corais são animais marinhos pertencentes ao filo Cnidária, que produzem uma estrutura rígida, como um esqueleto externo, de carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Esses organismos vivem agrupados em colônias e ao longo do tempo podem

formar extensas estruturas denominadas de recifes de corais. Por serem animais sésseis, estes mantêm uma relação simbiótica com as zooxantelas, algas microscópicas que vivem em seu interior e são responsáveis pela fotossíntese, ou seja, utilizam a luz do sol para produzir alimento para ambos. Em troca, os corais oferecem proteção e nutrientes para as zooxantelas. Por isso, o topo dos recifes de corais está sempre próximo as camadas superficiais do mar, na zona fótica.

Diversas condições abióticas regulam a distribuição e o crescimento dos corais. A temperatura da água deve permanecer entre 18 °C e 30 °C, faixa compatível com a manutenção das funções fisiológicas e a salinidade precisa ser relativamente estável, entre 32 e 40 PSU. A dinâmica de correntes e ondas facilita a dispersão larval, a colonização de novas áreas e o transporte de partículas alimentares aos corais. Além dos recifes biogênicos, formados por organismos vivos, existem formações rochosas costeiras não biogênicas, como costões e plataformas rochosas, que também fazem parte da composição da paisagem do ambiente costeiro. O termo recifes rochosos têm sido empregado para se referir às formações rochosas que servem de habitat para algumas espécies de peixes recifais. Assim, os recifes não biogênicos são formações presentes no litoral brasileiro e assim como os recifes biogênicos, contribuem para a diversidade de habitats marinhos.

Biodiversidade

Os recifes de corais brasileiros possuem cerca de 2.400 km de extensão, desde o Maranhão até o norte do Espírito Santo. Além da faixa costeira continental, esses ambientes também estão presentes nas ilhas oceânicas brasileiras, contribuindo para a diversidade dos ecossistemas marinhos do país. O país abriga os únicos recifes verdadeiros do Atlântico Sul, embora apresente baixa diversidade quando comparado a outros locais. Aproximadamente 35% dos corais registrados no Brasil são endêmicos, e já foram identificadas 408 espécies de peixes recifais em águas nacionais, das quais cerca de 27% são exclusivas do país. Além disso, os recifes brasileiros se diferenciam dos demais por ocorrerem em águas com alto grau de turbidez.

O Nordeste apresenta a maior concentração de recifes do Brasil, inclusive com uma das maiores continuidades recifais, a chamada Área de Proteção Ambiental (APA) Costa dos Corais, que se estende desde o litoral sul de Pernambuco ao norte de Alagoas, abrangendo aproximadamente 130 km de extensão. O Banco de Abrolhos, primeiro Parque Nacional Marinho criado em 1983, é reconhecido por abrigar uma das maiores biodiversidades marinhas do Atlântico Sul (Figura 2). Sua área, que se estende do norte do Espírito Santo ao extremo sul da Bahia e abrange aproximadamente 42.000 km², constitui um complexo recifal formado por diversos ecossistemas costeiros e marinhos, incluindo manguezais, estuários, bancos de algas, rodolitos e recifes coralíneos.

Importância

Os ecossistemas recifais são salutares para a manutenção da saúde e diversidade de espécies marinhas, os quais abrigam cerca de 25% das espécies de táxons distintos,

sendo uma área de refúgio, abrigo e berçários para uma gama de animais marinhos. A presença de estruturas recifais contribuem com a segurança das cidades costeiras, devido ao serviço ecossistêmico de proteção que essas estruturas oferecem por formarem barreiras naturais, capazes de proteger as áreas costeiras contra inundações, erosão e os impacto das tempestades e tsunamis, principalmente em ilhas e atóis. Além disso, quando os recifes estão saudáveis, oferecem os serviços de provisão de alimentos, importante para as atividades de pesca comercial e de subsistência, e são também uma fonte promissora para a descoberta de novos medicamentos. Contudo, os recifes também são afetados por impactos antrópicos, como a poluição marinha, o turismo desordenado e a pesca não regulamentada. Essas atividades podem causar prejuízos irreversíveis aos ecossistemas recifais, comprometendo sua integridade e funcionamento.

Ilhas Oceânicas

Características gerais

As ilhas oceânicas brasileiras são ambientes localizados na zona oceânica, externos à plataforma continental, cuja origem está relacionada principalmente à atividade vulcânica e movimentações das placas tectônicas. Todos os ecossistemas insulares oceânicos compartilham a característica de terem se formado longe dos continentes. Por essa razão, o isolamento geográfico das ilhas favorece as expressivas taxas de endemismos, entendidas como a ocorrência de espécies cuja distribuição é restrita a essas localidades.

O Brasil possui cinco ilhas oceânicas tropicais: o arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), formado por fragmentos do manto terrestre expostos, devido aos deslocamentos de placas tectônicas e não por vulcanismo, o atol das Rocas, o único atol do Atlântico Sul, formado pelo crescimento de corais sobre uma antiga estrutura vulcânica submersa, e os arquipélagos de Fernando de Noronha (AFN), Trindade e Martin Vaz, esses últimos de origem das atividades vulcânicas.

Biodiversidade

As Ilhas oceânicas desempenham um papel fundamental para abrigar espécies tanto de forma temporária, durante a migração, quanto permanente, devido a provisão de alimento e a disponibilidade de hábitats adequados. Algumas dessas espécies de peixes são endêmicas como *Stegastes rocasensis*, endêmico do Atol das Rocas e AFN, *Thalassoma noronhanum*, endêmico do AFN e o *Sparisoma rocha*, restrito à Ilha da Trindade. A Ilha da Trindade, o Atol das Rocas e Fernando de Noronha constituem as áreas de desova da tartaruga-verde (*Chelonia mydas)* no Atlântico Sul, enquanto Fernando de Noronha e Atol das Rocas são reconhecidas como importantes zonas de alimentação da tartaruga-verde e da tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*). Além disso, essas ilhas abrigam importantes colônias de aves marinhas, como o atobá-pardo (*Sula leucogaster*), a fragata (*Fregata magnificens)* e a viuvinha (*Anous stolidus*), que utilizam esses ambientes para reprodução, descanso e alimentação.

Importância

Além da importância ecológica, por serem ambientes isolados, atuam como laboratórios naturais para o estudo de processos evolutivos e ecológicos. Devido aos fenômenos de ressurgência, os quais aumentam significativamente a produtividade local, as ilhas oceânicas são verdadeiros oásis marinhos capazes de agregar diferentes grupos taxonômicos como os mamíferos marinhos, peixes, aves marinhas e tartarugas. As ilhas oceânicas estão localizadas em regiões geográficas que favorecem a ampliação da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira, o que garante ao país o direito de exploração e utilização dos recursos vivos e não vivos dessa região de forma exclusiva. Além disso, integram o sistema nacional de Unidades de Conservação em diferentes categorias, reforçando sua relevância para a conservação da biodiversidade e a gestão ambiental do território marítimo. O Arquipélago de Fernando de Noronha possui uma comunidade local além dos envolvidos em pesquisa e preservação ambiental. A Ilha da Trindade, por sua vez, abriga uma base militar da Marinha do Brasil, com presença rotativa de militares e pesquisadores, já o Atol das Rocas e o ASPSP não possuem população permanente, sendo utilizados como áreas essenciais para atividades científicas e de monitoramento ambiental.

Plataforma Continental

Características gerais

A plataforma continental é caracterizada pela parte submersa do continente, estende-se desde a linha da costa até o ponto de maior declive, variando a profundidade conforme a região do globo, mas, em média, alcança cerca de 200 metros (Figura 1). A partir desse limite, o relevo sofre um acentuado declive, formando a estrutura denominada talude continental, que conecta a plataforma às regiões mais profundas do oceano, estendendo-se até as planícies abissais.

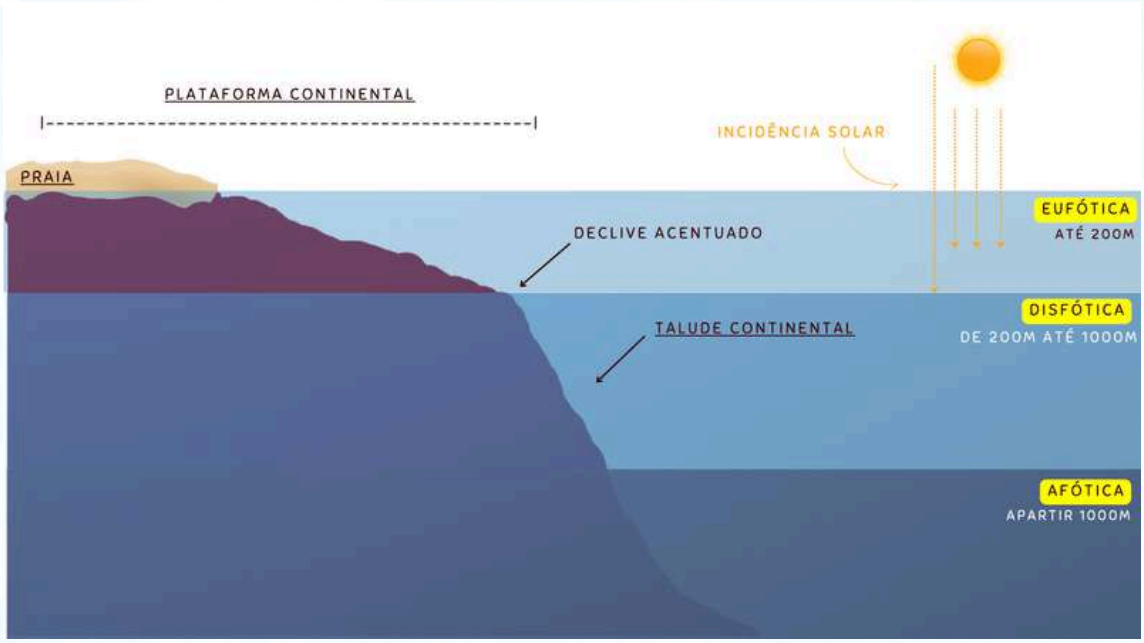
As plataformas continentais são zonas de transição entre o ambiente terrestre e o marinho, caracterizadas pela intensa dinâmica causada pelo aporte das bacias continentais, ondas, marés e ventos. Nessas áreas estão inseridos importantes ecossistemas costeiros, como as praias arenosas e os costões rochosos, que desempenham papel fundamental na produtividade e na biodiversidade da plataforma continental.

Biodiversidade

A biodiversidade da plataforma continental é elevada em decorrência das altas taxas de produtividade primária, por se tratar de uma região relativamente rasa, quando comparada às demais áreas do oceano. Nessa área, a combinação entre luminosidade e o aporte de nutrientes provenientes do continente favorece a atividade fotossintética, tornando esses ambientes extremamente biodiversos e produtivos, sendo áreas importantes também do ponto de vista pesqueiro.

O domínio pelágico pode ser subdividido em diferentes zonas quando são consideradas as comunidades que o compõem, no qual estão presentes o plâncton e o nécton e, nas áreas próximas ao fundo, estão as comunidades bentônicas. Os organismos planctônicos são caracterizados pela capacidade de locomoção limitada, de modo que o seu deslocamento depende predominantemente das correntes. Esse grupo é composto pelo fitoplâncton, formado principalmente por microalgas, e o zooplâncton, constituído por organismos heterotróficos, como invertebrados, águas-vivas, estágios larvais de peixes e diversos protistas que flutuam ou se deslocam passivamente ao sabor das correntes marinhas. Já os organismos denominados como nectônicos, possuem capacidade ativa de locomoção, não dependendo das correntes marinhas para se moverem ou se alimentarem. Entre os exemplos desse grupo, destacam-se os peixes ósseos, os elasmobrânquios (tubarões e raias), mamíferos marinhos e invertebrados como as lulas e os polvos. O ambiente bentônico está associado ao fundo marinho, em que, dependendo da profundidade, a disponibilidade de luz é reduzida, a pressão é elevada e os recursos alimentares provêm da precipitação de matéria orgânica da superfície. Os organismos bentônicos, cuja vida está diretamente relacionada com o fundo, podem ser sésseis ou móveis, representados por estrelas-do-mar, crustáceos, moluscos, peixes e algumas espécies de algas.

Figura 1: Morfologia da plataforma continental e as áreas de penetração de luz, caracterizadas como as zonas eufótica, disfótica e afótica.



Fonte: Elaborado com o Canva.

Importância

Ecologicamente, as áreas que compõem a plataforma abrigam uma ampla diversidade de organismos que sustentam cadeias alimentares complexas e garantem o equilíbrio dos ecossistemas marinhos, além de produzirem grande parte da biomassa para os oceanos, essencial para a manutenção dessas cadeias. Socialmente, oferecem qualidade de vida, lazer, turismo e oportunidades de subsistência para comunidades litorâneas. Além disso, as praias e os costões atuam como barreiras naturais, protegendo

o litoral da erosão e da força das ondas, especialmente durante tempestades. No entanto, por se tratar de um ambiente com comunicação intrínseca aos ecossistemas urbanos, ele está sujeito a diversas pressões. A poluição, a exploração pesqueira desordenada, o avanço da urbanização e a ocupação não planejada constituem ameaças significativas à saúde desses ecossistemas, que são essenciais para o equilíbrio da vida marinha e para a preservação da integridade da plataforma continental.

Mar profundo

Características gerais

Da quebra da plataforma continental até as fossas oceânicas (cerca de 11.000 m de profundidade), o fundo marinho corresponde ao mar profundo, região equivalente a mais de 90% do volume de água dos oceanos (Figura 2). Quando comparado a regiões mais rasas, esses locais são caracterizados pela baixa disponibilidade de alimento, pois depende em grande parte da matéria orgânica que desce desde a superfície, um fenômeno conhecido como "chuva marinha". Essa matéria inclui restos de fitoplâncton, zooplâncton e outros detritos que servem de alimento para os organismos que vivem nas camadas profundas. Exceto nas zonas com ambiente quimiossintéticos, as massas de água são frias e homogêneas, apresentando temperaturas baixas (cerca de 4°C), concentração de oxigênio e salinidade relativamente constantes, e pressão hidrostática elevada, aumentando 1 atmosfera (1kg/cm²) a cada 10 m. A escassez da luz com o aumento da profundidade coincide com a transição de padrões morfológicos e ecológicos, podendo ser observada uma modificação nos componentes da fauna, além de adaptações às características ambientais.

Biodiversidade:

Os produtores primários no mar profundo são as bactérias e as arqueias quimiossintetizantes associadas às fontes hidrotermais quentes e exsudações frias. Os invertebrados possuem representantes peculiares como os corais de águas frias (cnidários), os vermes-marinhos comedores de ossos de baleia, poliquetas do gênero *Osedax*, o isópodes (*Bathynomus giganteus*) e os camarões (*Aristaeopsis edwardsiana*) gigantes. Dentre os vertebrados, encontramos a lula colossal (*Mesonychoteuthis hamiltoni*), o peixe-remo (*Regalecus glesne*) e o tubarão-duende (*Mitsukurina owstoni*), assim como os diminutos peixes-lanterna (Myctophidae) e os tubarões-lanterna (Etmopteridae), caracterizados pela presença de fotóforos, órgãos bioluminescentes capazes de produzir e emitir luz. Além das espécies que vivem a maior parte do seu ciclo de vida em águas profundas, existem também organismos que realizam migração vertical frequente rumo a esta região em busca de alimento ou para fugir de predadores.

Importância

Apesar da aparente distância, o mar profundo está intimamente ligado ao cotidiano. Este ecossistema é um importante regulador climático, na medida que seus organismos

ajudam a enterrar e armazenam o excesso de dióxido de carbono (CO_2) nos sedimentos, diminuindo os efeitos das mudanças climáticas. Adicionalmente, as correntes marítimas profundas ajudam a distribuir o calor por todo o planeta ajudando a manter as temperaturas globais mais estáveis. É no assoalho marinho desta região que são realizadas perfurações para extração de petróleo, combustível fóssil usado na produção de gasolina e diversos tipos de plástico.

Figura 2: Ecossistemas Marinhos no Brasil.

Fonte: Ilhas Oceânicas NE – Atol das Rocas, Arquipélago de Fernando de Noronha e Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Pollyana Roque); Ilhas Oceânicas SE – Arquipélago de Trindade e Martim Vaz (Guilherme Farias); Recife de Corais em Abrolhos (Fernanda Rolim); Estuário e Manguezal em Vitória-ES (Daniel Sabbagh); Mar Profundo (USP Imagens - Consórcio Iatá-Piúna).

Saiba Mais

As praias arenosas são formadas por sedimentos soltos, continuamente movimentados por ondas, marés e ventos, e diferem quanto à largura, granulometria, composição, inclinação e presença de dunas e restinga. Os costões rochosos são formações geológicas fixas que se estendem desde a zona submersa até áreas acima da linha d'água. Podem se apresentar como paredões verticais ou conjuntos irregulares de rochas menores, moldados pela erosão (Figura 3). Esse ambiente é dinâmico e propício à fixação e abrigo de diversas formas de vida, sendo fortemente influenciado pelas variações de maré, intensidade da luz solar e mudanças de temperatura.

Figura 3: Praias arenosas com a presença de vegetação, dunas e costão rochoso. (A) em Aracruz-ES, Barra do Riacho e (B) em Guarapari-ES, Parque Estadual Paulo César Vinha.

Fonte: Leandro Bonesi (A); Lucas Bezerra (B).

Atividade Sugerida

Atividade "Mapeando os Ecossistemas Marinhos"

Habilidades BNCC:
(EF02CI04); (EF03CI04); (EF03CI05); (EF03CI06); (EF06CI09); (EF08CI07); (EF04CI05); (EF07CI07); (EF07CI08); (EM13CNT203);

Apresenta propostas que podem ser adaptadas a diferentes etapas de ensino, buscando promover o conhecimento e a valorização dos ambientes oceânicos por meio da construção de mapas que representem ecossistemas, espécies e impactos humanos. Essa construção pode ocorrer por meio de recortes de organismos que habitam cada ambiente, desenhos produzidos pelos estudantes ou representações digitais utilizando

ferramentas como slides e vídeos. A abordagem deve ser ajustada conforme o nível de ensino, incorporando elementos como impactos antrópicos, presença de lixo, atuação de comunidades tradicionais, efeitos da pesca e da urbanização, de modo a estimular a compreensão crítica sobre a relação entre sociedade e o oceano.

Recursos complementares sugeridos

- Podcast Ressoa: uma janela para o mar, disponível no Spotify, Deezer e no Youtube.
- Documentário Vida nos Recifes produzido pelo Instituto Coral Vivo, disponível no YouTube. Link: https://youtu.be/YJwESgeDBis?si=cJXaR4SUspqNf_9K
- Manual de ecossistemas marinhos e costeiros para educadores produzido pela Rede Biomar, disponível para download gratuito no link: https://projetoalbatroz.org.br/sobre-o-projeto-albatroz/biblioteca/manual-de-ecossistemas-marinhos-e-costeiros
- SANTORI, R. T. *Ensino de ciências e biologia: um manual para elaboração de coleções didáticas.* 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

Referências bibliográficas sugeridas

CASTELLO, J.P. e KRUG, L.C. Introdução à Ciências do Mar. Ed. Textos, 2015, Pelotas. 602 p.

COLAÇO, A., CARREIRO e SILVA, M., GIACOMELLO, E., GORDO, L., VIEIRA, A., ADÃO, H., GOMES-PEREIRA, J. N., MENEZES, G., BARROS, I. Ecossistemas do Mar Profundo. DGRM, Lisboa, Portugal. 2017. E-book disponível em www.sophia-mar.pt.

HARARI, J. Noções de oceanografia. [S. l.]: Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, 2021. DOI: https://doi.org/10.11606/9786599585401.

KNOLL, A. H. Paleobiological Perspectives on Early Microbial Evolution. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, v. 7, n. 7, 2015. DOI: 10.1101/cshperspect.a018093.

LONDE, V.; SALLES, D. M.; LEITE, M.G. P.; ANTONINI, Y. Estrutura da vegetação de mangue associada ao gradiente de inundação no litoral norte do Espírito Santo, Brasil. Revista Árvore, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 629-637, 2013.

PEREIRA, R. C e GOMES, A. S (org.). Ecologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciência, 2020.

PINHEIRO, H. T et al. Fish biodiversity of Saint Peter and Saint Paul's Archipelago, Mid-Atlantic Ridge, Brazil: new records and a species database. Journal of Fish Biology, 2020, 97 (4), 1143–1153. https://doi.org/10.1111/jfb.14484

ROQUE, P., PIRES, A., PIRES, R., NUNES, D., CORDEIRO, R., LINS OLIVEIRA, J. E. Organismos de Mar Profundo do Nordeste do Brasil. In: VIANA et al. (org.). Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil: oceano, clima, ambientes e conservação. 1. ed. Olinda, PE : Via Design Publicações, 2021. p 268-297.

TOGNELLA, M. M. P.; LEOPOLDO, R. V. dos S.; OLIVEIRA, C. P. de; PASCOALINI, S. S.; SILVA, E. D. Diversidade estrutural das florestas de mangue da costa central e norte do Espírito Santo: contribuições para entendimento de funções ecossistêmicas. Enciclopédia Biosfera, Jandaia-GO, v. 17, n. 33, p. 178-188, 2020. DOI: 10.18677/EnciBio_2020C16.

VIANA, Danielle de Lima et al. 2021. Ciências do mar: dos oceanos do mundo ao nordeste do Brasil: bioecologia, pesca e aquicultura: volume 2. 1. ed. Olinda, PE: Via Design Publicações, 2021. ISBN 978-65-995372-0-2.

ZILBERBERG, Carla et al. (Ed.). Conhecendo os recifes brasileiros: rede de pesquisas Coral Vivo. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. 360 p. (Série Livros, 58). ISBN 978-85-7427-057-9.

CAPÍTULO 5 - Tartarugas Marinhas: Guardiãs dos Oceanos

Iara Lucas Amaral[1]

[1] Mestranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo

As tartarugas marinhas são animais que encantam crianças e adultos por sua aparência tranquila e sua longa história de convivência com o oceano. Esses animais habitam os mares há mais de 100 milhões de anos e estão entre os vertebrados mais antigos do planeta. No Brasil, são encontradas cinco espécies: tartaruga-verde (*Chelonia mydas*), tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*), tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) e tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*).

Cada uma delas possui características e hábitos únicos, mas todas compartilham um mesmo desafio: sobreviver em um oceano cada vez mais impactado pelas ações humanas. A tartaruga-verde por exemplo, pode ser observada na Figura 1, uma das espécies mais abundantes no litoral brasileiro.

Chamamos essas tartarugas de “Guardiãs dos Oceanos” porque exercem um papel essencial na manutenção da vida marinha. Elas ajudam a equilibrar o ecossistema: controlam populações de medusas (águas-vivas), mantêm saudáveis os campos de algas e gramíneas marinhas, transportam nutrientes entre ambientes e até influenciam a dinâmica dos recifes e praias.

Onde há tartarugas, há um mar mais vivo, diverso e equilibrado — por isso são consideradas verdadeiras guardiãs da natureza marinha.

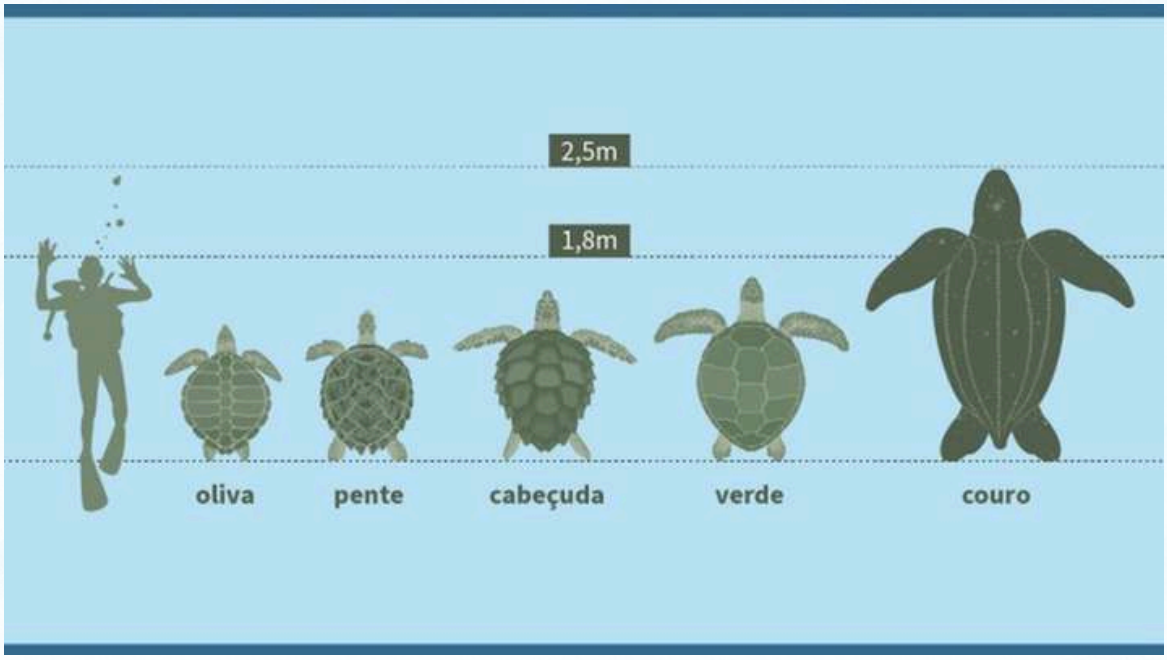
Figura 1: Tartaruga-verde, uma das principais espécies que ocorrem no litoral brasileiro.

Fonte: NSC TOTAL (2025).

As espécies presentes no Brasil podem ser visualizadas na Figura 2, que mostra de forma comparativa as características de cada uma delas:

- Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*): alimenta-se principalmente de algas e vegetação marinha, ajudando a manter os bancos de gramas oceânicas saudáveis. Possui coloração esverdeada no casco e é uma das mais avistadas no litoral brasileiro. Estado de conservação: Em perigo.
- Tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*): tem cabeça grande e mandíbula forte, capaz de quebrar conchas e crustáceos. É uma espécie importante no controle de invertebrados marinhos. Estado de conservação: Em perigo.
- Tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*): reconhecida pelo casco com placas sobrepostas e coloridas, muito explorado no passado para a fabricação de adornos. Alimenta-se de esponjas e ajuda a equilibrar os recifes de coral. Estado de conservação: Criticamente em perigo.
- Tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*): a menor das tartarugas marinhas que vivem no Brasil, costuma desovar em grandes grupos, fenômeno conhecido como arribada. Estado de conservação: Vulnerável.
- Tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*): a maior de todas as espécies, podendo ultrapassar 600 kg. Diferencia-se das demais por não ter um casco rígido, e sim uma carapaça flexível. Alimenta-se quase exclusivamente de águas-vivas e pode mergulhar a grandes profundidades. Estado de conservação: Vulnerável.

Figura 2: As cinco espécies de tartarugas marinhas do Brasil.



Fonte: Info escola (2008).

Infelizmente, todas as espécies enfrentam sérios riscos. A pesca incidental, o descarte de lixo nos oceanos, o tráfego de embarcações, o aquecimento global e a ocupação desordenada das praias são alguns dos fatores que colocam em risco sua sobrevivência.

As mudanças climáticas influenciam diretamente suas populações: a temperatura da areia, por exemplo, define o sexo dos filhotes — temperaturas mais altas produzem mais fêmeas, o que pode comprometer a reprodução futura. O aumento do nível do mar e a erosão costeira reduzem as áreas disponíveis para desova.
Outro grande desafio é a iluminação artificial nas praias, que desorienta os filhotes recém-nascidos. Além disso, animais domésticos soltos, como cães, podem atacar ninhos e filhotes.

As tartarugas passam por um longo e delicado ciclo de vida: as fêmeas retornam às mesmas praias onde nasceram para fazer seus ninhos — comportamento chamado filopatria. Cada fêmea coloca mais de cem ovos por ninho e, após cerca de dois meses, os filhotes correm em direção ao mar (Figura 3).

No entanto, estima-se que de cada mil ovos colocados, apenas uma tartaruga alcance a fase adulta. Isso mostra como a natureza já impõe desafios e como as ameaças humanas tornam sua sobrevivência ainda mais difícil.

Figura 3: Filhotes de tartaruga marinha correndo em direção ao mar.

Fonte: RÁDIO UNIVERSITÁRIA FM (2024).

Estudos recentes (2024) indicam novas ameaças, como ataques de cães e raposas a ninhos e ingestão de plásticos nas praias do sudeste e nordeste do Brasil. Essas descobertas reforçam que a conservação deve ser constante e adaptativa, considerando também os impactos locais e emergentes.

Conservar as tartarugas marinhas significa cuidar de todo o ecossistema oceânico. Ensinar sobre esses animais promove o reconhecimento da natureza como um sistema interligado, no qual cada espécie tem sua função. O trabalho de monitoramento realizado por equipes especializadas (Figura 4) desperta empatia, respeito e responsabilidade ambiental, valores essenciais na formação de cidadãos conscientes.

Figura 4: Monitoramento de ninhos realizado pelo Projeto TAMAR.

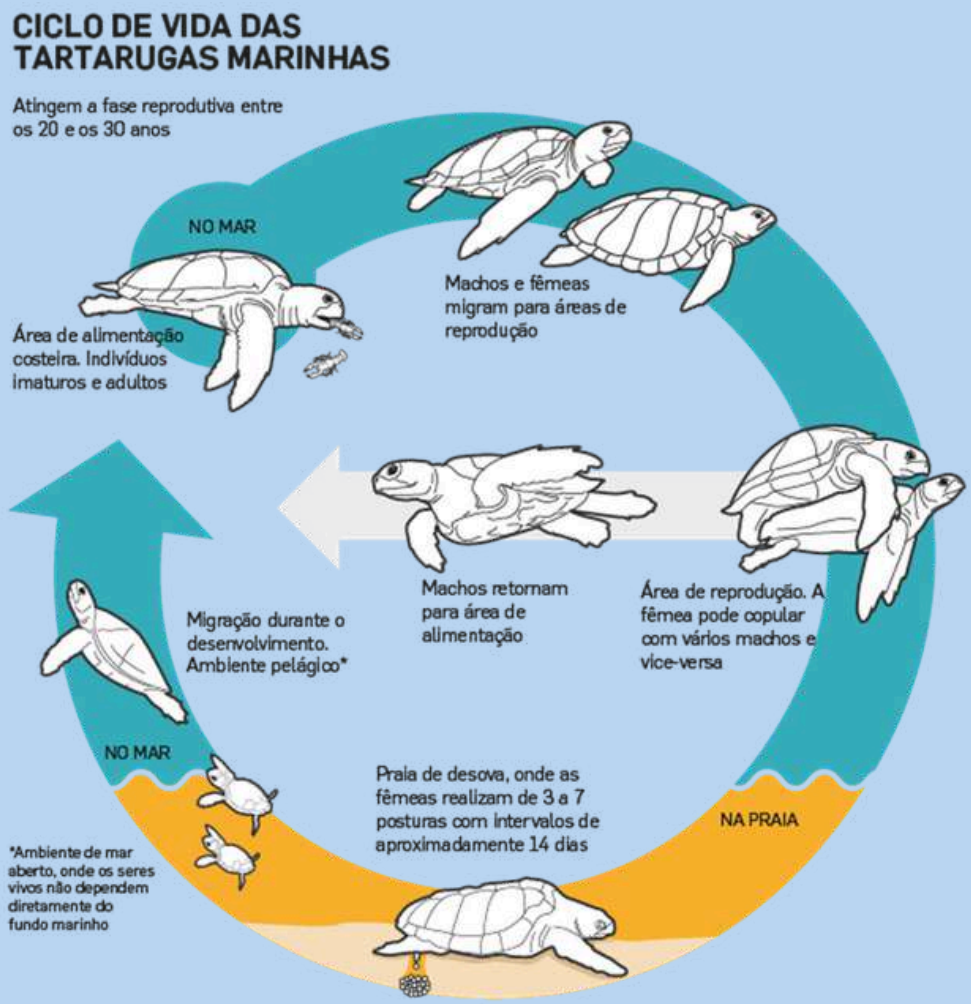
Fonte: PLAZA HOTÉIS (2015).

Saiba Mais

As tartarugas marinhas são migradoras e percorrem milhares de quilômetros ao longo da vida. Elas nascem nas praias, viajam por oceanos inteiros e, anos depois, retornam ao mesmo local onde nasceram para desovar — comportamento conhecido como filopatria. Esse ciclo de vida longo e complexo (Figura 5) faz delas excelentes símbolos para trabalhar em sala de aula temas como mudanças climáticas, poluição, conservação de habitats e áreas protegidas. Ao estudar as tartarugas marinhas, os alunos compreendem que cuidar do oceano é também cuidar de nós mesmos.

Acredita-se que esse retorno esteja relacionado à capacidade de reconhecer padrões magnéticos da Terra, como uma espécie de mapa natural.

Figura 5: Ciclo de vida das tartarugas marinhas.



Fonte: PONTO BIOLOGIA (2017).

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- Habilidades BNCC: EI03CG04, EI03ET02, EF02CI06, EF03CI07, EF04CI09, EF05CI08, EF06CI08, EF07CI07, EF08CI10

Público: Educação Infantil e Ensino Fundamental I e II

1. Mochilinha das Tartarugas (Figura 6)

Objetivo: Ensinar de forma lúdica as diferenças entre as espécies e seus papéis ecológicos.

Materiais: Papelão, tesoura sem ponta, barbante, cola, canetinhas, tinta e moldes de casco.

Como fazer:

1. Recorte o papelão em formato oval.
2. Recorte e cole as placas conforme o padrão de cada espécie.
3. Faça dois furos nas laterais e amarre o barbante, formando as alças.
4. Peça que as crianças pintem os cascos e usem a mochilinha, simbolizando o papel das tartarugas como guardiãs dos oceanos.

Figura 6: Etapas para confecção da mochilinha de tartaruga.

Fonte: AMARAL, Iara (2025), ilustração produzida com auxílio da IA (ChatGPT/OpenAI).

Outras sugestões

- Jogo da Memória Ecológico: cartas com imagens das espécies e seus hábitos alimentares.
- História Coletiva: criação de uma narrativa sobre uma tartaruga que enfrenta desafios para chegar ao mar.

Recursos complementares sugeridos

- Projeto TAMAR – informações, vídeos e materiais educativos: https://www.tamar.org.br
- Cartilha Tartarugas Marinhas – Ciclos (TAMAR/ICMBio, 2015): https://www.tamar.org.br/arquivos/cartilha-2015-tartarugas-marinhas-ciclos.pdf
- Guia Educativo sobre Tartarugas Marinhas – UNIT/SE: https://mestrados.unit.br/psa/wp-content/uploads/sites/6/2011/04/CartilhaTartarugasMarinhas.pdf
- Série Oceano Azul (YouTube): https://www.youtube.com/results?search_query=série+oceano+azul+tartarugas
- Livro infantil A Tartaruga e o Mar, de Leo Cunha (Editora Positivo).

Referências bibliográficas sugeridas

ALMEIDA, I. C. et al. Canid attacks on sea turtles along the Northeastern Brazilian Coast. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2024.

ECKERT, K. L. et al. Sea Turtle Biology and Conservation. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 2012.

FERREIRA, G. da S.; SANTOS, J. E. F. dos; MOURA, J. C. de. Anthropogenic action, conservation and profile of sea turtles in Brazil: a narrative review of the literature. Research, Society and Development, v. 11, n. 12, 2024.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). Plano Nacional para a Conservação das Tartarugas Marinhas (PAN Tartarugas Marinhas). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2023.

MARCOVALDI, M. A.; THOMÉ, J. C. A. Tartarugas Marinhas: História Natural e Conservação. Salvador: Projeto TAMAR/IBAMA, 2007.

PROJETO TAMAR. Tartarugas Marinhas do Brasil. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2024.

RIBEIRO, C. R. S.; MATOS, A. M. R. N.; DOMIT, C. Histopathological findings in stranded Caretta caretta on the Paraná coast, Southern Brazil. Semina: Ciências Agrárias, v. 45, n. 2, 2024.

Referências das imagens

PONTO BIOLOGIA. Ciclo de vida das tartarugas marinhas. Disponível em: https://i0.wp.com/pontobiologia.com.br/wp-content/uploads/2017/05/vida-02.png?resize=582%2C603&ssl=1. Acesso em: 20 nov. 2025.

NSC TOTAL. As cinco espécies de tartarugas marinhas do Brasil. Disponível em: https://www.nsctotal.com.br/noticias/as-cinco-especies-de-tartarugas-marinhas-do-brasil. Acesso em: 20 nov. 2025.

INFO ESCOLA. Tartaruga-verde (Chelonia mydas). Disponível em: https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2008/05/tartaruga-verde-112466255.jpg. Acesso em: 20 nov. 2025.
RÁDIO UNIVERSITÁRIA FM. Tartarugas marinhas recém-nascidas em direção ao mar. Disponível em: https://www.radiouniversitariafm.com.br/wp-content/uploads/2024/02/Tartarugas-marinhas-rec%C3%A9m-nascidas-em-direa%C3%A7%C3%A3o-ao-mar_PressUA.jpg. Acesso em: 20 nov. 2025.
PLAZA HOTÉIS. Projeto TAMAR em Camaçari (BA). Disponível em: https://blog.plazahoteis.com.br/wp-content/uploads/2015/11/projeto-tamar-camacari-nov15-int.jpg. Acesso em: 20 nov. 2025.
Etapas da confecção da mochilinha de tartaruga. Produzida por Iara Amaral com auxílio da ferramenta ChatGPT (OpenAI), 2025.

CAPÍTULO 6 - Bentos Marinhos: Conhecendo o fundo do mar

Marcos Antonio Rocha Hehr[1]

[1] Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES

INTRODUÇÃO

Ao longo de milhões de anos, a vida marinha evoluiu sob diferentes condições ambientais, como temperatura, salinidade, luminosidade, pH, oxigênio dissolvido, disponibilidade de nutrientes, pressão, correntes e o tipo de fundo marinho. Cada um desses fatores atuou como um filtro natural, selecionando organismos capazes de sobreviver e se adaptar, moldando sua morfologia e fisiologia ao longo do tempo. Assim, cada ser vivo funciona como uma "peça" moldada pela seleção natural (mecanismo pelo qual os indivíduos mais adaptados ao ambiente têm maior chance de sobreviver e deixar descendentes).

Apesar de ainda existirem milhões de organismos desconhecidos pela ciência, estima-se que entre 8 e 9 milhões de espécies habitam o planeta, sendo cerca de 2,2 milhões marinhas. Essa grande diversidade nos ambientes marinhos (quantidade de espécies diferentes que compõem uma região) é explicada pela longa história evolutiva dos oceanos e pela relativa estabilidade ambiental ao longo do tempo geológico (período que engloba toda a história da Terra, em milhões e bilhões de anos).

A vida, segundo as hipóteses mais aceitas, originou-se nas águas rasas do oceano primitivo, e essa pode ser a razão pela qual, hoje, os ecossistemas marinhos tornaram-se um enorme reservatório de formas de vida, com grupos muito distintos ocupando diferentes regiões. Esses grupos formam comunidades biológicas, que correspondem à parte viva de um ecossistema. Elas são tanto influenciadas pelas condições ambientais quanto capazes de modificá-las (como ocorre quando o fitoplâncton aumenta os níveis de oxigênio na água).

Uma forma de classificar os organismos marinhos é pelo seu estilo de vida. Aqueles que vivem sobre, entre ou dentro do sedimento (areia, lama e cascalho), ou ainda fixos ao fundo, são chamados de organismos bentônicos, ou simplesmente bentos (do grego "*benthos*" - que significa fundo). Sendo assim, os bentos refere-se ao conjunto de organismos que vivem associados ao fundo dos ambientes aquáticos, e podem variar quanto ao tamanho, podem ser coloridos ou discretos, móveis ou completamente sésseis (fixos), todos adaptados ao seu modo de vida no fundo marinho.

ESTRUTURA DAS COMUNIDADES BENTÔNICAS

Os primeiros seres vivos da Terra eram **unicelulares** (formados por uma única célula) e utilizavam o dióxido de carbono dissolvido na água para produzir matéria orgânica, liberando oxigênio e transformando a química dos oceanos primitivos. Isso permitiu a

formação das primeiras cadeias alimentares marinhas (sequência de seres vivos interligados por relações alimentares), e abriu espaço para a evolução de inúmeros grupos de organismos ao longo de bilhões de anos.

Hoje, as comunidades bentônicas são algumas das mais diversificadas e importantes dos oceanos. Elas incluem organismos fixos, parcialmente enterrados ou totalmente móveis e ocupam todos os tipos de fundo marinho. Esses organismos desempenham funções essenciais: participam dos ciclos biogeoquímicos (processos que movimentam elementos químicos entre água, solo, ar e seres vivos); estabilizam o sedimento; influenciam estoques de matéria orgânica; e sustentam a produtividade dos ambientes costeiros e profundos.

A seguir, conheça os principais grupos de organismos encontrados nas comunidades bentônicas marinhas:

FLORA BENTÔNICA

A flora bentônica inclui **macroalgas** e **plantas marinhas** fixadas em rochas, areia ou lama. As macroalgas podem ser: **verdes** (*Chlorophyta*), **pardas** (*Phaeophyceae*) e **vermelhas** (*Rhodophyta*), e no ambiente podem formar tapetes, tufos ou "florestas submersas" (como as algas pardas gigantes em regiões temperadas).

As plantas aquáticas possuem um papel fundamental na **produção primária** (geração de matéria orgânica via fotossíntese), na oferta de abrigo e alimento, e na criação de **micro-habitats** (pequenas áreas com condições ambientais próprias, como oxigênio e nutrientes diferenciados).

Para se fixarem, muitas apresentam estruturas como **rizóides** e **discos de fixação**, capazes de resistir a ondas e correntes fortes.

PROTISTAS BENTÔNICOS

Os protistas bentônicos incluem **microalgas** (organismos unicelulares fotossintetizantes), e **protozoários heterotróficos** (incapazes de produzir seu próprio alimento), todos **eucariontes** (células com núcleo verdadeiro). Esses organismos não apresentam tecidos verdadeiros nem passam pela formação de folhetos embrionários (camadas celulares que originam órgãos e sistemas).

Entre eles estão as **diatomáceas** e **dinoflagelados bentônicos**, organismos fotossintetizantes, fundamentais para a produção primária microscópica do fundo; e os **foraminíferos** e **ciliados**, seres heterotróficos, responsáveis por fragmentar matéria orgânica, consumir bactérias e redistribuir nutrientes.

Esses organismos influenciam diretamente a ciclagem dos elementos químicos no sedimento.

FAUNA BENTÔNICA

A fauna bentônica é composta predominantemente por **invertebrados**, organismos sem

coluna vertebral, que representam mais de 95% da diversidade conhecida dos oceanos. Eles variam amplamente quanto à abundância (quantidade), e diversidade conforme o tipo de substrato, profundidade, iluminação, hidrodinâmica (movimento e intensidade do fluxo da água) e disponibilidade de nutrientes.

Cada grupo desempenha funções específicas que, somadas, sustentam a complexidade ecológica dos ambientes marinhos e tornam os bentos um componente indispensável para o funcionamento dos oceanos. Além disso, pelo íntimo contato com o sedimento e o curto deslocamento ao longo da vida, eles são conhecidos por serem excelentes indicadores biológicos ou bioindicadores.

Porifera

Os poríferos, conhecidos como esponjas, são organismos filtradores (alimentam-se filtrando partículas da água) fixos que predominam os fundos oceânicos, principalmente os consolidados ("duros"). Seu sistema de canais internos permite a captura eficiente de partículas em suspensão, contribuindo para a absorção de nutrientes do ambiente. Além disso, muitas esponjas servem como micro-habitat para pequenos crustáceos, vermes/poliquetas e outros invertebrados, aumentando a complexidade das interações do ambiente.

Cnidaria

Os cnidários bentônicos são representados pelos corais, anêmonas e hidróides, e podem viver sozinhos (solitários) ou aglomerados (coloniais). Recebem esse nome porque apresentam células urticantes, os cnidócitos (do grego "cnida" - que significa urtiga), que podem provocar a sensação de queimação, utilizados para defesa e captura de presas.

Esses organismos podem possuir um esqueleto calcário (formado por carbonato de cálcio) e um corpo mole. Os corais com esqueleto calcário, ao longo dos anos, formaram extensos recifes de corais, que funcionam como berçários naturais devido à grande oferta de abrigo e alimento. Já os hidróides e anêmonas, são predadores de pequeno porte, capazes de regular populações de microcrustáceos, larvas e outros invertebrados.

Mollusca

Os moluscos se caracterizam por terem um **corpo mole**, e podem apresentar ou não conchas e espículas calcárias. É um dos grupos mais diversos dos bentos e incluem:

- A classe dos **gastrópodes**, que são os **caramujos**, **lesmas** e **nudibrânquios**, podem possuir uma **concha em espiral**, e exibem uma grande variedade de modos de alimentação, podendo ser raspadores de algas, detritívoros (se alimentam de restos/detritos) ou predadores ativos (se alimentam de animais menores);
- Os **bivalves** (**Figura 1a**), são os **mexilhões**, **ostras** e **vieiras**. Recebem seu nome por possuírem **duas conchas** (valvas). Se alimentam por filtração, e por isso, são fundamentais na clarificação da água, removendo partículas do ambiente e contribuindo para o equilíbrio ecológico;
- Os **aplacóforos** são os moluscos que possuem o corpo em forma de verme, não

possuem concha, mas ao longo de todo corpo possui pequenas espículas(“espinhos”);

- Os poliplacóforos, ou quítons, são reconhecidos por terem oito placas na parte dorsal do corpo (parte de cima do animal), e por terem um músculo que circunda todo seu corpo, chamado de cinturão musculoso;
- Os cefalópodes bentônicos, representados por lulas e polvos, são altamente móveis e inteligentes, possuem tentáculos, e são predadores de topo em muitos micro-ecossistemas, capazes de alterar a quantidade de organismos que predam ou competem com alimento.

Annelida

Os anelídeos apresentam corpos segmentados em “anéis”. Nos bentos marinhos, predominam os poliquetas (Figura 1b). Os poliquetas são “vermes” segmentados (possuem divisões/segmentos por todo o corpo), que apresentam estruturas chamadas de cerdas, que se assemelham a espinhos ou pelos, e auxiliam na locomoção e na percepção do ambiente. São altamente abundantes em fundos arenosos e lamosos.

Muitas poliquetas escavam o fundo marinho, promovendo a bioturbação, um processo que mistura e oxigena o sedimento, facilitando a decomposição da matéria orgânica e favorecendo outros organismos bentônicos a habitarem o local e se alimentarem. Alguns constroem tubos rígidos, que alteram a estrutura física do fundo, influenciando na direção e velocidade do fluxo da água, e na chegada de outras espécies.

Echinodermata

Os equinodermos são um grupo exclusivamente marinho, que incluem estrelas-do-mar, ouriços, bolachas-da-praia, pepinos-do-mar, ofiúros e serpentes-do-mar (Figura 1c). O nome do filo (Echinodermata) vem do grego “*echino*” (que significa pele) e “derme” (que significa derme) em razão da sua “pele espinhosa”. Possuem o corpo pentarradial (corpo com simetria dividida em cinco lados iguais). Muitos se alimentam de detritos (detritívoros) ou de invertebrados menores, outros, como certos ouriços, se alimentam de macroalgas (herbívoros) e podem auxiliar no controle de áreas com a produção desenfreada de macroalgas.

Crustacea

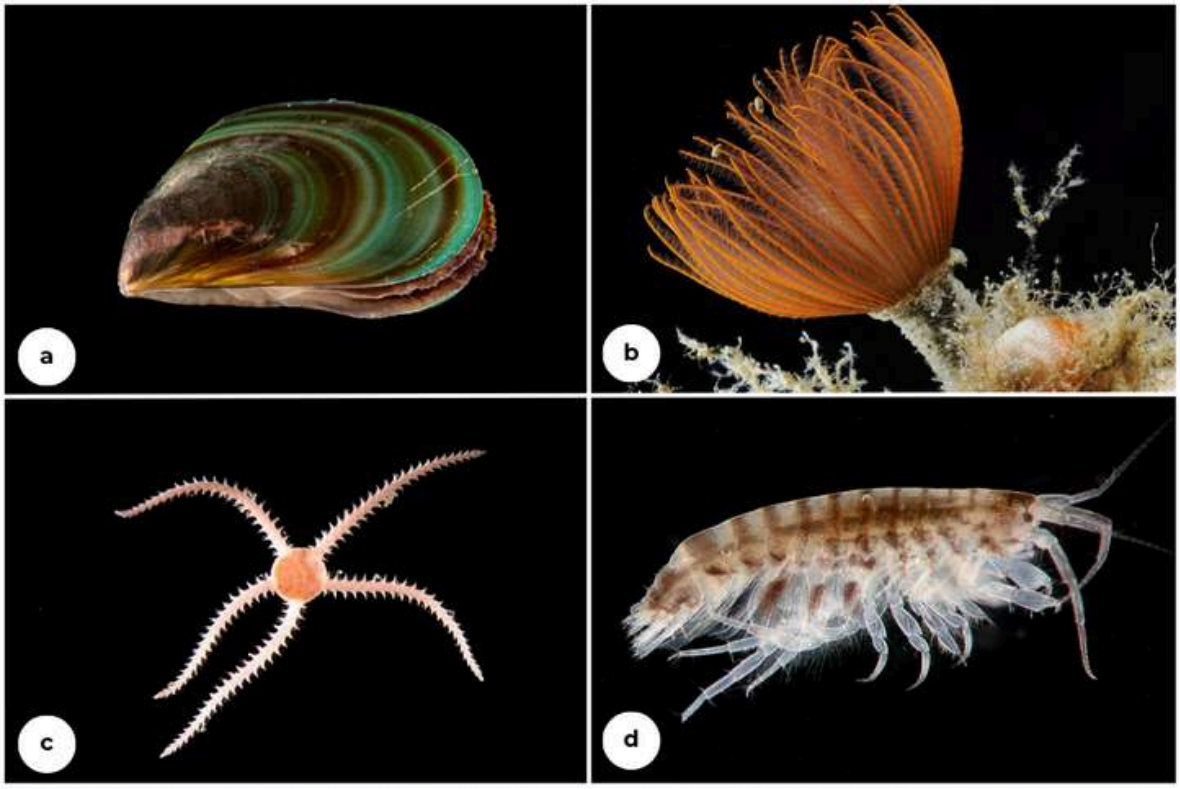
O filo Crustacea é representado no ambiente bentônico, principalmente, pelos **camarões**, **siris**, **caranguejos**, **isópodes**, **cumáceas**, **tanaidáceas**, **copépodes** e **anfípodes** (**Figura 1d**). São caracterizados por possuir um **exoesqueleto rígido**, como uma “crosta” (daí o nome Crustacea), e partes do corpo (**apêndices**) ligadas por **articulações**. Os crustáceos podem se alimentar de detritos (detritívoros), serem predadores e, comumente, serem alimento de peixes e outros invertebrados, cumprindo um papel essencial na ligação entre o fundo do mar (bentos) e os níveis tróficos superiores.

“Peixes” demersais

Os “peixes” demersais são os peixes ósseos e cartilaginosos que vivem próximos ao fundo, como **linguados**, **garoupas**, **arraias** e **corvinas**. Podem ser predadores, onívoros

(se alimentam de animais e plantas) ou detritívoros, e pela alta capacidade de nado, eles integram os processos de fundo com a superfície (coluna d'água), conectando diferentes cadeias tróficas e influenciando a distribuição e abundância de outros organismos bentônicos.

Figura 1: Exemplos de organismos bentônicos representativos de diferentes filos de animais marinhos: (a) Perna viridis (Reino Animalia, Filo Mollusca, Classe Bivalvia, Ordem Mytilida, Família Mytilidae), conhecido como mexilhão-verde. (b) Branchiomma luctuosum (Reino Animalia, Filo Annelida, Classe Polychaeta, Ordem Sabellida, Família Sabellidae), um poliqueta tubícola característico de substratos consolidados. (c) Amphipholis squamata (Reino Animalia, Filo Echinodermata, Classe Ophiuroidea, Ordem Amphilepidida, Família Amphiuridae), popularmente chamado de serpente-do-mar. (d) Tiburonella viscana (Reino Animalia, Filo Arthropoda, Classe Malacostraca, Ordem Amphipoda, Família Platyischnopidae), um anfípode bentônico comum em ambientes costeiros e estuarinos.



Fonte: Adaptado de Cifonauta - Banco de Imagens Marinhas (USP).

HABITATS ASSOCIADOS AO BENTOS

Os habitats bentônicos são áreas do fundo marinho onde organismos vivem sobre, entre ou dentro do sedimento. Como a maioria possui limites de tolerância bem definidos para os fatores ambientais (Box 1), mudanças nessas condições ambientais se refletem rapidamente na composição das comunidades bentônicas de cada região. A seguir, estão listados os principais habitats associados às comunidades bentônicas marinhas.

COSTÕES ROCHOSOS

Costões rochosos são habitats rochosos (consolidados), encontrados em regiões costeiras. Caracterizam-se pela forte hidrodinâmica, variação periódica de marés e zonas de emersão e submersão. Neles podem viver mexilhões, cracas, algas, anêmonas, esponjas e ouriços, que resistem ao impacto das ondas por forte fixação ou

estruturas de adesão.

RECIFES DE CORAIS

Ecossistemas encontrados em regiões tropicais, com alta biodiversidade, formados por colônias de corais calcários e algas coralinas (algas vermelhas calcárias). Apresentam grande complexidade estrutural, funcionando como berçários e refúgios para centenas de espécies de “peixes”, moluscos, crustáceos e equinodermos.

PRAIAS ARENOSAS E FUNDOS LAMOSOS

Caracterizados pela instabilidade do substrato, devido à ação das ondas e correntes. São habitados, principalmente, por organismos escavadores, como poliquetas, bivalves e pequenos crustáceos, que vivem enterrados parcial ou totalmente. O sedimento funciona como proteção contra predadores e variações ambientais.

MANGUEZAIS E ESTUÁRIOS

São ambientes de transição (dulcícola e marinho), com grande variação de salinidade e carga de matéria orgânica. Entre a rica composição dos bentos dessas áreas, incluem-se os caranguejos, moluscos, poliquetas e larvas diversas, adaptados a condições instáveis e a baixos níveis de oxigênio em certos períodos. Pela rica heterogeneidade ambiental (distribuição descontínua e variada de fatores bióticos - vivos - e abióticos - não vivos - em um determinado espaço ou ecossistema), e pela alta disponibilidade de recursos nutricionais, são regiões de alta produtividade biológica.

TALUDE CONTINENTAL E PLANÍCIES ABISSAIS

O talude continental marca a **transição entre a plataforma** e o **oceano profundo**, começando por volta de 200 m e podendo alcançar 2.000 - 3.000 m. À medida que a profundidade aumenta, a luz se extingue, a temperatura diminui e a pressão cresce, tornando o ambiente progressivamente mais desafiador para os bentos.

Abaixo do talude, estendem-se às planícies abissais, áreas vastas e heterogêneas onde predomina a escuridão permanente. Nesses locais, a produtividade depende quase otalmente da chuva de detritos (Box 2), matéria orgânica que desce das camadas superficiais.

Mesmo em condições de baixa energia e temperaturas próximas de 1 - 2 °C, surgem faunas altamente adaptadas, como pepinos-do-mar, ofiúros, gastrópodes, poliquetas e grandes isópodes detritívoros. Em pontos específicos, como fontes hidrotermais e exsudações frias, formam-se comunidades quimiossintéticas sustentadas por microrganismos que obtêm energia de reações químicas, criando ecossistemas únicos no ambiente profundo.

BOX 1 - INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NO BENTOS MARINHO

Como vimos até aqui, as comunidades bentônicas mudam bastante de um lugar para outro. **Mas afinal, como o ambiente interfere nesses organismos?**

A maioria deles tem **limites de tolerância**, ou seja, só consegue viver dentro de certas faixas de temperatura, salinidade, luz e outros fatores. Quando algo muda além do que eles aguentam, o organismo **fica estressado**, **reduz sua atividade ou até desaparece do local**. Por isso, entender esses fatores ajuda a explicar por que certas espécies vivem em algumas áreas e não em outras.

A seguir, estão os principais fatores que influenciam os bentos:

- **Temperatura:** Afeta o metabolismo, o crescimento e a reprodução. Quando a água esquenta demais, diminui o oxigênio dissolvido, dificultando a respiração. Muitos organismos bentônicos são sensíveis a mudanças rápidas de temperatura.
- **Salinidade:** Controla o equilíbrio de água e sais dentro do organismo. Mudanças bruscas causam **estresse osmótico**, dificultando manter esse equilíbrio, especialmente em estuários.
- **Oxigênio Dissolvido:** Essencial para a respiração. Níveis baixos causam **hipóxia**, onde só sobrevivem espécies muito tolerantes. Em casos extremos, podem surgir **zonas mortas**, quase sem vida.
- **Hidrodinâmica:** As **ondas**, **correntes** e **marés** determinam a energia do ambiente marinho. Locais muito agitados favorecem organismos fixos e resistentes, enquanto áreas mais calmas permitem a deposição de sedimentos macios, onde vivem organismos **escavadores** (organismos que vivem parcial ou totalmente enterrados no sedimento).
- **Tipo de Substrato:** Determina onde cada espécie consegue se fixar, escavar ou se locomover. Substratos rochosos abrigam organismos fixos e algas; arenosos favorecem organismos escavadores; e lamosos acumulam matéria orgânica, atraindo organismos depositívoros (organismos que ingerem o sedimento para aproveitar os nutrientes presentes nele).
- **Luminosidade**: Regula a presença de algas e microalgas. Abaixo de cerca de 200 metros de profundidade, a luz é insuficiente para a fotossíntese.
- **Nutrientes e Matéria Orgânica**: Aumentam a produtividade do ambiente. Altos níveis favorecem filtradores e detritívoros; baixos níveis reduzem a quantidade de organismos.

BOX 2 - O QUE É “CHUVA DE DETRITOS”?

Chuva de detritos, também chamada de “*marine snow*”, é o fluxo contínuo de partículas orgânicas que descem da superfície para as profundezas do oceano. Elas incluem pedaços de algas; fezes de animais marinhos; restos de organismos; e agregados de microrganismos.

Essa “neve marinha” é essencial para alimentar os organismos das grandes profundidades, onde não há luz e não ocorre fotossíntese.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os bentos marinhos são um dos pilares da vida nos oceanos. Ele estabiliza sedimentos,

recicla nutrientes, sustenta cadeias alimentares e abriga uma biodiversidade essencial para o equilíbrio ecológico. Compreender seus organismos e habitats é fundamental para conservar os ambientes costeiros e profundos, especialmente diante das rápidas mudanças climáticas que já afetam a composição e o funcionamento dessas comunidades. Proteger os bentos é proteger o futuro dos oceanos e das populações humanas que dele dependem.

BREVE REVISÃO

- O que significa o termo “bentônico”?
- Por que organismos filtradores são importantes para a qualidade da água?
- Qual a importância dos recifes de corais para a biodiversidade?
- Por que diferentes habitats bentônicos apresentam organismos diferentes?

GABARITO

1. “Bentônico” refere-se aos organismos que vivem sobre, dentro ou associados ao fundo dos ambientes aquáticos.
2. Porque eles removem partículas suspensas, matéria orgânica e microrganismos da água, ajudando a mantê-la mais limpa e equilibrando o ecossistema.
3. Recifes de corais funcionam como berçários e áreas de abrigo e alimentação para centenas de espécies, sendo um dos ecossistemas mais biodiversos do planeta.
4. Porque cada habitat possui condições ambientais próprias (como luz, substrato, salinidade, temperatura e oxigênio), e cada organismo tem limites de tolerância diferentes para esses fatores.

Saiba Mais

- Se você quisesse entender a rotina real de uma cidade, consultaria turistas ou moradores locais? Embora os turistas tenham um olhar curioso, os residentes convivem diariamente com mudanças na segurança, serviços e ambiente. Da mesma forma, organismos bentônicos passam a vida inteira em áreas pequenas, acompanhando alterações graduais na qualidade da água e do sedimento, na poluição, no aporte de matéria orgânica e na variação de oxigênio. Por isso, são amplamente utilizados como bioindicadores em programas de monitoramento marinho.
- Apesar de os oceanos parecerem infinitos, cerca de 84% possuem mais de 2.000 metros de profundidade! A profundidade média global é de 3.730 m, e o ponto mais profundo conhecido é a Fossa das Marianas, com mais de 11.500 m no Oceano Pacífico. Nessas áreas sem luz solar, a vida depende de detritos orgânicos ou de energia química proveniente do interior da Terra.

Atividade Sugerida

“CONHECENDO OS ANIMAIS DO BENTOS”

Habilidades BNCC:

- (EF02CI04); (EF03CI04); (EF03CI05); (EF03CI06); (EF06CI09); (EF08CI07); (EF04CI05); (EF07CI07); (EF07CI08); (EM13CNT203);

Esta atividade foi elaborada para ser aplicada por um mediador em ambientes formais ou informais de educação. Não é necessário ter conhecimento prévio sobre biologia marinha. Todo o material necessário está disponível no link indicado em **Recursos Complementares**, incluindo imagens, descrições curtas e as cartas do jogo.

1. Exposição das imagens: O mediador projeta ou distribui imagens dos organismos bentônicos. Cada imagem disponibilizada em **Recursos Complementares** contém o nome do animal e suas principais características. Nesta etapa, o mediador lê as legendas juntamente com os educandos e estimula uma observação guiada, comentando brevemente aspectos como cores, formas e o ambiente em que cada organismo vive.

2. Atividade de Desenho: Os educandos escolhem uma imagem (ou recebem uma de forma aleatória) e fazem um desenho do organismo. Ao final, apresentam seus desenhos destacando as características escolhidas. Para educandos jovens e adultos, pode ser promovida uma breve discussão: quais traços ajudaram na identificação do animal? Que estrutura indica seu modo de vida, alimentação ou forma de proteção?

3. Jogo da Memória: O mediador distribui as cartas do jogo “Viagem ao Fundo do Mar”, disponíveis em formato para impressão nos Recursos Complementares. Cada par possui a imagem do organismo e sua carta correspondente com nome e principais características. Os educandos podem jogar em duplas ou pequenos grupos. As regras são simples e estão descritas nos materiais complementares. Recomenda-se que, ao formar um par correto, o educando leia em voz alta o nome do organismo e sua descrição; caso erre, passa a vez ao próximo jogador.

Recursos complementares sugeridos

Para acessar os materiais de apoio, basta acessar o link: https://drive.google.com/drive/folders/1jRnoDSS-kYOBKmmQRiQLbQ2leNm5n0Lg?usp=sharing. Nele o educador terá acesso a materiais didáticos práticos e de fácil aplicação, incluindo:

- Slides em PDF com imagens e descrições de organismos bentônicos;
- Jogo da memória “Viagem ao Fundo do Mar”, pronto para impressão e com instruções de uso.

Banco de imagens Cifonauta

Para explorar imagens reais de organismos bentônicos e outros seres marinhos, recomenda-se o **Cifonauta** (https://cifonauta.cebimar.usp.br/). O site reúne **fotos e vídeos científicos** com identificação taxonômica, estágio de vida, habitat e outras informações relevantes. É uma plataforma confiável, produzida por pesquisadores, e permite navegar pelos organismos por meio de **buscas, marcadores e árvores taxonômicas**, facilitando o aprendizado sobre a biodiversidade marinha.

Referências bibliográficas sugeridas

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. *Zoologia de Invertebrados*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

CASTRO, Peter; HUBER, Michael E. *Biologia Marinha*. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

CIFONAUTA - Banco de Imagens Marinhas. Disponível em: <https://cifonauta.cebimar.usp.br>.

COELHO, Ricardo M. P. *Fundamentos de Ecologia*. São Paulo: Editora UFMG, 2001.

GARRISON, Tom. *Fundamentos de Oceanografia*. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

NYBAKKEN, James W.; BERTNESS, Mark D. *Marine Biology: An Ecological Approach*. 6th ed. San Francisco: Benjamin Cummings, 2005.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (org.). *Biologia Marinha*. 2. edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 656 p.

RIDLEY, Mark. *Evolução*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

Referências das figuras

MIGOTTO, A. E. Mexilhão-verde (imagem). Banco de Imagens Cifonauta. Disponível em: <https://cifonauta.cebimar.usp.br/media/13438/>.

MIGOTTO, A. E. Poliqueta tubícola (imagem). Banco de Imagens Cifonauta. Disponível em: <https://cifonauta.cebimar.usp.br/media/10664/>.

MIGOTTO, A. E.; BORGES, M. Ofiuroide (imagem). Banco de Imagens Cifonauta. Disponível em: <https://cifonauta.cebimar.usp.br/media/3841/>.

MIGOTTO, A. E. Anfípoda (imagem). Banco de Imagens Cifonauta. Disponível em: <https://cifonauta.cebimar.usp.br/media/4426/>.

CAPÍTULO 7 - Você conhece o “Tatuí”? Um pequeno morador que vive escondido entre as areias das praias

Adriane Araújo Braga[1], Luan de Oliveira Cerqueira[2], Caroline Mantovani Malavoti[3], Ravier Sebastião de Castro Rosa[4], Sintia Bruneli Fagundes[5], Mateus Rezende Coelho[6], Camila Vitória da Silva Almeida[7], Mylena Costa Zape[8], Pedro Vianna Gatts[9]

[123456789] Laboratório de Invertebrados Marinhos - LabinMAR/UFES

Quem são os tatuís?

Os tatuís (Figura 1) são pequenos crustáceos que vivem nas praias arenosas, que são ambientes dinâmicos e instáveis, influenciados pelo movimento das ondas, marés e ventos. A zona onde o tatuí vive é chamada de zona de arrebentação, onde a água avança e recua o tempo todo, fazendo com que o sedimento esteja em constante movimento. Quando a onda vem, eles “surfam”; quando ela recua, se enterram para se proteger. É ali, debaixo da areia, que colocam suas antenas para fora para filtrar o alimento, como o plâncton, pequenos organismos que vêm com as ondas. Esses bichinhos preferem praias de areia fina, onde conseguem se enterrar e se alimentar com mais facilidade.

Algumas características desse ambiente ajudam a explicar por que os tatuís vivem ali:

- O tamanho dos grãos de areia (granulometria) fina e muito fina, pois conseguem se enterrar rapidamente para fugir de predadores, ondas fortes e altas temperaturas.
- Ondas moderadas a fortes pois mantêm a areia oxigenada e trazem alimento constantemente, como pequenos organismos do plâncton, favorecendo a alimentação dos tatuís.
- Praias mais inclinadas costumam ter ondas mais fortes. Já praias planas tendem a reter mais matéria orgânica, já que suas ondas são mais fracas. Os tatuís podem ocorrer em ambos os locais, mas prosperam quando há movimentação suficiente para trazer alimento e oxigênio.

Figura 1 - Visão lateral e diagonal do tatuí *Emerita brasiliensis.*

Fonte: Acervo do Laboratório de Invertebrados Marinhos da UFES.

Como classifica o tatuí?

Esses animais pertencem ao Filo Arthropoda, grupo que reúne seres com exoesqueleto rígido, corpo segmentado e apêndices articulados, características que também estão presentes em insetos, aranhas e outros crustáceos. Dentro desse filo, fazem parte o Subfilo Crustacea, que engloba os crustáceos mais conhecidos, como camarões, caranguejos e lagostas, geralmente com respiração branquial e duas antenas bem desenvolvidas.

Avançando na classificação, os tatuís pertencem à Ordem Decapoda, cuja maioria das espécies apresenta dez pés locomotores (cinco pares). Dentro dos decápodes, eles se enquadram na Infraordem Anomura, um grupo que inclui animais com o último par de pés reduzido ou oculto, característica presente tanto nos tatuís quanto nos ermitões (paguros). Nos tatuís, esses pés modificados têm função importante no processo de escavação e enterramento.

Por fim, os tatuís pertencem à Família Hippidae, formada por crustáceos especializados em viver enterrados em praias arenosas. Essa família inclui três gêneros, Hippa, Remipes e Emerita, sendo este último o gênero da espécie mais comum no Brasil, *Emerita brasiliensis*.

Estudos realizados no litoral capixaba, por exemplo na Praia de Itapoã (Vila Velha – ES), registraram densidades médias de tatuís Emerita brasiliensis em torno de 3,42 indivíduos por metro quadrado, indicando uma alta abundância desses animais, e que praias com areia fofa, mar aberto e sem poluição, tendem a ser os ambientes mais favoráveis à ocorrência do tatuí no Espírito Santo.

E por que os tatuís são importantes?

O tatuí tem um papel essencial no equilíbrio ambiental das praias, ajudando a manter o ecossistema saudável. Esses animais também têm importância econômica e cultural pois são usados por pescadores como isca, e indicam que a praia está viva e em bom estado.

Os tatuís também são considerados bioindicadores naturais, isso significa que a presença deles mostra que o ambiente está limpo, equilibrado e bem conservado. Quando esses crustáceos começam a desaparecer, é um sinal de alerta: algo está errado, e pode ser consequência de poluição, urbanização excessiva ou outras ações humanas que afetam o equilíbrio do litoral.

Esses pequenos animais são muito sensíveis às mudanças causadas pelo ser humano. A construção de píeres, orlas pavimentadas, estradas, portos e indústrias próximas à costa modificam o habitat natural. A poluição causada pelo esgoto doméstico, lixo, microplásticos, metais pesados e produtos químicos também prejudica sua sobrevivência.

Além disso, o tráfego de veículos na areia, o pisoteio constante e o excesso de turistas tornam o ambiente mais hostil e dificultam a vida dos tatuís. Os cientistas mostram que

praias com maior movimento e construções, causam uma menor presença desses animais.

Embora não seja prática comum, os tatuís podem servir de alimento para algumas comunidades tradicionais que vivem próximas às praias. Em certos locais, esses animais são incorporados à alimentação como recurso complementar, especialmente em situações de escassez. Essa prática pode ser relacionada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), projeto criado pela ONU, em particular ao ODS 2- Fome Zero e Agricultura sustentável, que busca promover a segurança alimentar e o acesso a fontes diversas de nutrição. Nesse contexto, os tatuís podem representar uma alternativa local de alimento para grupos mais vulneráveis. No entanto, é fundamental destacar que o consumo deve ser responsável e sustentável, garantindo que a exploração não comprometa as populações naturais nem a integridade dos ecossistemas costeiros, preservando assim a permanência desses importantes guardiões das praias.

Mas o que acontece se os tatuís desaparecerem?

A ausência desses animais pode gerar um desequilíbrio no ecossistema costeiro. Sem os tatuís:

- A areia perde parte de sua oxigenação natural;
- A cadeia alimentar é afetada, já que servem de alimento para caranguejos, aves e peixes;
- A praia pode acumular mais matéria orgânica e poluentes, dificultando a regeneração natural;
- E para nós, humanos, isso significa praias menos limpas, menos saudáveis e com menor biodiversidade.

E o que podemos fazer?

Proteger o tatuí é proteger a praia e a nós mesmos!

- Evite jogar lixo, não use veículos na areia, respeite as áreas naturais e repense o impacto das suas ações no ambiente.
- Esse pequeno morador das praias é um grande aliado na conservação do nosso litoral e merece ser valorizado e protegido!
- Vamos cuidar melhor dos tatuís e das nossas praias?
- Manter o litoral limpo e livre de poluição é garantir um futuro mais saudável para todos os animais e para todos nós.

Saiba Mais

Saiba Mais

O gênero **Lepidopa** também habita praias arenosas e se enterra rapidamente, mas não é o **verdadeiro** tatuí! Pertence à mesma família **Hippidae**, porém tem hábitos ligeiramente diferentes.

Saiba Mais

Você sabia que existe **outra espécie** de tatuí no Brasil? O *Emerita portoricensis*, ocorre do **Norte** ao **Sudeste**, convivendo com *Emerita brasiliensis* em algumas praias do **Espírito Santo**.

Saiba Mais

As **fêmeas** de tatuí carregam seus **ovos** no abdome, durante todo desenvolvimento até a **eclosão**, liberando pequenas larvas.

Saiba Mais

Mesmo **enterrado**, o tatuí consegue **respirar** porque a água do mar circula entre os grãos de areia, levando **oxigênio** para ele.

Atividade Sugerida

Atividade 1: Caça-palavras
Atividade 2 - Palavras - cruzadas e Atividade 3 - Jogo de Cartas
Acesse através do link
https://drive.google.com/drive/folders/1CvKM4GZnvuJ9ZNdS0SRgAGUHgurxU7KW?usp=drive_link

Habilidades BNCC:

- EF07CI07

Público: 7° ano do Ensino Fundamental 2.

Você conhece o Tatuí?

As palavras deste caça palavras estão escondidas na horizontal, vertical e diagonal, sem palavras ao contrário. Responda as perguntas abaixo com as palavras encontradas:

E R A U P L A N C T O N D H E H P T
E E L I M P A E Y R A D W L A R E N
N B I O I N D I C A D O R E S U S F
L Y U O T H T E R Z N W R E K F C O
O U H E P E N L O R O T S U R F A M
E I N E E T Y R L N A U S A E R D N
A A S R E P O L U I Ç A O A O H O S
S N A R I W O O S N X N H H U L R E
C T R N O U I S D T D O D O E E E M
H A D E S E Q U I L I B R I O H S L
M O S Y T N Y N A R E I A C T O I A
E H A A A C U C R U S T A C E O D L

1. Onde os tatuís vivem na praia?
Resposta: _____

2. O que os tatuís fazem quando a onda chega?
Resposta: _____

3. O que os tatuís fazem quando a onda vai embora?
Resposta: _____

4. O que os tatuís usam para filtrar alimento?
Resposta: _____

5. Como chamamos animais que indicam a saúde do ambiente?
Resposta: _____

6. Quem usa tatuís como isca?
Resposta: _____

7. O que ameaça os tatuís?
Resposta: _____

8. O que acontece ao ecossistema se os tatuís somem?
Resposta: _____

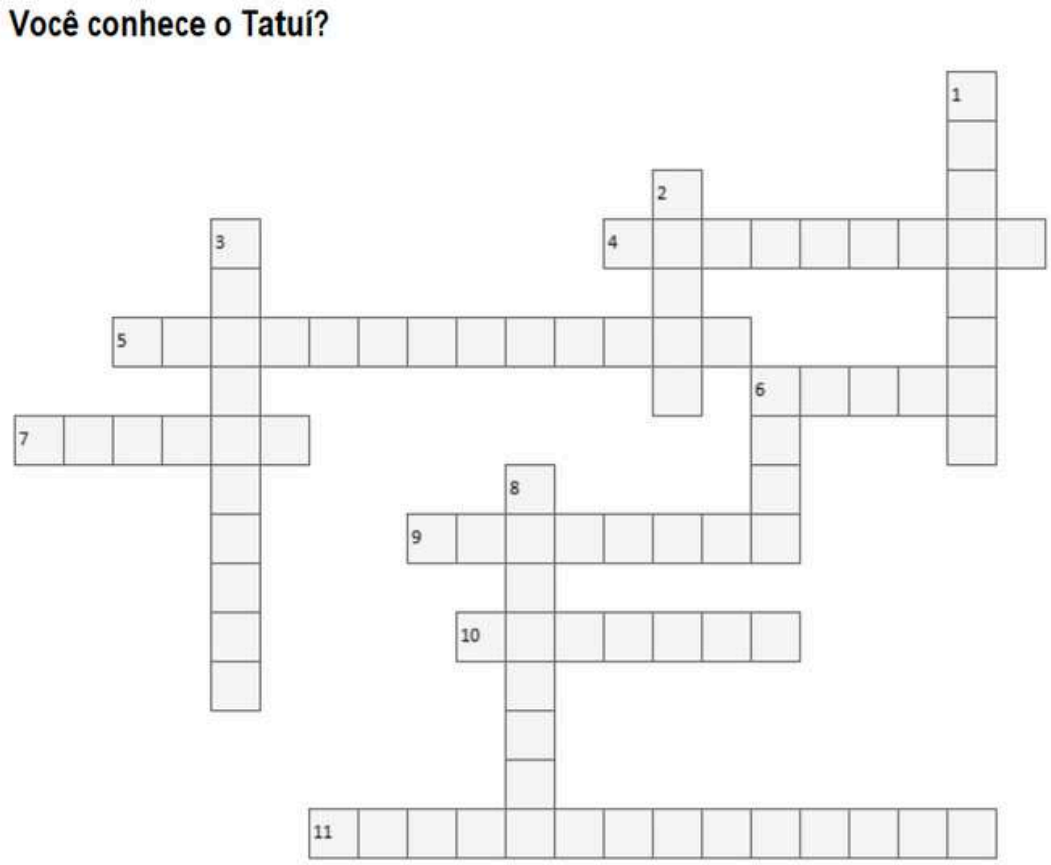
9. O que devemos evitar na praia?
Resposta: _____

10. O que devemos deixar as praias ao ir embora?
Resposta: _____

11. O que é o tatuí?
Resposta: _____

12. Que tipo de alimento os tatuís comem?
Resposta: _____

Palavras - cruzadas



Verticais

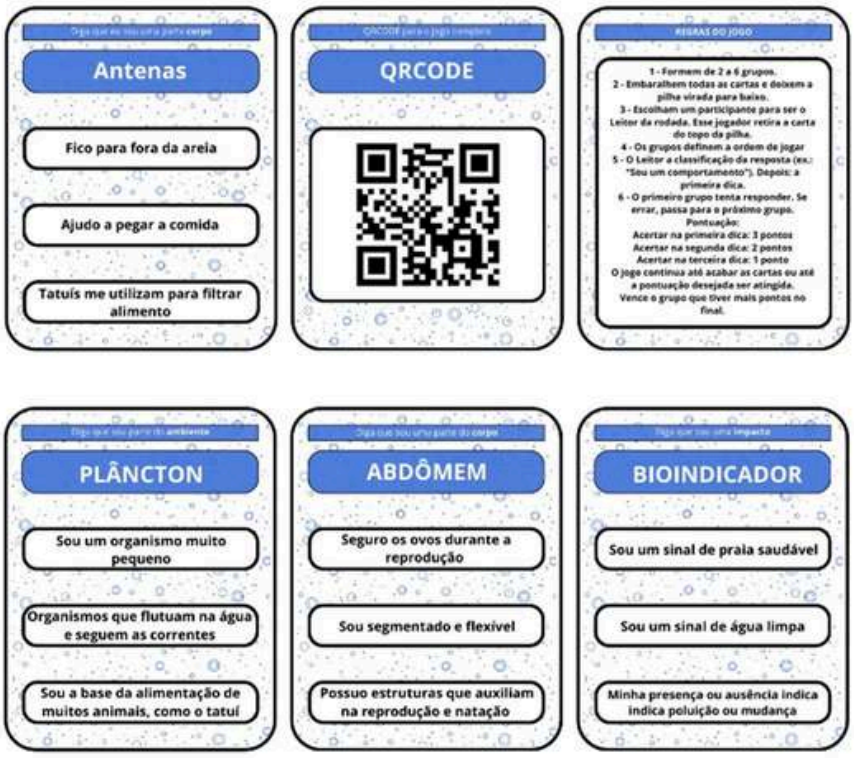
1. O que os tatuís fazem quando a onda chega?
2. Como chamamos animais que indicam a saúde do ambiente?
5. O que os tatuís usam para filtrar alimento?
6. Que tipo de alimento os tatuís comem?
8. O que os tatuís fazem quando a onda vai embora?
9. O que acontece ao ecossistema se os tatuís somem?

Horizontais

3. O que devemos deixar as praias ao ir embora?
4. Onde os tatuís vivem na praia?
7. O que ameaça os tatuís?
10. Quem usa tatuís como isca?
11. O que é o tatuí?
12. O que devemos evitar na praia?

Jogo de Cartas

- Acesse os QR Codes para obter o jogo e o folder.



Recursos complementares sugeridos

- Livros

Lindner, A. A vida marinha de Santa Catarina. Ed. UFSC. 54 p. - https://biodiversidade.ufsc.br/ebook/Livro_Web.pdf

- Notícias

'Sumiço' do tatuí na costa brasileira preocupa pesquisadores - Linkhttps://conexaoplaneta.com.br/blog/sumico-do-tatui-na-costa-brasileira-preocupa-pesquisadores/

- Youtube

Tatuí, Tatuzinho (Emerita brasiliensis) - https://www.youtube.com/watch?v=aCqk8B4SzWY

Tatuíra - Emerita brasiliensis - https://www.youtube.com/watch?v=s0v8i4ZfhPg

Tatuí ou tatuíra o simpático animal da praia. Você já viu? - https://www.youtube.com/watch?v=3QG8A6TME7Y

- Instagram

O tatuí (Emerita brasiliensis) consegue se enterrar rapidamente aproveitando o movimento das ondas pra afundar ainda mais rápido. Vejam só. - https://www.instagram.com/reel/DQ66DOcEZV-/?utm_source=ig_web_copy_link&igsh=MzRlODBiNWFlZA%3D%3D

Referências bibliográficas sugeridas

- Artigos

Mantelatto FL, Paixão JM, Robles R, Teles JN, Balbino FC. 2023. Evidence using morphology, molecules, and biogeography clarifies the taxonomic status of mole crabs of the genus Emerita Scapoli, 1777 (Anomura, Hippidae) and reveals new species from the western Atlantic. ZooKeys, 1161: 169-202. - https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10206660/pdf/zookeys-1161-169_article-99432__.pdf

Brusca RC, Brusca GJ. 2005. Invertebrados. 2 Ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro - RJ. 1012 pp.

- Sites

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU -https://brasil.un.org/pt-br/sdgs

CAPÍTULO 8 - Ecossistemas Costeiros

Carla Frecchiami de Oliveira Pacheco[1] e Ryan Carlos de Andrades[2]

[1] Laboratório de Ecologia Bêntica - UFES
[2] Laboratório de Ictiologia - UFES

Contextualização

Um ecossistema é formado pelas interações entre todos os organismos e o ambiente físico em que vivem, no qual ocorre fluxo de energia e ciclagem de nutrientes, processos essenciais para a manutenção de vida. Os ecossistemas costeiros são aqueles localizados na interface entre a terra e o mar, na **zona entremarés** ou em zonas rasas da costa, e são caracterizados por sua alta produtividade e biodiversidade. A alta variabilidade de fatores ambientais na região costeira, como por exemplo ventos, ondas, marés, salinidade, e temperatura, favorece o desenvolvimento de ecossistemas únicos, incluindo estuários, manguezais, marismas, bancos de gramas (ou ervas) marinhas, restingas, dunas, recifes de coral, costões rochosos e praias.

Grande parte desses ambientes são considerados **berçários de vida**, pois oferecem abrigo e alimento para inúmeras espécies nos seus estágios iniciais de desenvolvimento. Além de sua relevância ecológica, os ecossistemas costeiros fornecem muitos benefícios socioeconômicos para a sociedade: protegem a costa contra erosão e tempestades, geram alimentos e empregos para muitas comunidades, removem e estocam grande quantidade de gás carbônico da atmosfera e contribuem para a regulação do clima do planeta.

Historicamente, as regiões costeiras têm sido intensamente ocupadas em virtude do crescimento de cidades, instalação de portos e outras infraestruturas. Atualmente, estima-se que aproximadamente 40% da população mundial vive a menos de 100 km da costa. No Brasil, cerca de 111 milhões de brasileiros – mais da metade da população (54,8%) – encontram-se distribuídas próximas da região costeira. A ocupação litorânea e as atividades humanas associadas têm afetado significativamente os ecossistemas costeiros, resultando na redução da sua biodiversidade, na degradação de habitats e na perda de seus serviços ecossistêmicos (benefícios que geram para a sociedade). Os principais ecossistemas costeiros e suas principais características serão apresentadas a seguir:

Estuários e manguezais

Os estuários são corpos d'água costeiros semifechados que conectam rios ao oceano. A entrada da água do mar é influenciada por marés, ventos e ondas, sendo cada estuário dotado de características físicas únicas como o volume da descarga do rio, topografia, padrões de circulação da água, regimes climáticos (temperatura, chuva) e amplitude de

maré. Além disso, a sua forma e extensão podem ser constantemente alteradas por processos erosivos e deposicionais.

A mistura de águas doce e salgada cria gradientes de salinidade ao longo do estuário, enquanto a **variação da maré** faz com que áreas fiquem ora inundadas, ora expostas, influenciando a disponibilidade de oxigênio nestes ambientes. Esses fatores, associados à turbidez da água e às características dos sedimentos, favorecem o desenvolvimento de ecossistemas típicos, altamente adaptados a essas condições, como os manguezais e os marismas. Os manguezais (Figura 1) são ecossistemas que apresentam espécies vegetais morfologicamente e fisiologicamente adaptadas a viverem em ambientes salinos, constantemente alagados e em condições anaeróbicas (com ausência de oxigênio). Eles estão localizados nas regiões tropicais e subtropicais do planeta. No Brasil, são encontrados desde o estado do Amapá até Santa Catarina. Os manguezais serão detalhados no Capítulo 16.

Figura 1: Manguezais no município de Aracruz, ES.

Fonte: Carla Pacheco.

Marismas

Os marismas são ecossistemas costeiros que ocorrem em regiões temperadas, de médias e altas latitudes, sendo encontrados apenas nos estados brasileiros de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Além de estarem associados a estuários, os marismas também podem ser encontrados em baías, enseadas ou lagunas costeiras. A vegetação dos marismas é composta por angiospermas herbáceas capazes de colonizar ambientes alagados pela maré, cuja distribuição das espécies varia conforme a salinidade. Por exemplo, a espécie *Spartina alterniflora* é encontrada em áreas que

ficam constantemente alagadas, mais próximas ao mar; enquanto a espécie *Spartina densiflora* em porções mais medianas, que são alagadas ocasionalmente; e a *Juncus effusus*, em áreas mais altas, que são pouco alagadas.

Os marismas são fontes de matéria-prima, protegem a costa contra ondas, tempestades e erosão, atuam como filtros purificando a água que entra nos estuários e ajudam na manutenção de importantes recursos pesqueiros, como camarões, ostras, mexilhões e peixes. Além disso, contribuem para regulação do clima, sequestrando carbono da atmosfera, sem falar do seu potencial para o turismo, recreação e educação ambiental.

Restingas

A restinga corresponde à vegetação que se estabelece sobre solo arenoso em planícies costeiras. Trata-se de uma vegetação heterogênea, que pode estar organizada em mosaicos de fisionomias e composições florísticas distintas, adaptadas a condições ambientais severas, como altas temperaturas, elevada salinidade, baixa disponibilidade de nutrientes em seu solo arenoso e ventos intensos. Em praias, dunas semifixas ou móveis, observa-se uma vegetação herbácea e subarbustiva de restinga que pode atingir até 1 metro de altura. Em planícies, cordões ou terraços arenosos, ou em áreas bem drenadas encontram-se plantas arbustivas de até 5 metros de altura, com ocorrência de trepadeiras e epífitas. Em algumas áreas, ainda é possível encontrar uma vegetação arbórea mais densa, de maior complexidade estrutural.

As restingas têm um papel muito importante na proteção da costa contra a erosão. Suas raízes ajudam a fixar a areia, estabilizando as dunas e reduzindo a perda de sedimentos. Entretanto, esses ecossistemas são extremamente ameaçados pela especulação imobiliária e a extração comercial de areia. A urbanização da costa, com a construção de estradas, condomínios e imóveis comerciais, frequentemente é responsável por suprimir a área natural das restingas.

Praias Arenosas

As praias arenosas (Figura 2) ocupam 2/3 da zona costeira mundial e, por mais que pareçam algumas vezes um ambiente sem muita vida, abrigam diversos animais de diferentes formas e tamanhos. As praias arenosas estão distribuídas ao longo de todo o globo, exceto em regiões polares onde o gelo cobre toda a interface entre a terra e o mar, constituindo ambientes extremamente dinâmicos e responsáveis por inúmeros **bens e serviços ecossistêmicos.** Dentre eles, transporte de sedimentos, ciclagem de nutrientes, além de promover a subsistência para pescadores e pescadoras artesanais por meio da oferta recursos pesqueiros, e serem importantes para a economia local e regional em litorais de todo o mundo por conta do potencial turístico para visitantes e recreacional para populações locais.

O Brasil possui mais de 4.000 praias em seus quase 9.000 km de costa, sendo um dos 20 países com maior extensão de zona costeira do mundo. As praias do litoral norte

brasilerio (estados do Amapá e Pará) e do estado do Maranhão são fortemente dominadas pela grande amplitude das marés (acima de 3 metros) que ocorrem na região, sendo que também sofrem influência da descarga de grandes rios, como o Amazonas e o Parnaíba. As praias da região nordeste, exceto Maranhão, e das regiões sudeste e sul são governadas por padrões regionais e locais de ventos e ondas, os quais juntamente com características geomorfológicas, moldam as características físicas de como as praias se apresentam, como, por exemplo, inseridas em baías abrigadas, em estuários ou abertas para o mar.

Os animais que vivem na faixa arenosa, no geral, são pequenos invertebrados que vivem enterrados ou em tocas construídas. Na água, os pequenos peixes e microscópicos organismos planctônicos que vivem na chamada zona de surfe (ou zona de arrebentação), local onde as ondas quebram na porção mais rasa das praias e dissipam pela zona de espraiamento, vivem em completa sinergia com os movimentos de ondas e marés. As principais características que distinguem os animais que vivem em praias, seja na faixa arenosa ou na zona de surfe, dos animais dos demais ambientes marinhos são sua capacidade de suportar o batimento das ondas. Para tal, muitos animais desenvolveram estratégias de adaptação, como viver permanentemente enterrados no sedimento ou a capacidade de surfar as ondas para se beneficiar de pequenas presas suspensas na coluna d'água pelo batimento das ondas, como fazem os peixes.

Um dos animais mais icônicos de praias arenosas é o caranguejo **maria-farinha**, também conhecido como caranguejo-fantasma ou guruçá. Esse caranguejo do gênero Ocypode pode ser visto em praias de regiões tropicais e temperadas de todo o mundo. No Brasil, a espécie Ocypode quadrata pode ser encontrada em praticamente todas as praias e seus comportamentos e estratégia de vida ilustram bem como é a vida em praias arenosas. Eles cavam tocas profundas e complexas e levam uma vida dupla entre sua toca no subsolo das praias que servem de proteção contra predadores e refúgio climático do calor da superfície e os períodos de atividade na superfície, onde procuram por comida e acasalam. Dentre os animais marinhos, as maria-farinhas são um dos mais rápidos do mundo e podem alcançar uma velocidade de 4 metros por segundo! Essa velocidade, aliada a uma visão e olfato apurados, permitem que elas sejam eficientes na localização de carcaças de outros animais na praia. Quando encontram, as levam para a toca e consomem em seguida, sendo essa necrofagia, seu principal hábito alimentar. A **necrofagia** exercida pelas maria-farinhas ajuda na ciclagem de nutrientes em praias arenosas, porém esse notável caranguejo tem um amplo espectro de dieta e estratégias alimentares, incluindo de predação ativa sobre outros invertebrados, como pequenos crustáceos isópodes e anfípodes, insetos e até ovos e filhotes recém eclodidos de tartarugas e aves.

Os pequenos crustáceos que vivem nas praias, como anfípodes e isópodes, medem de poucos milímetros a alguns centímetros. Sua presença segue um gradiente bem definido, conhecido como **zonação ecológica**. A distribuição desses organismos ao longo da praia

reflete as variações nas características da areia, na salinidade da água, na distância da linha d'água e na disponibilidade de alimento. Em praias que abrigam recifes costeiros, como costões rochosos, recifes de arenito e recifes biogênicos é possível observar outra biodiversidade daquela vista em praias arenosas, porém em ambas a distribuição de seus organismos se dão em um gradiente ambiental (zonação) e sua biodiversidade é fortemente influenciada pelo batimento de ondas, marés, distância da linha d'água, tamanho do grão do sedimento, que varia de lama e areia até seixos e rochas no ambiente praial e, por fim, pela salinidade da água.

Figura 2: Praia arenosa no sul da Bahia.

Fonte: Carla Pacheco.

Costões Rochosos

Para além da faixa arenosa das praias, existem os costões rochosos, formações de rochas cristalinas que se estendem do ambiente terrestre até o mar. No Brasil, são vistos principalmente nas regiões sudeste e sul e facilmente reconhecíveis em típicas imagens das paisagens costeiras de cidades como Rio de Janeiro e Vitória. A zonação de algas nos costões é notável e constitui um majestoso exemplo de como se dá a organização da vida marinha mediante a influência do ambiente em que vivem. Durante o período de maré baixa é possível observar as faixas horizontais distintas no costão formadas por algas de grupos verdes (Chlorophyta), vermelhas (Rhodophyta) e pardas (Phaeophyceae) e invertebrados se dispondo de maneira marcada em relação a linha d'água.

Alguns estudos em costões brasileiros mostraram que em sua porção mais superior, chamada de supralitoral, prevalecem líquens, cracas, caramujos-de-rocha (família Littorinidae) e quase sempre poucas (ou nenhuma) espécies de algas, enquanto a faixa média (mediolitoral) apresenta mexilhões, caracóis marinhos (gênero *Pisania* e *Morula*),

algas vermelhas calcárias e verdes. A faixa mais próxima da água, que quase sempre está no limite d'água e inclui também a porção submersa, chama-se infralitoral e abriga a maior biodiversidade do costão, com algas pardas, verdes e vermelhas, esponjas, ascídias, anêmonas, lesmas-do-mar, ouriços-do-mar e outros. A distribuição dos organismos nestas faixas pode variar em resposta às diferentes características da praia, como grau de exposição às ondas, inclinação do costão, clima da região, entre outras, visto que a faixa habitada por cada organismo é reflexo também da capacidade deste de suportar o estresse ambiental da exposição durante o recuo da maré.

Os recifes de arenito (Figura 3) em praias se fazem mais presentes na região nordeste, assim como os recifes biogênicos. Estes últimos constituem os recifes formados por organismos vivos que afloram em praias e têm sua origem, em grande parte, a partir de processos de colonização e, posterior, deposição e incrustação de estruturas calcárias de corais, moluscos e algas sobre recifes já existentes. Na região nordeste e no litoral do Espírito Santo é muito comum ver recifes biogênicos formados sobre recifes de arenito. Ao contrário dos costões rochosos clássicos, os recifes biogênicos e de arenito são planos e com uma zonação ecológica menos evidente.

Figura 3: Praia com recifes de arenito (laterita) no município de Aracruz, ES.

Fonte: Carla Pacheco.

Poças de Maré

Um micro-habitat único presente nos costões e recifes são as poças de maré, que se formam nas depressões presentes na rocha que retém água quando a maré baixa. As poças abrigam uma rica biodiversidade de algas, crustáceos e peixes. Alguns peixes, como espécies da família Gobiidae e Blenniidae, comumente chamados de amborês e blênios, respectivamente, são aptos a passar todo o seu ciclo de vida em poças de maré, suportando as frequentes oscilações de temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido que

ocorrem durante os ciclos de maré. Os peixes de poças em sua maioria são pequenos e podem passar despercebidos graças ao hábito de se manterem escondidos em fendas e buracos, o que lhes confere proteção contra predadores. Outro morador bastante discreto é o polvo, que passa boa parte do dia também abrigado em fendas e, quando notado, exibe uma capacidade de camuflagem elaborada, mudando de cor, textura e até forma corporal para se assemelhar ao ambiente. Durante a noite, porém, torna-se ativo, deslocando-se entre poças e pelo recife atrás de presas, como pequenos peixes e invertebrados.

Figura 4: Poça de maré em recife biogênico no município da Serra, Espírito Santo.

Fonte: Ryan Andrades.

Saiba Mais

Zona entremarés: Região costeira inserida entre a maior e menor variação das marés. A zona entremarés sofre variações periódicas de emersão (maré baixa) e imersão (maré alta), as quais influenciam a distribuição de seus organismos e os processos ecológicos que ali ocorrem.

Ambientes berçários: Ambientes que favorecem o desenvolvimento e sobrevivência de indivíduos jovens de uma ou várias espécies com ampla Variação de maré: Mudança do nível do mar entre marés altas (preamar) e baixas (baixa-mar), causada principalmente pelas forças gravitacionais da Lua e do Sol. No Brasil, é comum a ocorrência de duas marés altas e duas baixas ao longo do dia. Durante as Luas Nova e Cheia, ocorre um alinhamento entre a Terra, Sol e Lua, resultando em marés com maiores amplitudes, chamadas de marés de sizígias. Nas Luas Crescente e Minguante, estas interações são menores, produzindo marés de menores amplitudes, conhecidas como marés de quadratura.

Bens e serviços ecossistêmicos: Os benefícios fundamentais que os ecossistemas fornecem para a humanidade de forma direta ou indireta. No geral, são classificados em quatro categorias principais: Provisão, regulação, cultural e de suporte. No contexto marinho, podemos destacar a provisão de alimento por meio de recursos pesqueiros na categoria provisão, a regulação do clima por meio da absorção de dióxido de carbono (CO_2) na categoria regulação, o turismo, recreação e identidade cultural como serviços culturais e, por último, a ciclagem de nutrientes como serviços de suporte ambiental.

Zonação ecológica: A distribuição organizada de espécies ou comunidades naturais ao longo de um gradiente ambiental. A zonação é caracterizada por faixas distintas (zonas) de distribuição em função das condições ambientais impostas sobre os organismos. A ocupação do ambiente pelas espécies se dá mediante as tolerâncias ambientais que cada uma pode suportar. Por exemplo, as zonas de distribuição bem marcadas de organismos em costões rochosos são determinadas pela inclinação do costão, clima da região e exposição às ondas, enquanto a zonação da vegetação em manguezais sofre influência principalmente do hidroperíodo (período de inundação), da salinidade da água e de características do sedimento.

Atividade Sugerida

ATIVIDADE DE CAMPO EM PRAIA ARENOSA

Habilidades BNCC:

- (EF04CI05); (EF07CI07); (EF07CI08); (EM13CNT203);

Público-alvo: Alunos de ensino médio
Duração máxima: 3 horas
Local: Qualquer praia com faixa arenosa extensa
Condição para atividade: Período do dia durante a maré baixa de sizígia (lua nova ou cheia)
Objetivos de aprendizagem: Estimular trabalho em equipe, observação da vida selvagem, compreensão da relação entre ambiente natural e organismos (posição e tamanho das tocas) e interação com métodos científicos de amostragem ecológica em ambientes costeiros.

Pergunta norteadora: Os números e tamanhos das tocas variam de acordo com a distância da linha d'água?
Etapas:

1. Dividir alunos em 3 equipes (Equipes A, B e C)
2. Cada equipe deverá escolher aleatoriamente o local de seu transecto. Um transecto consiste em uma linha ou faixa pré-definida usada como referência para coletar informações de interesse do estudo. Os dados registrados ao longo de diferentes transectos, desde que padronizados, permitem comparações.
3. Cada equipe demarcará seu transecto perpendicular a praia, iniciando da base da duna ou borda da restinga estendendo-se até a linha d'água.
4. Ao longo do transecto, serão demarcados quadrados de 2 x 2 metros, concatenados (sem intervalo), do início ao fim do transecto.
5. Em cada quadrado, os alunos deverão contar o número de tocas visíveis na superfície, medir a largura da entrada de cada toca com o paquímetro e anotar os dados em uma planilha de campo. A planilha de campo deverá ter 5 campos (colunas): i) Transecto (A, B ou C, dependendo da equipe), ii) Quadrado (1, 2, ...), iii) Número de Tocas, iv) Largura das Tocas (escrever a largura de cada uma e, ao final, calcular a média da largura em cada quadrado) e v) Observações. Neste último campo permitir que os alunos anotem qualquer observação que julguem pertinente, como por exemplo, presença de lixo (plásticos ou bitucas de cigarro) no quadrado.

Em aula futura, reunir os grupos e discutir se houve diferença no número de tocas ao longo dos transectos. Se sim, em quais zonas das praias registrou-se mais tocas. Se as larguras médias das tocas variaram conforme a distância da linha d'água.

Fundamentação teórica: É comum verificar uma zonação das tocas ao longo do perfil praial com tocas de larguras médias menores que a média geral em posições mais próximas a linha d'água. Segundo alguns autores isso se deve a uma estratégia de indivíduos jovens de maria-farinha para evitar competição e risco de canibalismo com indivíduos adultos que geralmente ocupam a parte superior da faixa arenosa. No entanto, tal padrão pode variar entre praias devido a condições locais específicas.

Recursos complementares sugeridos

E-books:

- Ecologia na restinga: uma sequência didática argumentativa: uma sequência didática argumentativa. AZEVEDO, Nathalia Helena et al. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências, 2014. DOI: https://doi.org/10.11606/9788591694808 Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/60
- Um Mangue no Meu Quintal. Caderno do Educador 1. Os manguezais e as mudanças climáticas. Edição 2025. Disponível em:https://smastr16.blob.core.windows.net/fundacaoflorestal/2025/03/Caderno-I-Manguezais-e-Mudancas-do-Clima.pdf

Visitas Guiadas no ES:

- Estação Biologia Marinha Augusto Ruschi: https://www.augustoruschi.com.br
- Parque Paulo César Vinha: https://iema.es.gov.br/PEPCV
- Parque Estadual de Itaúnas: https://iema.es.gov.br/pei

Referências bibliográficas sugeridas

AYYAM, Velmurugan; PALANIVEL, Swarnam; CHANDRAKASAN, Sivaperuman. Coastal ecosystems of the Tropics-adaptive management. Springer Singapore, 2019.

BARBIER, Edward B. et al. The value of estuarine and coastal ecosystem services. Ecological monographs, v. 81, n. 2, p. 169-193, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2022: informações de população e domicílios por setores censitários auxiliam gestão pública. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39525-censo-2022-informacoes-de-populacao-e-domicilios-por-setores-censitarios-auxiliam-gestao-publica.

Jørgensen, S. E. (Ed.). (2009). Ecosystem ecology. Academic press.

Jørgensen, S. E., & Fath, B. D. (2008). Encyclopedia of ecology. Elsevier BV.

ODUM, E. e BARRETT, G.W. Fundamentos de ecologia. São Paulo. Cengage Learning, 2008.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. Biologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

PEREIRA, Renato Crespo, e GOMES, Abílio Soares. Ecologia marinha. Interciencia, 2021.

CAPÍTULO 9 - Plâncton Marinho: os pequenos gigantes do oceano

Mariana Magnago Alves[1] e Kyssyanne Samihra Santos Oliveira[2]

[1] Laboratório de Ecologia e Biodiversidade de Microprodutores Aquáticos LEBIOMA/UFES
[2] Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera-Continente-Oceano ESOLAB/UFES

As primeiras observações do plâncton datam de 1832, quando Johannes Müller, médico e pesquisador alemão, utilizou uma rede de seda pela superfície do mar e observou o material em um microscópio. O que ele viu?

Imagine agora que um universo inteiro possa caber dentro de uma única gota de água do mar, vários pontinhos como estrelas num céu à noite! Ali, escondidas do olhar humano, vivem criaturas tão pequenas — muitas medindo apenas milionésimos de metro (µm), com organismos sem organização celular definida ou formados por uma única célula, que só podem ser vistos com a ajuda de microscópios, até organismos com muitas células, chegando a metros de comprimento, como as salpas. Esse mundo fascinante de seres minúsculos recebe o nome de plâncton (Figura 1).

Figura 1 - À esquerda: Imagem de plâncton vivo em estereomicroscópio. Em detalhe, à direita, foto de uma salpa, um plâncton gelatinoso, próximo a um mergulhador, para comparação de tamanho.

Fonte: Álvaro E. Migoto, Banco de Imagens Cifonauta. Disponível em: https://cifonauta.cebimar.usp.br/media/4327/ (imagem da direita). Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Salp#/media/File:Salp.jpg (imagem da esquerda).

Imagine o oceano como uma enorme cidade viva. No seu “nível microscópico”, existe uma comunidade que sustenta praticamente tudo o que acontece acima: o plâncton. Ele não só alimenta grande parte das cadeias alimentares marinhas, como também guarda um segredo fascinante — é nele que a maioria dos animais do mar começa a vida.

Peixes, crustáceos, corais e muitos organismos que vivem no fundo ou nadam livremente passam, em algum momento, por fases larvais (Figura 2) minúsculas que flutuam junto ao plâncton. É como se o mar fosse um grande berçário flutuante, onde novas vidas se desenvolvem antes de seguir para seus habitats adultos.

Figura 2 - Larvas planctônicas. Da esquerda para direita: Larva de poliqueta, larva de peixe e larva de ouriço do mar.

Fotos: Alvaro E. Migoto, Banco de imagens Cifonauta. Disponível em: https://cifonauta.cebimar.usp.br/.

Os organismos planctônicos possuem pouco ou nenhum poder de locomoção. Alguns se movem usando flagelos, que são como “micro-rabinhos” que os impulsionam, cílios móveis, como cabelinhos que se movem muito rápido e perninhas (apêndices) que parecem escovinhas ou com funções de natação. Além disso, alguns desses utilizam a forma do corpo ou projeções do corpo para aumentar a sua área de superfície, aumentando a resistência da água ao movimento e retardando o seu afundamento. Mas todos têm algo em comum: nenhum deles consegue nadar contra as correntes e por isso sua denominação originária do grego (planktos = errantes) foi proposta pelo biólogo alemão Victor Hensen em 1887, designando todas as partículas orgânicas, vivas ou mortas, que flutuam livremente nos corpos de água, e posteriormente o termo plâncton foi restrito somente aos organismos vivos em suspensão na água.

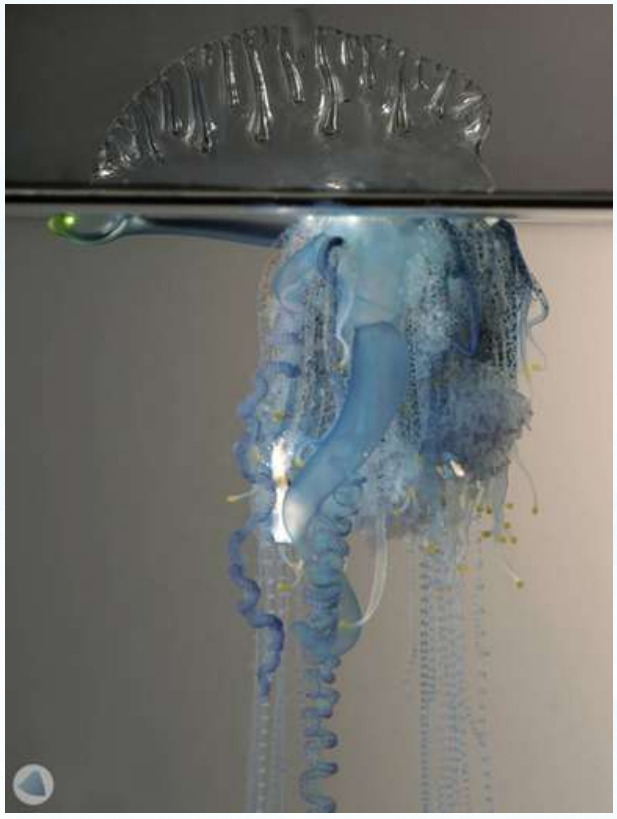
Para nós, seres humanos, nadar em água parece algo relativamente fácil: Movemos os braços e as pernas e conseguimos avançar. Mas, para os organismos microscópicos, a experiência é completamente diferente. Em tamanhos tão pequenos, a água se comporta quase como um “gel espesso”. Isso acontece por causa da viscosidade, que é a resistência que um líquido oferece ao movimento. Para o plâncton, essa resistência é tão grande que cada batida de um flagelo ou cílio é como se comparativamente os humanos estivessem tentando nadar em um tanque de mel. Por isso, movimentos que funcionam para animais maiores não funcionam para seres microscópicos. Mesmo quando conseguem se mover, o tamanho minúsculo e a viscosidade da água impedem que vençam as correntes. Os plânctons viajam pelo oceano como passageiros de “rios invisíveis”, as correntes oceânicas e costeiras, que os transportam junto com seus ovos e larvas para novos locais.

Dentro da variedade de organismos, existem grupos bem diferentes vivendo juntos: vírus marinhos (virioplâncton), arqueias (arqueoplâncton), bactérias (bacterioplâncton), microalgas que fazem fotossíntese (fitoplâncton), fungos microscópicos (micoplâncton), pequenos animais (zooplâncton) e até os ovos, larvas e filhotes dos peixes (ictioplâncton). Os organismos podem passar todo seu ciclo de vida no plâncton, sendo denominado holoplanctônico ou euplantônico ou apenas parte de seu ciclo de vida, recebendo o título de meroplanctônicos.

Além disso, ele pode ser organizado por tamanho. Essa divisão por tamanhos também revela muito sobre como cada grupo vive e qual papel cumpre no oceano. O plâncton pode ser organizado em classes de tamanho que vão dos organismos quase invisíveis até verdadeiros gigantes marinhos.

- Fentoplânctons - menores que 0,2 µm, formado principalmente por vírus.
- Picoplânctons (0,2–2 µm) - são micróbios minúsculos, menores que um grão de poeira. Eles incluem bactérias e outros seres microscópicos. São os mais numerosos do oceano, sobretudo em águas com poucos nutrientes;
- Nanoplâncton (2–20 µm) - reúne principalmente microalgas.
- Microplâncton (20–200 µm) - inclui células maiores do fitoplâncton e os menores animais do zooplâncton.
- Mesoplâncton (0,2–20 mm) - pequenos animais e larvas.
- Macroplâncton (2–20 cm) e o megaloplâncton (acima de 20 cm), como medusas e caravelas (Figura 3), são os maiores, sendo visíveis a olho nu.

Figura 3 - Caravela Portuguesa, espécie *Physalia physalis*.



Fonte: Àlvaro E. Migoto, Banco de imagens cifonauta. Disponível em: https://cifonauta.cebimar.usp.br/media/1265/. Acesso em: 14/11/2025.

O plâncton vive em diferentes “bairros” do mar:

- **Plâncton oceânico**: mora no “alto-mar”, lá longe da costa, onde o oceano é bem fundo.
- **Plâncton nerítico**: vive perto do continente, em cima da plataforma continental — é como se fosse o “mar de casa”, mais raso e perto das praias.
- **Plâncton estuarino**: gosta dos estuários, onde a água doce do rio se mistura com a água salina do mar. Nesses ambientes a salinidade varia diariamente por causa das marés. Dessa forma, só vivem ali os organismos que conseguem sobreviver nessa forte variação de entre água mais doce e água mais salgada.

Alguns seres do plâncton conseguem viver em muitos lugares diferentes do oceano — eles são chamados de cosmopolitas, como viajantes do mundo. Outros só aparecem em regiões muito específicas: são os endêmicos, verdadeiros “moradores exclusivos” de certos locais.

Aqui, imagine o oceano como um prédio gigantesco, com vários “andares” onde diferentes plânctons moram. Nessa analogia, teríamos no andar da superfície muita luz disponível, onde vive a maior parte do fitoplâncton que faz fotossíntese, denominado Epipelágico (entre 0–200 m). Neste andar, teríamos como moradores a comunidade planctônica epipelágica, e dentro dela duas subdivisões ainda mais específicas:

- Organismos do Plêuston – vivem bem na superfície, tanto que uma parte do corpo fica fora da água! Eles viajam empurrados pelo vento, como as caravelas-portuguesas (Figura 3), e por isso mesmo o nome! Como se tivessem “velas”, como as caravelas da época do descobrimento do Brasil.
- Organismos do Nêuston – moram na “pele” da água, uma camada bem fininha, de menos de 1 centímetro. É como o telhado do oceano, onde muitas larvinhas de peixes aparecem.

Abaixo do andar superficial, temos o andar Mesopelágico (200–1000 m) – aqui dependendo de onde estamos no oceano já não há luz, e quando há é logo na parte mais rasa, quase como um fim de tarde eterno. Alguns plânctons e animais produzem luz própria (bioluminescência).

E mais embaixo temos os andares profundos, o Batipelágico (abaixo de 1000 m) – praticamente não chega luz. Aqui independentemente de onde está no planeta é sempre “noite”. Alguns organismos são abissopelágicos – habitam o “porão” do oceano, perto do fundo. Aqui vivem criaturas adaptadas à pressão enorme e a temperaturas muito baixas.

No andar profundo, próximo ao fundo do mar, onde a luz não chega a vida depende mais do que vem da superfície, uma verdadeira “chuva de detritos”, feita de restos de plantas, animais e partículas provenientes da superfície, ou de processos especiais, como a quimiossíntese, um tipo de produção de energia por bactérias que é independente da luz, usando calor e materiais das fontes hidrotermais, verdadeiras “chaminés submarinas”, que liberam água com elevadas temperaturas oriundas do interior da crosta terrestre.

E por que o plâncton é importante? Ele produz grande parte do oxigênio do planeta, através da fotossíntese do fitoplâncton, que também é a base da cadeia alimentar marinha. Além disso, contribui para a regulação do clima e participa dos processos naturais importantes para manutenção da vida, relacionados com a água, o ar e nutrientes.

No fim das contas, o plâncton forma um mosaico fascinante de formas, tamanhos e modos de vida, essencial para o funcionamento do oceano, cheio de descobertas esperando para serem feitas e gigante em importância ecológica.

Saiba Mais

1) A maior "mudança de turno" do planeta acontece no escuro do oceano!

Imagine que, todas as noites, milhões de criaturas microscópicas sobem centenas de metros na coluna d'água — como se estivessem pegando um elevador invisível ao anoitecer. Essa é a migração vertical do zooplâncton, considerada a maior migração diária da Terra, a maior em relação a proporção ao tamanho do organismo com a distância percorrida até mesmo quando comparada com a migração de aves ou mamíferos.

Durante o dia, esses pequenos animais ficam escondidos nas camadas mais profundas, onde a luz quase não chega. Lá embaixo, eles evitam predadores que caçam com a visão, como peixes e lulas. Mas quando anoitece, sobem pro banquete: as águas superficiais possuem mais fitoplâncton para comer, e sem serem revelados pela luz solar, estão em maior proteção para atacar.

É como se eles vivessem em um ciclo diário de brincar de "morto-vivo" com comandos luminosos, num esquema de "desce-esconde / sobe-comer" — um comportamento tão antigo quanto os próprios oceanos e que ajuda a mover nutrientes e carbono entre diferentes profundidades.

2) Como se estuda o plâncton?

Podem ser feitas coletas em redes, sendo que a espessura da malha da rede deve ser compatível com a comunidade que se quer estudar (Figura 4 – B e C). Quando os organismos são muito pequenos ou se quer saber a densidade total de organismos, a coleta é feita em garrafas oceanográficas (como por exemplo garrafas de Niskin e Van Dorn – Figura 4 - A). Após a coleta, é feita observação por microscopia. As redes podem ser utilizadas para amostras qualitativas (descrever somente as espécies que estão presentes, sem quantificá-las) quanto quantitativas (descrever e quantificar as espécies presentes). Para quantificar as espécies, é necessário conectar um aparelho na boca da rede, chamado fluxômetro, a partir do qual é possível estimar o volume de água filtrado e assim estimar a densidade dos organismos por volume de água.

Figura 4 - A - Garrafa de Van Dorn; B - Rede cônico-cilíndrica para coleta de plâncton; C - Rede Bongô para coleta de ictioplâncton. Fotos: Leandro Coelho (A), Luiz Vianna Nonato (B) e Francisco Vicentini (C). Circulação gerada pelo vento na camada superior dos oceanos (0-1.000 m).

Fonte: Saldanha-Corrêa e Gianesella, 2021.

Imagine que lá no espaço existem como se fossem“câmeras mágicas” que conseguem ver as cores do oceano com uma superprecisão que nossos olhos não têm: os satélites! Esses satélites observam tons especiais de azul e verde (bandas espectrais entre cerca de 440-570nm) na água para descobrir quanto fitoplâncton existe ali.

Quando a água fica mais “verde”, é sinal de que tem muita clorofila, o pigmento utilizado fazer fotossíntese. Assim, os satélites conseguem até avisar quando estão acontecendo grandes florações, aquelas explosões de microalgas que deixam o mar diferente, e até mesmo de cores inusitadas, como vermelho.

No capítulo 14 “Eventos ecológicos relacionados as algas”, será explorado melhor como funciona — e por que as cores do oceano contam tantas histórias!

Atividade Sugerida

Atividade 1: Explorando Plâncton no Cifonauta

Habilidades BNCC:

- (EF04CI05); (EF07CI07); (EF07CI08); (EM13CNT203);

Público: Fundamental I (com apoio do professor), Fundamental II, Ensino Médio ou EJAI

Objetivo: reconhecer a diversidade do plâncton e diferenciá-lo em grupos.

Duração: 30 minutos

1. Acesse a site do Banco Cifonauta e busque por “plânctonico”. Disponível em: https://cifonauta.cebimar.usp.br/

2. Escolha das imagens (10 min) - Cada dupla escolhe 3 a 5 imagens de organismos planctônicos.
3. (10 min) Para cada imagem, os alunos anotam três itens:

- Nome do organismo e grupo (fitoplâncton, zooplâncton ou ictioplâncton);
- Uma curiosidade visual (cor, forma, presença de flagelos, etc.)

Fechamento (5 min)
Em roda ou quadro, cada dupla apresenta um organismo e explica por que o escolheu e a qual grupo pertence.

Atividade 2: "Qual plâncton afunda mais devagar?"
Público: Infantil, Fundamental 1 e 2, Ensino Médio e EJA
Objetivo: Mostrar que formas com maior superfície de contato com a água tendem a afundar mais devagar e discutir a importância ecológica para o plâncton.

Materiais: Um recipiente transparente fundo com água (aquário pequeno, jarra ou proveta), massinha de modelar, papel e lápis para anotar, cronômetro.
Peça aos alunos para modelarem formas equivalentes em massa (se tiver balança disponível, pese as bolinhas de massa antes de dar aos alunos), mas com formatos diferentes: Bolinha compacta (pouca superfície), estrela com muitos "braços", disco achatado, formas alongadas (agulha, cilindro), uma "aranhinha" de papel com várias perninhas, para lembrar diatomáceas com prolongamentos.
Teste de afundamento:

1. O aluno soltará cada "plâncton" do mesmo ponto e sem empurrar.
2. Cronometre o tempo até tocar o fundo e anote forma e tempo.

Discussão com os alunos:

- "Qual forma demorou mais para chegar ao fundo?" "Por quê?"
- "Parece com algo que existe no mar?"
- (Mostrar imagens de diatomáceas com espinhos, cocolitos, larvas de zooplâncton, dinoflagelados "alados", radiolários etc.)

Explique: Formas com mais perninhas, pétalas ou espinhos "seguram" mais a água ao redor, assim a água faz mais força para frear a queda, e o plâncton afunda bem devagar. Isso é ótimo para o fitoplâncton fotossintetizante, porque ele precisa ficar perto da luz, e para o zooplâncton também, porque assim ele não precisa gastar tanta energia nadando para não ir parar lá no fundo.

Recursos complementares sugeridos

-Documentário Planeta Azul (BBC), mostrando a migração noturna do plâncton https://youtu.be/bAdcJW9Lsnk
- Banco de Imagens Cifonauta - https://cifonauta.cebimar.usp.br/, com imagens e vídeos de organismos planctônicos.
- Vídeo do Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade da Universidade Federal do Rio de Janeiro sobre plâncton: Você sabe o que é o plâncton? https://www.youtube.com/watch?v=HPgtsBgN3Zc
-Vídeo do Hakai institute, sobre plâncton, em inglês: https://www.youtube.com/watch?v=yS1Rk4CMpSE
-Vídeo da bióloga marinha Tierney Thys, The secret life of plankton – ótimo para introduzir o assunto e possibilita as legendas em Português https://www.youtube.com/watch?v=xFQ_fO2D7f0.
-Vídeo da agência americana NASA(National Aeronautics and Space Administration) da Missao PACE(Ocean Color (Plankton, Aerossol, Cloud, Ocean Ecossystem) sobre o uso de imagens de Satélite – interessante para complementar o saiba mais. Possibilita o uso de legendas em Português. https://www.youtube.com/watch?v=VwVL0UBVVLA

Referências bibliográficas sugeridas

NOAA. 2025. What is vertical migration of zooplankton and why does it matter? Disponível em: https://oceanexplorer.noaa.gov/ocean-fact/vertical-migration/. Acesso em 14 de novembro de 2025.
PURCELL, E.M. 1977. Life at low Reynolds number. American Journal of Physics, v. 45, n.1, p.3-11.
SALDANHA-CORRÊA, F.; GIANESELLA, S. M. F. 2021. Plâncton marinho. In: HARARI, Joseph (org.). Noções de Oceanografia. São Paulo: Instituto Oceanográfico. E-book. Cap. 21: p. 449-470.
SCHMIEGELOW, J.M.M. 2004.O planeta azul : uma introdução às ciências marinhas. Rio de Janeiro: Interciência, 202 p.

CAPÍTULO 10 - Mamíferos Aquáticos do Brasil: Biologia, Diversidade e Coexistência

Karoline Fernanda Ferreira Agostinho[1] e Pilsen Ca'lía da Costa Peterle[2]

[1] [2] Grupo Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental

Quem são?

Os mamíferos aquáticos dividem-se em três ordens: Cetacea (baleias, botos e golfinhos), Sirenia (peixes-boi) e Carnivora (lontras, focas, leões-marinhos, etc) (Figura 1). Eles constituem um grupo diverso de espécies que, embora dependam do ar atmosférico para respirar e compartilhem características típicas dos mamíferos terrestres – como termorregulação e amamentação dos filhotes -, desenvolveram um conjunto de adaptações que lhes permite viver total ou parcialmente no ambiente aquático. Essas modificações evolutivas ocorreram ao longo de milhões de anos e incluem mudanças anatômicas, fisiológicas e comportamentais que garantem eficiência no deslocamento, alimentação e sobrevivência.

Figura 1: Diferentes grupos de mamíferos marinhos. Da esquerda para a direita: cetáceos (baleia, botos e golfinhos), sirênios (peixes-boi) e carnívoros (lontras, focas, leões-marinhos).

Fonte: Licença de uso das imagens: Canva Pro, novembro, 2025..

Entre as adaptações desse grupo, destaca-se o formato do corpo, que se tornou mais alongado e hidrodinâmico, facilitando a locomoção na água. Os membros dianteiros se tornaram nadadeiras, e a cauda passou a ter uma grande nadadeira horizontal, responsável por impulsionar o animal como um "motor". No caso dos peixes-boi, o corpo arredondado e a cauda em forma de remo facilitam a locomoção em águas rasas. Assim, as novas características obtidas permitiram que baleias, golfinhos, botos, peixes-boi e lontras-marinhas ocupassem de maneira eficiente diferentes tipos de ambientes, incluindo mares, rios e estuários.

Mesmo vivendo na água, esses animais ainda dependem do ar para respirar. Ao longo da evolução, adquiriram habilidades que garantem mergulhos prolongados, como o armazenamento de oxigênio nos músculos, a redução dos batimentos cardíacos e a distribuição prioritária do oxigênio para os órgãos essenciais. Também precisaram se adaptar à perda rápida de calor no ambiente aquático e criaram estratégias para se manter aquecidos: a gordura espessa e o metabolismo acelerado ajudam a manter a temperatura ideal, mesmo em ambientes muito diferentes. Além disso, alguns cetáceos desenvolveram a ecolocalização, um tipo de "radar" natural baseado na emissão de sons que retornam em forma de eco, ajudando a perceber obstáculos, localizar presas e reconhecer outros animais até em águas escuras.

Ciclo de Vida

Os mamíferos aquáticos possuem uma gestação prolongada, poucos filhotes e forte cuidado parental, caracterizando um ciclo de vida longo e complexo. Esses animais investem grande quantidade de energia e tempo no desenvolvimento e cuidado de cada filhote, o que aumenta suas chances de sobrevivência, mas também torna as populações mais sensíveis aos impactos humanos. O tempo de gestação varia conforme a espécie: baleias podem gestar seus filhotes por 10 a 12 meses, enquanto golfinhos e botos geralmente apresentam gestações entre 11 e 13 meses. No caso dos peixes-boi, a gestação pode chegar a 12 ou 13 meses. Isso significa que as fêmeas não se reproduzem todos os anos, o que dificulta a taxa de crescimento das populações.

Após o nascimento, os filhotes são amamentados com um leite rico em gordura e nutrientes. Enquanto acompanham a mãe, os filhotes aprendem comportamentos essenciais, como rotas migratórias, técnicas de alimentação, reconhecimento de ameaças e formas de comunicação. Em espécies que vivem em grupo, como os golfinhos, é comum que outros membros também participem dos cuidados, fortalecendo os laços sociais.

Outro aspecto importante do ciclo de vida é a migração. Muitas baleias passam parte do ano em águas frias e ricas em alimento, como no Alasca e na Antártica, onde se alimentam principalmente de pequenos crustáceos denominados krill. Após esse período, viajam milhares de quilômetros até áreas tropicais e subtropicais para se reproduzir e amamentar, como ocorre na costa brasileira, que todos os anos recebe números cada vez mais crescentes de fêmeas e filhotes. Nessas regiões mais quentes, os filhotes recém-nascidos perdem menos calor, o que facilita o desenvolvimento inicial.

Papel Ecológico e Conservação

O conjunto de características dos mamíferos aquáticos os torna mais vulneráveis às ameaças humanas e mostra por que sua conservação precisa ser contínua e de longo prazo. No Brasil, diversos projetos atuam na proteção dessas espécies por meio de pesquisas, monitoramento e ações educativas. Entre eles estão o Projeto Baleia Jubarte, que monitora encalhes e promove turismo responsável junto às agências; o Projeto Toninhas, voltado à espécie mais ameaçada do Atlântico Sul Ocidental; o Projeto Peixe-Boi marinho que reabilita

e reintroduz indivíduos; e o Projeto Golfinho-Rotador, que estuda comportamentos e regula atividades turísticas. Juntos, esses e outros projetos, reforçam a importância da conservação integrada.

Diante da importância desses animais para o equilíbrio dos ecossistemas marinhos, é essencial compreender as funções que eles desempenham na natureza. Espécies como as toninhas (*Pontoporia blainvillei*) e o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) ocupam o topo da cadeia alimentar e ajudam a controlar populações de peixes, lulas e outros organismos. As baleias contribuem para a ciclagem de nutrientes ao movimentar grandes volumes de água e trazendo nutrientes das camadas profundas para a superfície, favorecendo a produtividade do oceano. Além disso, muitos mamíferos aquáticos atuam como indicadores da saúde marinha, pois acumulam em seus tecidos substâncias presentes no ambiente e respondem rapidamente a mudanças na qualidade da água, na disponibilidade de alimento e nos níveis de poluição.

A conservação dos mamíferos aquáticos está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e à Agenda 2030, principalmente porque esses animais dependem de ambientes marinhos saudáveis para sobreviver e exercem funções essenciais no equilíbrio dos ecossistemas. O ODS 14 (Vida na Água) é o que mais se aplica nesse caso, pois aborda a necessidade de proteger a biodiversidade marinha, reduzir a poluição, combater a pesca predatória, minimizar a captura acidental e ampliar áreas marinhas protegidas. Todas essas ações influenciam a sobrevivência das baleias, golfinhos, toninhas, lontras-marinhas e dos peixes-boi. Além desse ODS, também se relacionam com a proteção desses animais:

- ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima): as mudanças climáticas podem alterar rotas migratórias, disponibilidade de presas, temperatura da água e a qualidade dos habitats reprodutivos e de alimentação;
- ODS 6 (Água Potável e Saneamento): contribui para a redução do despejo de esgoto e poluentes em rios, estuários e zonas costeiras, beneficiando diretamente espécies que vivem próximas a áreas urbanas, como o boto-cinza;
- ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis): aborda a produção excessiva de resíduos que representa uma ameaça séria para esses animais, que podem se enroscar em lixo ou ingerir objetos descartados no oceano;
- ODS 15 (Vida Terrestre): protege manguezais, restingas e áreas ribeirinhas, ambientes que têm ligação direta com a saúde dos ecossistemas costeiros e influenciam a disponibilidade de alimento e abrigo para muitas espécies aquáticas; e,
- ODS 17 (Parcerias e Meios de Implementação): reforça a importância de iniciativas colaborativas para a conservação.

Assim, ao estarem contemplados em cinco dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, a proteção dos mamíferos aquáticos representa um avanço simultâneo em várias metas globais, mostrando que conservar essas espécies significa cuidar também da saúde dos oceanos e do bem-estar das comunidades que dependem deles.

Espécies mais frequentes do litoral brasileiro

O litoral brasileiro abriga uma das maiores diversidades de mamíferos aquáticos do mundo, resultado da ampla extensão costeira, da variedade de habitats e da influência de diferentes massas de água. Ao todo, mais de 50 espécies marinhas ocorrem no país, distribuídas entre três ordens: Cetacea, Sirenia e Carnivora.

Os cetáceos constituem o grupo mais numeroso, com cerca de 45 espécies registradas no litoral brasileiro. Essa diversidade inclui animais costeiros, oceânicos e migratórios, variando desde pequenos golfinhos até as maiores espécies do planeta. Entre os representantes mais conhecidos estão:

- Baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*): está anualmente na costa brasileira para reprodução e cuidado dos filhotes, especialmente na região do Banco de Abrolhos, Bahia e no Espírito Santo.
- Baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*): utiliza áreas do Sul do país como berçário, sendo frequentemente observada no inverno.
- Baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) e outras baleias rorquais: aparecem ocasionalmente, mas são importantes indicadoras da saúde dos ambientes oceânicos.
- Golfinho-rotador (*Stenella longirostris*), golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) e golfinho-comum (*Delphinus* sp.): comuns em águas tropicais e subtropicais, conhecidos por seus saltos e comportamento ativo.
- Boto-cinza (*Sotalia guianensis*): espécie costeira que ocupa estuários, manguezais e baías, convivendo de perto com comunidades humanas.
- Toninha (*Pontoporia blainvillei*): um pequeno cetáceo costeiro típico do Sudeste e Sul, classificado como ameaçado devido à captura acidental.
- Orca (*Orcinus orca*): predador de topo, registrada em todo o país, embora com maior frequência em águas mais frias do Sul.

Já a ordem Sirenia é representada por uma única espécie marinha no Brasil: o peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*). Considerado um dos mamíferos aquáticos mais ameaçados do país, ocorre principalmente no Norte e Nordeste, onde habita estuários, manguezais, lagoas costeiras e regiões abrigadas com abundância de vegetação aquática. Sua presença indica ambientes saudáveis e bem conservados.

Por fim, entre os mamíferos marinhos da ordem Carnivora, destacam-se os pinípedes, que visitam a costa brasileira de forma sazonal, além de uma espécie de lontra que ocorre em ambientes estuarinos:

- Leão-marinho-do-sul (*Otaria flavescens*): frequente no Sul, observado em costões rochosos e ilhas.
- Lobo-marinho-subantártico (*Arctocephalus tropicalis*): aparece principalmente por meio de indivíduos errantes vindos de regiões subantárticas.
- Lobo-marinho-antártico (*Arctocephalus gazella*) e lobo-marinho-sul-americano (*Arctocephalus australis)*: registrados esporadicamente ao longo da costa.
- Lontra-neotropical (*Lontra longicaudis*): habita rios e estuários costeiros, demonstran-

do a conexão entre ambientes terrestres e marinhos.

Interações e coexistência humano-fauna no ambiente marinho

As interações entre mamíferos aquáticos e seres humanos ao longo do litoral brasileiro são diversas e refletem tanto relações históricas de proximidade e conhecimento quanto tensões contemporâneas associadas à intensificação das atividades costeiras. Em muitas regiões, especialmente onde atuam pescadores artesanais, marisqueiras, comunidades ribeirinhas e povos indígenas, a convivência com golfinhos, baleias e peixes-boi faz parte de um repertório tradicional de observação do ambiente. Esses grupos identificam padrões de comportamento, rotas, épocas de passagem e até sinais que indicam a presença de cardumes ou mudanças climáticas locais. Pesquisas recentes mostram que esse conhecimento ecológico local funciona como uma ferramenta complementar à ciência, contribuindo para o monitoramento de espécies, o registro de avistamentos, o entendimento de áreas de uso e, em alguns contextos, orientando práticas de pesca menos impactantes.

Em algumas comunidades, especialmente em regiões estuarinas, há relatos de interações colaborativas em que golfinhos sinalizam ou conduzem cardumes, permitindo que pescadores lançam suas redes no momento mais oportuno. Nessa relação, os botos se beneficiam ao capturar peixes que escapam das redes, reduzindo o gasto energético na obtenção de alimento. Essas interações não são apenas ecológicas, mas também socioculturais: estruturam formas de trabalho, saberes transmitidos entre gerações e modos de leitura da paisagem marinha. Assim, coexistência, cooperação e cuidado se combinam, mostrando que nem toda interação entre humanos e mamíferos aquáticos é marcada pelo conflito.

Ao mesmo tempo, a história dessa convivência revela grandes transformações. As baleias, por exemplo, foram por muito tempo alvo de caça comercial no Brasil, especialmente no período colonial. O óleo de baleia iluminou cidades, impermeabilizou construções e moveu uma economia que dependia diretamente da morte desses animais. Com a proibição da caça e a criação de políticas de proteção, várias populações, em especial as de baleia-jubarte, começaram a se recuperar. Essa recuperação permitiu que novos usos surgissem, particularmente o turismo de observação. Hoje, a observação de baleias e golfinhos representa uma alternativa econômica importante em diversas regiões, gerando renda, fortalecendo ações de pesquisa e ampliando o engajamento público na conservação. A transição entre caça e observação configura uma mudança significativa: de um uso letal para um uso que valoriza o animal vivo e o coloca como protagonista de experiências educativas e culturais.

Contudo, essa atividade não está isenta de desafios. Em locais onde o turismo cresce sem regulamentação adequada, embarcações podem se aproximar demais, interferir em comportamentos, gerar estresse e aumentar o risco de colisões. Os conflitos mais intensos ocorrem em áreas onde o uso humano do ambiente costeiro se expande rapidamente.

A captura incidental (quando animais ficam presos acidentalmente em redes de pesca) é uma das principais causas de mortalidade de cetáceos no Brasil, afetando de forma crítica espécies como a toninha e o boto-cinza. Esses eventos não prejudicam apenas a fauna: também impactam pescadores, que sofrem perdas financeiras, danos às redes e enfrentam uma redução contínua dos estoques pesqueiros. A sobreposição entre áreas de pesca e habitats de mamíferos marinhos cria tensões que exigem soluções construídas conjuntamente entre ciência, políticas públicas e comunidades locais.

Outras pressões incluem a degradação da qualidade da água, o lançamento de esgoto e resíduos, a ingestão de plástico e o aumento do ruído submarino proveniente de navios, exploração de petróleo e tráfego turístico. Para espécies que dependem da ecolocalização, como muitos golfinhos e baleias, o ruído interfere diretamente na comunicação, na navegação e até na capacidade de encontrar alimento. Em áreas urbanizadas, o boto-cinza sofre especialmente com essa combinação de pressões, o que pode afetar sua saúde fisiológica, taxa reprodutiva e longevidade.

Todas essas interações mostram que a coexistência entre humanos e mamíferos aquáticos é dinâmica, construída historicamente e profundamente conectada às transformações sociais, econômicas e ambientais do país. Compreender essa complexidade é essencial para promover práticas educativas que valorizem tanto o conhecimento científico quanto o saber tradicional, fortalecendo abordagens de conservação baseadas no diálogo, na justiça socioambiental e no uso sustentável dos ambientes costeiros.

Saiba Mais

- As baleias-jubarte e as baleias-francas, avistadas no litoral brasileiro, não possuem dentes: elas possuem barbatanas e se alimentam por um processo chamado “alimentação por filtração”. As barbatanas se assemelham a cerdas, permitindo que essas baleias expulsem a água que entram na boca junto com o alimento, retendo apenas as presas ali dentro.
- Os peixes-boi passam até 8 horas por dia se alimentando. Sua principal dieta consiste em grandes quantidades de capins marinhos, por isso são conhecidos como os “jardineiros aquáticos”, pois ajudam a manter os leitos ricos em vegetação sempre podados e saudáveis.
- As lontras-marinhas são capazes de utilizar “ferramentas” para quebrar a carapaça de alguns mariscos: de barriga para cima e enquanto flutuam, elas colocam uma pedra sobre o peito e esmagam a presa até que a concha se abra.
- A orca não é uma baleia, e sim o maior golfinho do mundo: apesar de ser popularmente chamada de “baleia-assassina”, a orca pertence também à família Delphinidae, compartilhando características típicas dos golfinhos, como dentes, comportamento altamente social e comunicação sofisticada.

Atividade Sugerida

Atividade 1

Habilidades BNCC: EF02CI04, EF03CI05 e EF03CI06, que envolvem a descrição das características, fases do ciclo de vida e comparação dos animais, comparação.

Público: Pode ser aplicado para todos os públicos, mas atende mais a educação infantil, e ensino fundamental 1 e 2.

Jogo da memória dos mamíferos aquáticos

Objetivo: Ajudar os alunos a reconhecerem os principais grupos de mamíferos aquáticos.

Material necessário para a criação do jogo da memória:

- Cartas com imagens de espécies de **cetáceos, sirênios, carnívoros** e;
- Cartas correspondentes com o **nome do animal** e uma **característica dele.**
- Todas impressas e recortadas.

Como jogar:

1. Misture todas as cartas e coloque-as viradas para baixo.
2. Cada jogador, na sua vez, vira duas cartas.
3. O objetivo é encontrar pares que relacionam o animal à sua característica.
4. Ganha quem fizer mais pares ao final.

Atividade 2:

Habilidades BNCC: EF02CI04, EF03CI05, EF03CI06 que envolvem a observação de características, a compreensão entre os seres vivos e os ambientes e auxilia no desenvolvimento de práticas investigativas simples.

Público: Ensino Fundamental 1 e 2.

“A digital das baleias?”

Objetivo: Ensinar aos alunos que as baleias podem ser identificadas individualmente por suas caudas, assim como os humanos são identificados pelas impressões digitais. Nas baleias, cada marca, mancha, cicatriz e padrão é único. Dito isso, os alunos deverão criar seus próprios padrões na cauda de baleia que será distribuída pelo professor. Depois de cada um caracterizar “sua própria cauda”, deverá tentar identificar as caudas criadas pelos colegas, simulando o trabalho científico de fotoidentificação.

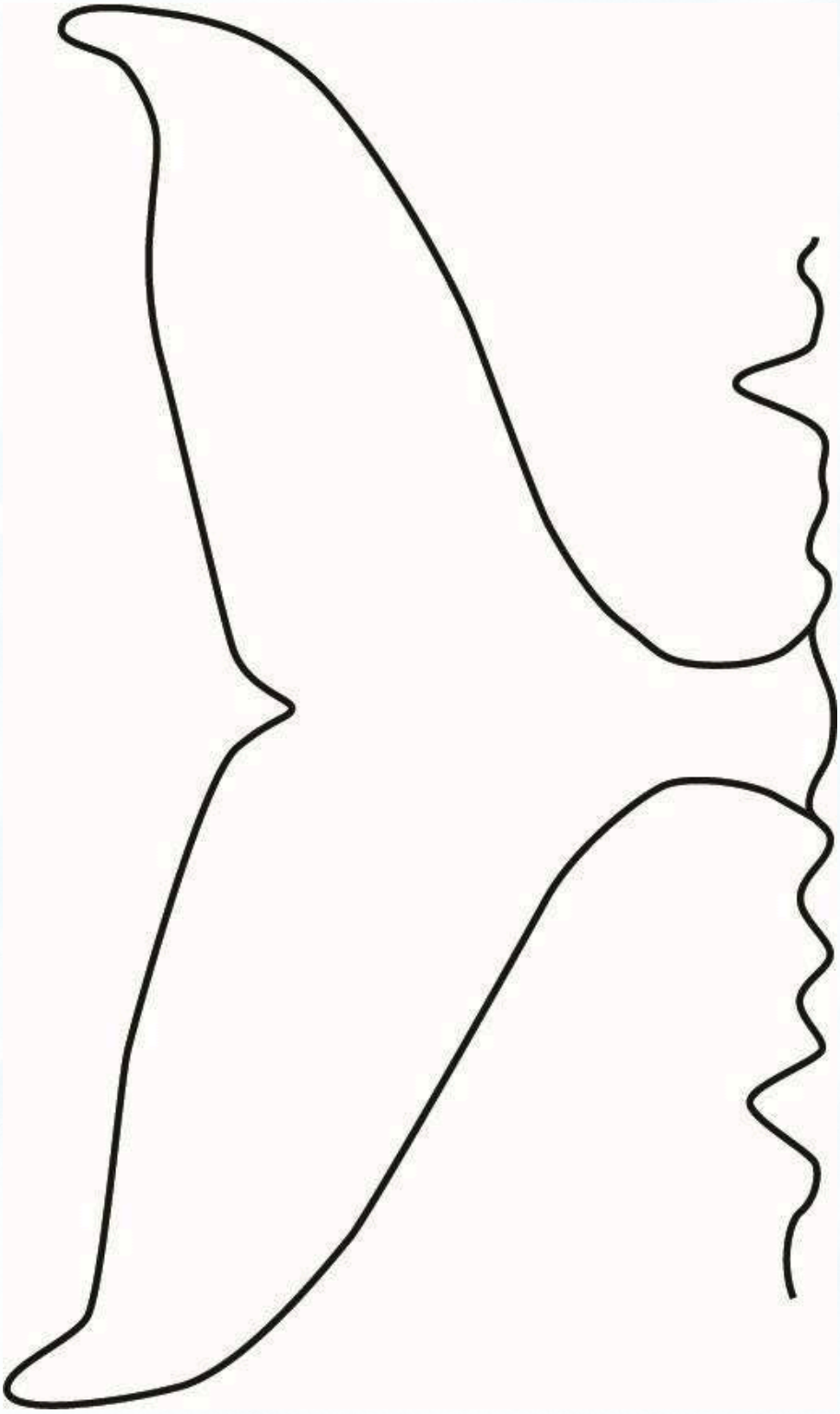
Material necessário:

- Moldes de caudas impressos (pode ser encontrado no CANVA e na internet);
- Lápis, giz de cera, tinta guache ou canetinhas;
- Um mural ou quadro para exposição.

Como jogar:

- O professor imprime modelos de caudas (contornos vazios);
- Cada aluno recebe um molde e coloca seu nome escondido no verso da folha;
- O professor mostra fotos de caudas reais e explica o porquê de cada padrão ser único;

- Os alunos irão criar o “padrão” da sua baleia usando tinta, lápis ou outros materiais (é importante reforçar que não pode copiar a do colega);
- O professor junta todas as caudas e prende no mural como se fosse um catálogo de fotoidentificação usado por pesquisadores e os colegas devem tentar adivinhar qual cauda corresponde aos demais colegas de acordo com os padrões e o que eles conhecem uns dos outros.



Recursos complementares sugeridos

Material e-books e vídeos sobre mamíferos aquáticos – https://www.ecologiahumana.info/para-professores
Podcast sobre mamíferos aquáticos – https://www.youtube.com/@mamiferosaquaticos

Referências bibliográficas sugeridas

Attademo, F. L. N. et al. (Orgs.). Guia de Itens Alimentares de Peixe-Boi-Marinho. Brasília: ICMBio, 2022. 68 p. Disponível em: < Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/mamiferos aquaticos/publicacoes/GuiadeItensAlimentaresdePeixeBoiMarinhopublicaodigital_compressed.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

BERTA, Annalisa; SUMICH, James L.; KOVACS, Kit M. Marine mammals: evolutionary biology. Elsevier, 2015.

DAVIS, Randall W.; THOMSON, D. H. Marine mammals. Springer International Publishing, 2019.

Fundação Mamíferos Aquáticos. Quem são os mamíferos aquáticos? Disponível em: https://mamiferosaquaticos.org.br/blog/quemsaoosmamiferosaquaticos. Acesso em: 15 nov. 2025.

Instituto Mamíferos Aquáticos. Home. Disponível em: https://mamiferosaquaticos.org/. Acesso em: 15 nov. 2025.

JEFFERSON, Thomas Allen; WEBBER, Marc A.; PITMAN, Robert L. Marine mammals of the world: a comprehensive guide to their identification. Elsevier, 2011.

MONTEIRO-FILHO, E. L. A. et al. Guia ilustrado de mamíferos marinhos do Brasil. Instituto de pesquisa Cananéia (IPeC). 106f, v. 1, 2013.

National Geographic Brasil. Lontras. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/lontras. Acesso em: 15 nov. 2025.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Marine mammals. Disponível em: https://www.noaa.gov/education/resource-collections/marine-life/marine-mammals. Acesso em: 15 nov. 2025.

Natural History Museum. Baleen whales & filter feeding explained. Disponível em: https://www.nhm.ac.uk/discover/baleen-whales-filter-feeding-explained.html. Acesso em: 15 nov. 2025.

ROMAN, Joe et al. Whales as marine ecosystem engineers. Frontiers in Ecology and the Environment, v. 12, n. 7, p. 377-385, 2014.

SICILIANO, Salvatore; ALVES, Vinícius C.; HACON, Sandra. Aves e mamíferos marinhos como sentinelas ecológicas da saúde ambiental: uma revisão do conhecimento brasileiro. Cad. saúde colet.,(Rio J.), p. 927-946, 2005.

WÜRSIG, Bernd; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, Kit M. (Ed.). Encyclopedia of marine mammals. Academic Press, 2017.

CAPÍTULO 11 - Macroalgas e microalgas marinhas

Izabela Balinhas[1], Mariana Magnago Alves[2], Danilo Camargo-Santos[3], Stéfano Zorzal-Almeida[4]

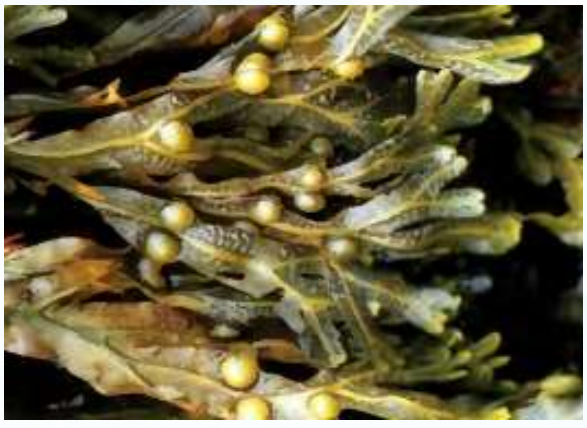
[1] Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo
[2] Laboratório de Ecologia e Biodiversidade de Microprodutores Aquáticos LEBIOMA/UFES. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera-Continente-Oceano ESOLAB/UFES
[3] Professor de Biologia da rede pública estadual de ensino do Espírito Santo
[4] Professor Adjunto no Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo

As algas marinhas são organismos fotossintetizantes que vivem em ambientes costeiros e oceânicos. Elas são fundamentais para a vida na Terra, pois produzem grande parte do oxigênio que respiramos, regulam o gás carbônico atmosférico ao produzir biomassa viva e a transportam para áreas mais profundas, e são a base das cadeias alimentares aquáticas, sustentando grande parte do equilíbrio ecológico dos oceanos. Podemos dividir as algas em microalgas e macroalgas.

1. Macroalgas marinhas

As macroalgas são organismos fotossintetizantes pluricelulares, encontrados principalmente em costões rochosos, recifes e zonas litorâneas. Ao contrário das plantas terrestres, não possuem raízes, caules e folhas verdadeiros, mas estruturas equivalentes adaptadas ao ambiente marinho. Além disso, formam outras estruturas adaptadas ao mar, como vesículas de ar para flutuar (Figura 1), talos flexíveis que resistem ao movimento das ondas e fixação firme ao substrato. Microalgas têm estratégias como flutuabilidade regulada, formação de mucilagem protetora e cistos de resistência para sobreviver a condições adversas. Os cistos se formam sob condições estressantes e podem permanecer em sedimentos por anos, germinando quando as condições ambientais melhoram.

Figura 1: Vesícula de ar em alga parda. Quando submersas, as vesículas de ar fazem com que as algas se mantenham próximas a luz.



Fonte: Raven *et al.,* 1996.

As macroalgas formam habitats essenciais, criam abrigo para inúmeras espécies e contribuem significativamente para a produtividade dos ecossistemas costeiros.

Apesar da variedade de formas, as macroalgas apresentam uma organização básica chamado talo, que corresponde ao corpo inteiro da alga. O talo é composto por:

- Rizóide: fixa a alga ao substrato, mas diferente de uma raiz, ela não absorve nutrientes;
- Estipe: eixo de sustentação (como um "caule" funcional, mas não verdadeiro);
- Lâmina (ou fronde): região onde ocorre a fotossíntese.

Estes organismos variam de milímetros até verdadeiros gigantes marinhos. Um exemplo são as kelps pardas (*Macrocystis pyrifera*) que podem atingir 60 metros, sendo consideradas as maiores algas do mundo (Figuras 2 e 3).

Figura 2: À esquerda: Estrutura de uma macroalga (fronda, lâminas, estipe e rizoides). 2023. CONNECTAS. Infográfico. Disponível em: https://www.connectas.org/especiales/bosques-marinos-chile-peru/chile-prg.html. Acesso em: 17 nov. 2025. À direita: Detalhe da alga parda Laminaria, mostrando apressórios, estirpes e bases de várias frondes.

Fonte: Raven *et al.* 1996.

Figura 3: Kelps (Macrocystis pyrifera) – fotografia em ambiente marinho. s.d. Fotografia. Disponível em: https://www.jungledragon.com/specie/4590/giant_kelp.html. Acesso em: 17 nov. 2025..

Fonte: Raven *et al.* 1996.

As macroalgas vivem fixas em substratos como rochas, corais, conchas, sendo por isso denominadas bentônicas. A cor dessas algas está diretamente relacionada aos pigmentos presentes nos seus cloroplastos, que determinam como elas captam a luz para realizar fotossíntese e sua distribuição. Elas são divididas em filos, de acordo com seus pigmentos principais:

- Chlorophyta (algas verdes): possuem clorofila a e b como pigmentos dominantes, além de carotenoides.
- Phaeophyceae (algas pardas): possuem clorofila a, clorofila c e o carotenoide fucoxantina, que confere a coloração parda.
- Rhodophyta (algas vermelhas): possuem clorofila a e pigmentos acessórios do grupo das ficobilinas (principalmente ficoeritrina e ficocianina), que ampliam a captação de luz em ambientes mais profundos.

Nas algas marinhas, os carotenoides têm um papel muito mais importante do que nas plantas terrestres. Isso acontece porque há perda de luz à medida que aumenta a profundidade nos ecossistemas aquáticos, alterando o espectro disponível para fotossíntese. As algas marinhas possuem uma grande diversidade de carotenoides exclusivos, ausentes nas plantas superiores. Os pigmentos não apenas ajudam a captar luz em um ambiente aonde ela chega mais fraca e alterada, mas também atuam na fotoproteção, evitando danos quando há excesso de luz.

Porém, a distribuição das macroalgas pelo oceano não depende só dos espectros de absorção de luz característicos referentes aos pigmentos presentes nas algas (que dão a cor que vemos). Pelo menos não como se acreditava no passado, com as algas verdes sendo dominantes em ambientes rasos, pardas em intermediários e vermelhas em profundos. Na verdade, os lugares onde cada tipo de alga vive e porque vivem, ou seja, sua biogeografia, são resultado de vários fatores ambientais que atuam juntos:

- A temperatura - fator chave. Elas podem sobreviver desde temperaturas próximas ao congelamento, em torno de –1,5 °C, até valores elevados, como 28 °C. Porém, o limite superior de tolerância térmica é difícil de definir, porque depende de outras condições ambientais, como a disponibilidade de nutrientes, e varia de espécie para espécie.
- Com o avanço das mudanças climáticas, a biogeografia das algas tende a mudar, e prever essa distribuição se tornará um desafio crescente. Há estimativas indicando que um aumento de apenas 1 °C na temperatura da água pode levar até 77 espécies de macroalgas ao declínio. Da mesma forma, eventos extremos de temperatura, como as ondas de calor marinhas, podem passar a controlar e limitar a distribuição de muitas algas marinhas.
- O oceano, no entanto, é um ambiente complexo. Mesmo em regiões tropicais, como o Brasil, é possível encontrar Laminaria, um gênero típico de águas frias, devido ao fenômeno da ressurgência, que traz águas profundas e frias para a superfície.
- A quantidade total de luz, e não só o qual o espectro que chega até a alga.
- A profundidade;
- A hidrodinâmica: locais com ondas fortes favorecem algas mais flexíveis, com estruturas que resistem ao impacto e com boa fixação no substrato.
- Costões expostos ao mar e áreas calmas abrigam espécies diferentes.
- A competição entre elas: algumas algas crescem rápido e ocupam espaço primeiro; outras crescem devagar, mas são mais resistentes.
- Herbivoria (consumo das algas por peixes, ouriços e outros animais). Os herbívoros moldam profundamente quais algas conseguem se estabelecer. Isso influencia tanto a distribuição vertical (profundidade) quanto horizontal (regiões):
    - Em locais com muitos herbívoros → dominam algas pequenas e resistentes.
    - Em locais com poucos herbívoros → algas grandes podem formar “florestas submarinas”.
- A forma funcional ajuda a explicar por que certas algas vivem em certos ambientes. A “arquitetura” da alga, ou seja, sua forma e tamanho, determina:
- como ela absorve luz,
- como recebe nutrientes,
- como tolera ondas.

A biogeografia está mudando muito por causa de ferramentas moleculares. Isso significa que a distribuição global das algas ainda está sendo revista. Muitas espécies antes consideradas “de uma região” se mostraram distribuídas em áreas bem maiores. Outros grupos que pareciam iguais se revelaram espécies diferentes — com distribuições distintas.

Figura 4: Algas, da esquerda para direita: alga verde (Ulva/Enteromorpha), alga parda (Padina sp.), ambas fotos de Alvaro E. Migoto, do Banco de imagens de biologia marinha cifonauta. À direita, alga vermelha. Disponível em: https://www.bioicos.org.br/post/algas-marinhas-diversidade.

- As macroalgas têm diferentes jeitos de se reproduzir, e muitas delas passam por fases diferentes ao longo da vida, quase como "formas" distintas do mesmo organismo. Essas mudanças ajudam as algas a sobreviverem melhor as mudanças ambientais, variar geneticamente e colonizar vários lugares no ambiente marinho.
- Em algumas algas pardas, o adulto tem duas cópias de um conjunto completo de cromossomos (fase diploide) e produz gametas com apenas uma cópia (fase **haploide).**
- Em algumas algas verdes, acontece o contrário: o adulto é haploide e a única fase com duas cópias (diploide) é o zigoto, formado após a fecundação.
- Nas algas vermelhas, o ciclo é mais complexo e tem três fases, com duas delas sendo diploides e uma haploide, cada uma com uma função específica no processo reprodutivo.

As macroalgas desempenham um papel ecológico fundamental nos ambientes costeiros, atuando como engenheiras de ecossistema, pois muitas espécies formam estruturas que servem como abrigo, área de reprodução e fonte de alimento para diversos organismos. Como as florestas de kelp, que sustentam comunidades de peixes, ouriços e crustáceos, e os sargaços flutuantes, que criam refúgios essenciais para peixes jovens, tartarugas e invertebrados. Além disso, as macroalgas são importantes produtoras primárias, convertendo a energia luminosa em biomassa, sustentando redes tróficas dos ambientes marinhos. Elas também participam ativamente do ciclo de nutrientes, contribuindo para a fixação de carbono e de nitrogênio, e auxiliando no sequestro de CO_2, o que ajuda a mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

2. Microalgas marinhas

As microalgas são organismos fotossintetizantes microscópicos que vivem em ambientes aquáticos, variando de 0,2 µm a alguns milímetros, dependendo do grupo. Possuem

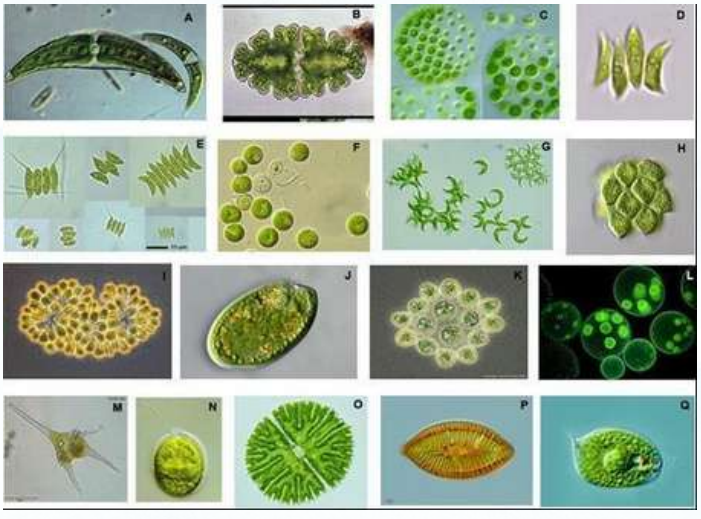
diversos formatos, desde esféricas, elípticas, cilíndricas e até ser espiraladas. Podem ser unicelulares de vida livre ou formar colônias de células agrupadas ou filamentosas, com células alongadas e unidas, o que influencia sua flutuação, capacidade de dispersão e interação ecológica.

As microalgas possuem organelas responsáveis por realizar a fotossíntese, os cloroplastos, neles são armazenados os pigmentos fotossintéticos que são responsáveis por captar energia luminosa. Esses organismos também possuem organelas que armazenam substâncias de reserva, os pirenoides e podem apresentar flagelos responsáveis pela locomoção.

Quanto as fases de vida, as microalgas predominam na fase vegetativa (células ativas na coluna d'água), e muitas espécies alternam entre fases móveis (flageladas) e fases imóveis, podendo formar cistos de resistência ou mesmo viver em simbiose, como por exemplo as zooxantelas dos corais, microalgas que se abrigam dentro das células dos corais. Podem realizar reprodução assexuada, sendo a forma de reprodução predominante, mas realizam também reprodução sexuada que garante a variabilidade genética.

As microalgas (Figura 5) ocupam diferentes nichos aquáticos, podendo viver suspensas na coluna d'água (fitoplâncton) ou aderidas a substratos como rochas, plantas aquáticas e sedimentos (perifíton). Dentre os principais representantes das microalgas, temos as diatomáceas (Bacillariophyta), conhecidas como "algas douradas", um grupo caracterizado por possuir frústulas ornamentadas impregnadas por sílica. Outro grupo muito comum nos ambientes marinhos são os Dinoflagelados (Dinophyta) que possuem placas rígidas de celulose, dois flagelos e podem ser bioluminescentes. Também existem as "algas verdes", as Clorófitas (Chlorophyta) que possuem grande diversidade morfológica. E por fim, as Cianobactérias que são procariontes e vivem em formas coloniais ou em filamentos.

Figura 5: Diversidade de microalgas. Closterium spp. (A), Euastrum spp. (B), Pleodorina spp. (C), Scenedesmus acutus (D), Scenedesmus spp (E), Chlorella spp. (F), Selenastrum spp (G), Pyrobotrys spp. (H), Synura spp. (I), Cryptomonas spp. (J), Gonium spp. (K), Volvox spp. (L), Ceratium spp. (M), Chlamydomonas spp. (N), Micrasterias spp. (O), Surirella spp. (P), Phacus spp (Q).



Fonte: PEREZ *et al.* 2017.

No oceano, as microalgas são a base da cadeia alimentar marinha, além de desempenhar um papel fundamental na produção de oxigênio e no ciclo global do carbono, e respondem rapidamente às mudanças ambientais, funcionando como bioindicadoras de qualidade ambiental. Aproximadamente 50% do O_2 liberado na atmosfera vem de microalgas oceânicas, sendo consideradas os maiores produtores primários do planeta, superando florestas terrestres. As microalgas desempenham papel central no ciclo do Carbono, elas capturam CO_2 da atmosfera e transformam em biomassa, que é consumido ou transferido ao longo das cadeias alimentares. Sem microalgas, a atmosfera teria níveis muito maiores de CO_2.

Saiba Mais

As invasões biológicas ocorrem quando uma espécie não nativa é introduzida em um novo ambiente, consegue se estabelecer e causa impactos ecológicos mensuráveis. Um dos casos mais emblemáticos no ambiente marinho envolve a macroalga Caulerpa taxifolia, cuja cepa invasora no Mediterrâneo — provavelmente derivada de linhagens usadas em aquários — mostrou resistência incomum ao frio. Detectada inicialmente em 1984 como uma mancha de apenas 1 m², espalhou-se rapidamente, alcançando até 2.000 ha em menos de uma década, reduzindo a diversidade de algas e alterando processos físicos, químicos e ecológicos do ambiente. Parte de seu sucesso invasor está associada à produção de compostos alelopáticos que inibem herbívoros e o crescimento de outras espécies, fenômeno também registrado em macroalgas marinhas. Outro exemplo relevante em ambientes continentais é a expansão de *Ceratium furcoides*, um dinoflagelado invasor que rapidamente se disseminou em reservatórios brasileiros, modificando a estrutura da comunidade fitoplanctônica e substituindo espécies nativas. Seu sucesso está relacionado à alta plasticidade ecológica, capacidade de formar cistos resistentes e manter populações mesmo sob condições ambientais desfavoráveis, alterando processos ecológicos e exigindo monitoramento contínuo.

Atividade Sugerida

Atividade 1 - Conhecendo as macroalgas

Habilidades BNCC:

- (EI02ET03); (EF02CI04); (EF02CI05); (EF02CI06); (EF08CI07); (EF03GE09);

Público: Ensino Médio e EJAI

Objetivo: Introduzir os estudantes à diversidade morfológica das macroalgas, promovendo a observação e descrição de suas características estruturais de forma responsável e sem impacto ambiental.

Pode ser promovido um passeio na praia e coleta de variedades de algas. O educador deve incentivar a coleta das algas arribadas (já soltas, não arrancar de ambiente natural) a fim de evitar impactos ambientais. Alternativamente o professor pode levar o material previamente coletado para a sala de aula, se não for possível levar os alunos até o ambiente natural, ou utilizar alga desidratada comprada em mercado (reidratando por uns minutos em água morna) ou mesmo projetar a imagem das algas na parede e pedir aos alunos para descreverem e identificar as partes com post its.

Pode ser utilizado o aplicativo Google lens ou similar para tentar identificar as algas, desde que com cautela e explicando os possíveis enganos, que são apoio e não substituem a morfologia observada.

Pedir aos alunos para descreverem as algas quanto a cor (grupo provável), formato e partes dos talos (fixação, haste, lâmina), textura, ramificação (divisões das hastes) e estruturas especiais (ex.: “boias de ar”).

Caso as algas sejam coletadas, pode ser feita prensagem simples (herbário escolar): lâmina de alga entre papéis absorventes, peso sobre elas por 48–72 h; colar e rotular (grupo, local, data), podendo ser posteriormente aproveitado em feiras de ciências.

Atividade 2 - Conhecendo as microalgas

Habilidades BNCC:

- (EI02ET03); (EF02CI04); (EF02CI05); (EF02CI06); (EF08CI07); (EF03GE09);

Público: Fundamental 1 e 2, Ensino Médio e EJAI

Objetivo: Apresentar aos estudantes a diversidade e morfologia das microalgas por meio de observação microscópica ou recursos digitais interativos, desenvolvendo habilidades de identificação e compreensão de sua importância ecológica.

Para microalgas, se possível o uso de microscópio e amostra de água, caso não seja possível, dar acesso ao site do NASA PACE, onde os alunos poderão explorar algas, informações sobre elas e imagens em microscopia. Apesar do site ser em inglês, dá para utilizar a tradução online. https://pace.oceansciences.org/phytopia.htm. No site há um tutorial de como utilizá-lo, que deve ser apresentado aos alunos caso o recurso for utilizado: https://pace.oceansciences.org/phyto/phytopia-tutorial.htm. No site há várias ferramentas interativas, em que é possível por exemplo visualizar um organismo fitoplanctônico em variados tamanhos de aumento em microscopia.

Recursos complementares sugeridos

Vídeo sobre rodolitos da USP
https://www.youtube.com/watch?v=IgtRY9ejVEI
Algas: plantas ou não? O que elas têm haver com os sushis?
https://www.youtube.com/watch?v=EgN6nWmKHko

Banco de Imagens Cifonauta para acesso a imagens de microalgas e macroalgas
https://cifonauta.cebimar.usp.br/taxa/

Referências bibliográficas sugeridas

CATRIONA,L.H.; HARISSON, P.J.; BISCHOF, H.; LOBBAN, C.S. 2015. Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge University Press.

FU, Jian; ZHOU, Jie; ZHOU, Jing; ZHANG, Yan; LIU, Ling. Competitive effects of the macroalga Caulerpa taxifolia on key physiological processes in the scleractinian coral Turbinaria peltata under thermal stress. PeerJ, v. 11, e16646, 2023. DOI: 10.7717/peerj.16646.

PEREZ, Débora. Algas, helechos y plantas vasculares acuáticas en estudios de contaminación ambiental y ecotoxicología. 2017. ISBN 978-987-544-756-1.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S. 1996. Biologia vegetal. Guanabara e Koogan, 5a. Edição.

SALDANHA-CORRÊA, F.; GIANESELLA, S. M. F. 2021. Plâncton marinho. In: HARARI, Joseph (org.). Noções de Oceanografia. São Paulo: Instituto Oceanográfico. E-book. Cap. 21: p. 449-470.

SANT'ANNA, Celia Leite; MARTINS, Sarita Costa Marinho; BARBOSA, Henrique Miranda; BITTENCOURT-OLIVEIRA, Maria do Carmo; TESKE, Claudia; CARVALHO, Maria do Carmo Pereira de. Ceratium furcoides (Levander) Langhans (Dinophyceae) como espécie invasora em corpos d'água continentais do Brasil. Acta Botanica Brasilica, v. 22, n. 2, p. 459–465, 2008.

SANTINI-BELLAN, D.; ARNAUD, P.M.; BELLAN, G., VELARQUE, M. A influência da alga tropical introduzida Caulerpa taxifolia na biodiversidade da biota marinha do Mediterrâneo. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v.76, n.1, p.235-237. doi:10.1017/S0025315400029180.

CAPÍTULO 12 - Restinga e bancos de gramas marinhas

Mariana Magnago Alves[1], Danilo Camargo-Santos[2], Izabela Clara Marques Balinhas[3], Stéfano Zorzal-Almeida[4]

[1] Laboratório de Ecologia e Biodiversidade de Microprodutores Aquáticos LEBIOMA/UFES. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera-Continente-Oceano ESOLAB/UFES
[2] Professor de Biologia da rede pública estadual de ensino do Espírito Santo
[3] Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo
[4] Professor Adjunto no Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo

Os ecossistemas marinhos e costeiros do Brasil abrigam uma grande diversidade de plantas e algas adaptadas a condições muito diferentes das encontradas em terra firme. Ao longo do litoral, encontramos manguezais, restingas, brejos de restinga, marismas e pradarias marinhas compostas por plantas submersas na água do mar. Juntas, essas comunidades vegetais sustentam parte da vida marinha, estabilizam sedimentos, produzem oxigênio, servem de abrigo e alimento para inúmeros organismos e desempenham papel essencial na proteção da costa e no equilíbrio dos ecossistemas do oceano.

Para se adaptarem ao ambiente costeiro e marinho, as plantas desenvolveram:

- Raízes aéreas (em áreas inundadas) ou com capacidade de filtrar o sal;
- Raízes profundas, quando ambiente emerso, para alcançar a água doce;
- Glândulas de sal para eliminar sal pelas folhas;
- Mecanismos pra reduzir a perda de água: caules e folhas cerosos e espessos, folhas pequenas, presença de cutícula (como uma pele protetora para proteger dos respingos de água salgada e reduzir a evapotranspiração);
- Folhas suculentas para armazenamento de água;
- Caules rígidos, resistentes e retorcidos para suportar a ação de ondas e ventos;
- Tolerância à extremos de temperatura e irradiação solar;
- Mecanismos de acumular sais nos tecidos, para conseguir absorver água do solo salino, sem perder água por osmose.
- Mecanismos para tolerar a falta de nutrientes.

1 Restingas

As restingas são formações vegetais costeiras muito características do litoral brasileiro, ocupando mais de 5000km (cerca de 79%) da costa, e surgiram há milhares de anos com o recuo do mar e hoje integram a Mata Atlântica. Essa vegetação constitui áreas de preservação permanente (APP), instituídas pela Lei 12.651/2012 e protegida pela Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) por sua função de fixação e estabilização de sedimentos, que são arenosos, e de manguezais, evitando a erosão costeira pelo vento e

por ação de ondas e tempestades. Além disso, incluem espécies endêmicas, raras e as ameaçadas de extinção, bem como importância na harmonia paisagística.
Quando a restinga é retirada em áreas urbanas, a areia invade as ruas próximas à praia, causando impactos ecológicos e econômicos, como, por exemplo, o que ocorre em Itapuã, Vila Velha, em dias de ventos fortes. Na região da praia de Camburi, na capital Vitória, antes da revitalização das áreas de restinga na praia, frequentemente a areia invadia a região do calçadão e da avenida. Hoje em dia, esses eventos quase não são observados, corroborando com esse serviço ecossistêmico prestado pela restinga.

A vegetação varia desde plantas baixas herbáceas até arbustos e árvores pequenas, formando um mosaico adaptado a condições com ampla variação ambiental (deste a temperatura à disponibilidade de água). As suas formações vegetais se diferem pela composição do solo e pela influência das ações das marés, com raízes especializadas a aderir no solo arenoso.

Do ambiente mais próximo ao mar até as áreas mais internas, a vegetação de restinga (Figura 1) apresenta uma transição gradativa, influenciada pelo relevo e pela disponibilidade de umidade nos diferentes microambientes. Na faixa sob influência direta do mar, ocorrem espécies altamente tolerantes ao sal, como Salicornia e Remirea maritima (p*inheirinho-da-praia*). Logo acima, em regiões alcançadas apenas por marés excepcionalmente altas, predominam herbáceas rasteiras como a salsa-da-praia (*Ipomoea pes-caprae*), o feijão-da-praia (*Canavalia rosea*) e representantes dos gêneros *Paspalum* e *Hydrocotyle*. Avançando terra adentro, surgem formações mais densas, com herbáceas e subarbustos dos gêneros *Acicarpha, Achyrocline e Polygala.* Nas dunas, aparecem arbustos característicos da restinga — como pitangueiras (*Eugenia* sp.), araçazeiros (*Psidium* sp.) — além de pequenas árvores como a maçaranduba (*Manilkara subsericea*) e a aroeira (*Schinus terebinthifolia*). Nessa transição também são comuns a palmeira guriri (*Allagoptera arenaria*) e o jerivá (*Syagrus romanzoffiana*). Finalmente, nas áreas mais internas das planícies marinhas, destacam-se espécies de *Clusia* — especialmente *Clusia criuva* — acompanhadas por cactáceas dos gêneros *Cereus* e *Opuntia* e numerosas bromeliáceas como *Vriesea, Bromelia, Canistrum* e *Aechmea*, especialmente típicas das restingas do Sul e Sudeste do Brasil.

Por sua beleza e biodiversidade, muitas restingas estão protegidas por unidades de conservação (como o Parque Paulo Cézar Vinha, em Setiba - Guarapari/ES), mas ainda assim são pressionadas pelo uso urbano, turismo e expansão imobiliária, o que torna sua preservação especialmente importante.

Figura 1: Plantas características de restinga.

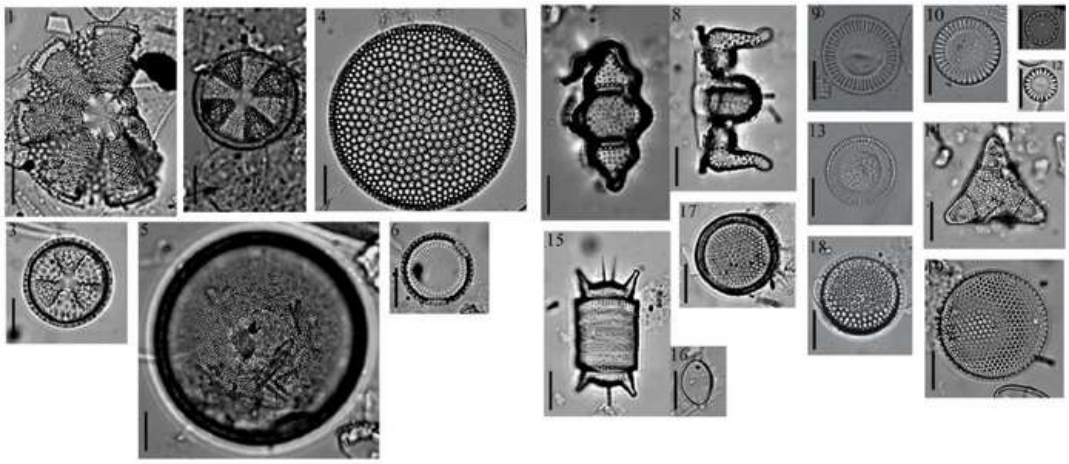
À esquerda, a herbácea Ipomoea pres-caprae. Disponível em: https://www.gardenia.net/plant/ipomoea-pes-caprae. À direita, aroeira-vermelha, também conhecida como aroeira mansa, representante de pequenas árvores de restinga, acima detalhe dos frutos. Disponível em: https://www.floresefolhagens.com.br/aroeira-vermelha-schinus-terebinthifolius/. Abaixo foto da árvore de aroeira. Disponível em: https://www.sitiodamata.com.br/importacao/aroeira-mansa-schinus-terebinthifolius.html. Acessos em: 24 de novembro de 2025. Fonte: Cristina Braga.

1.1 Áreas alagadas de restingas

Área úmida da restinga, geralmente de água doce ou pouco salobra, sem influência da maré. Trata-se de ecossistemas como lagoas, áreas inundáveis, brejos, entre outros. A vegetação tem no máximo dois metros de altura. Quando mais salobro, predominam gramíneas (*Paspalum maritimum*, *Spartina* spp.) e ciperáceas (*Scirpus* sp, *Cyperus* spp, *Scleria* spp). Quanto menos salobro maior a diversidade de espécies, ocorrendo *Thypha domingensis*, *Ludwigia* spp, *Echinodorus* spp, *Hedychium coronarium* (consideradas espécies indicadoras) e diversas ciperáceas (*Eleocharis* spp, *Cyperus* spp, *Scleria* spp, *Fuirena umbellata*), entre outras.

Essas áreas alagadas das restingas ainda escondem uma flora microscópica pouco explorada no Brasil e no Espírito Santo, das microalgas. Estudos tem indicado que existe uma alta biodiversidade de algas na restinga. Um estudo realizado em 2025 com a comunidade de algas perifíticas (aderidas a um substrato submerso) da Lagoa de Caraís, o primeiro do Parque Estadual Paulo Cesar Vinha/ES, revelou cerca de 201 táxons de diatomáceas em apenas 2 coletas (Figura 2). Notou-se ainda que a distribuição das espécies é influenciada pela salinidade da lagoa (que é mais salina próxima ao mar).

Figura 2: Diversidade de diatomáceas da comunidade perifítica da Lagoa de Caraís, no Parque Estadual Paulo Cesar Vinha, restinga no Espírito Santo.



Fonte: Milena Marques Thomes.

1.2 - Espécies exóticas da restinga e problemas ambientais associados a elas.

Uma espécie exótica é qualquer organismo que ocorre fora da sua área natural de distribuição porque foi levado para outro lugar pela ação humana — seja de forma intencional ou acidental. Quando essas espécies chegam a um novo ambiente, elas podem ou não sobreviver ou causar problemas. Algumas conseguem se estabelecer, se multiplicar e competir com as espécies nativas, alterando o equilíbrio ecológico. Nessas situações, passam a ser chamadas de espécies invasoras.

De animais exóticos, temos como exemplos o caramujo africano, ratos e baratas (sob condições de impacto ambiental, sinantrópicas). No contexto da vegetação de restinga, são mais de 40 espécies invasoras de plantas, como a castanheira ou amendoeira-da-praia (*Terminalia catappa*), o abricó (*Mimusops coriacea*), o pinheiro de casuarina (*Casuarina equisetifolia*) (Figura 3).

Figura 3: À esquerda, Castanheira de praia. Disponível: https://www.ultimosrefugios.org.br/single-post/especies-exoticas-invasoras-restinga. à direita, Caramujo africano gigante *Achatina fulica*. Disponível em: https://www.ultimosrefugios.org.br/single-post/especies-exoticas-invasoras-restinga.

Fonte: Leonardo Merçon.

Esses três exemplos compartilham um conjunto de impactos que prejudicam fortemente a estrutura e o funcionamento ecológico das restingas:

- Possuem copas densas, reduzindo a luz disponível e comprometendo o crescimento das plantas nativas, reduzindo a riqueza de espécies e composição florística, além de favorecer a erosão, captando grande quantidade de chuva que acaba por erodir o substrato arenoso, quando agrupada pelo tronco.
- Produzem grande quantidade de biomassa — folhas, frutos ou acículas — que modifica a qualidade do solo e interfere nos ciclos naturais de nutrientes, aumenta a retenção de umidade, a temperatura do solo e dificultando a germinação de espécies nativas, além de interferir na desova de tartarugas marinhas.
- Sua sombra atrai humanos, promovendo o pisoteio e a compactação do solo.
- Apresentam alta capacidade de estabelecimento e expansão, seja pela produção abundante de sementes, tolerância a estresses ambientais ou crescimento acelerado, o que favorece sua dominância.

A castanheira e a casuarina também produzem substâncias alelopáticas que podem inibir o crescimento de outras plantas. A casuarina tem simbiose com micro-organismos capazes de fixar nitrogênio, o que favorece seu desenvolvimento em ambientes pobres em nutrientes.

As plantas invasoras também podem competir atraindo polinizadores. Por exemplo, as flores do chorão-das-praias (*Carpobrotus acinaciformis)*, nativa da África do Sul, são muito atrativas para as abelhas, e as flores da flora nativa acabam não sendo polinizadas, comprometendo sua reprodução. Há pesquisas que indicam que restingas afetadas por espécies exóticas têm menor resiliência às mudanças climáticas.

O caramujo-gigante africano (*Achatina fulica*) é uma espécie exótica invasora que chegou ao Brasil na década de 1980. Ele foi trazido com a intenção de substituir o escargot europeu na alimentação, mas o projeto não deu certo devido ao baixo valor comercial do animal e aos riscos sanitários associados, e foram abandonados no ambiente. Ele se adapta bem ao ambiente de restinga porque é muito resistente ao calor e por enterrar seus ovos na areia, se reproduzindo rapidamente. Hoje é considerado uma das espécies invasoras mais problemáticas do país, incluindo áreas de restinga, onde exercem pressão de herbivoria sobre as plantas e competem com caramujos nativos.

Como exemplos de praias com infestação na Grande Vitória temos a Praia da Costa e a Praia de Camburi, no estado do Espírito Santo, onde já até ocorreram eventos de controle das populações pelo Centro de Vigilância de Saúde Ambiental, que pode ser acionado pelos moradores através do Fala Vitória 156.

A restinga não tem baratas nem ratos (que também são espécies exóticas europeias) como parte de sua fauna natural. Eles aparecem somente quando o ambiente é modificado pela presença humana ou por plantas exóticas que acumulam folhas e frutos, como a castanheira, ou lixo, por parte dos usuários das praias.

A degradação das restingas estão relacionadas além da invasão de espécies exóticas e aos impactos já descritos, ao uso desenfreado dos recursos naturais, à urbanização, a extração de espécies de interesse econômico ocupação desordenada e à especulação imobiliária, como o exemplo do condomínio Manami no Morro da Guaibura, em Guarapari, e da Praia Secreta na Praia da Costa, onde ocorreu supressão de vegetação de restinga, que é Área de Preservação Permanente.

2 Marismas e pradarias marinhas

Marismas são áreas alagadas *salobras*, presentes na zona entremarés (locais em que há variação do mar com a maré), de baixa energia, com presença de vegetação halófita alta e densa, como *Spartina* e *Juncus*. Os marismas são importantes habitats para moluscos, crustáceos, insetos, peixes, aves e mamíferos. No Brasil podem ser encontrados mais ao sul.

3 Campos salinos ou salinas naturais

São planícies costeiras muito salinizadas, geralmente encontradas em áreas de clima seco ou semiárido, como o Nordeste brasileiro. Ficam acima da linha de maré alta, ou seja, não são inundados regularmente pelo mar, somente em eventos de maior energia de ondas. O solo é tão salino que apenas plantas halófitas muito resistentes sobrevivem (ex: *Salicornia*, *Batis*, *Sesuvium*) (Figura 4).

Figura 4: Plantas típicas de campos salinos. À direita, *Salicornia*. À esquerda, *Sesuvium*.

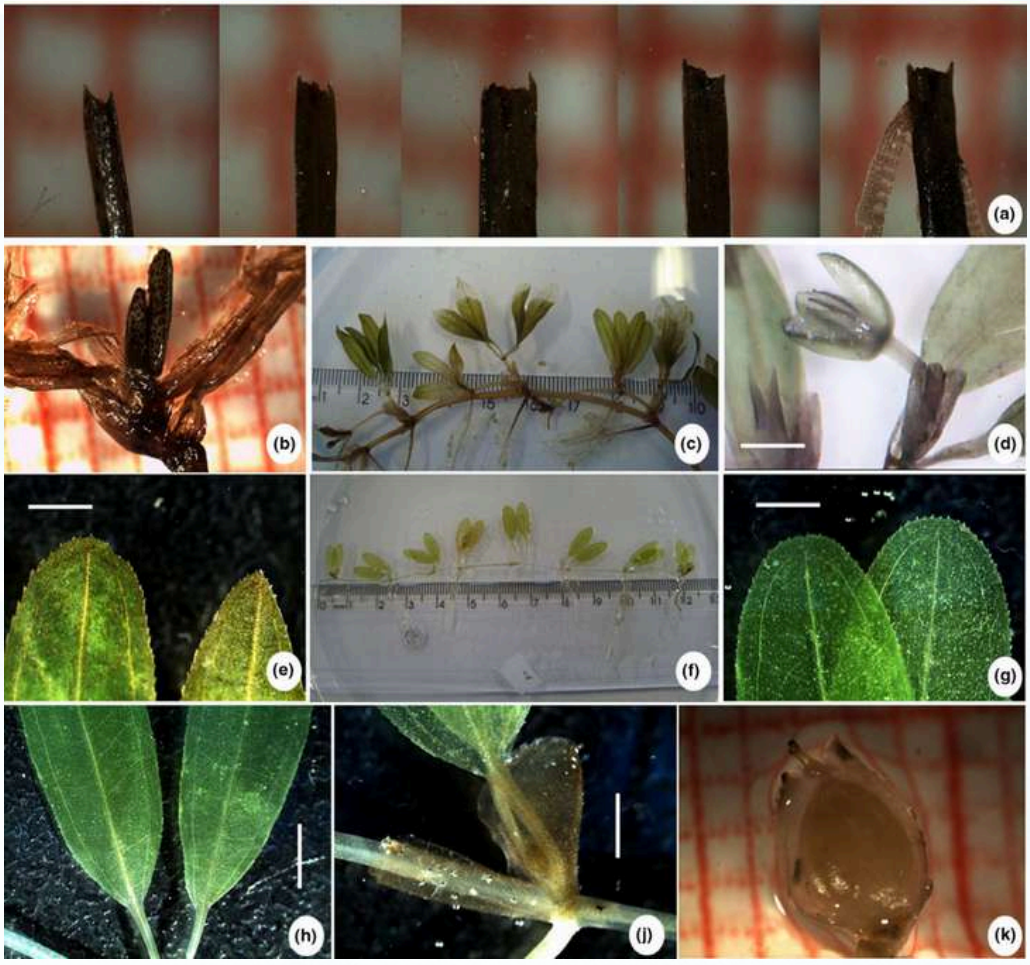
Fonte: Imagem da esquerda https://oglobo.globo.com/rioshow/conheca-salicornia-planta-que-substitui-sal-24899556. Acesso em: 25 de novembro de 2025.

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Sesuvium_portulacastrum. Acesso em: 25 de novembro de 2025.

4 Bancos de grama marinha

As gramas marinhas são plantas com flores que, ao longo de milhões de anos, se adaptaram para viver submersas no oceano, no ambiente aquático e salgado. Parecidas com as gramas terrestres, formam extensas pradarias submarinas em regiões rasas e iluminadas. Para reprodução, o polén das flores macho é liberado na água, fertilizando as flores fêmeas, gerando sementes, além de se espalharem pelo crescimento de raízes que geram novas folhas. Esses bancos vegetados têm grande importância ecológica: melhoram a qualidade da água ao reter partículas e absorver nutrientes, estabilizam o sedimento com suas raízes e funcionam como abrigo e área de alimentação para inúmeros organismos, desde pequenos invertebrados até peixes juvenis. Algumas espécies maiores, como o peixe-boi e a tartaruga-verde, também se alimentam diretamente dessas plantas. No Brasil, apenas três gêneros podem ser encontrados: *Halodule* (Família: Cymodoceaceae), *Halophila* (Hydrocharitaceae) e *Ruppia* (Ruppiaceae) (Figura 5). Apesar de não sabermos ao certo quanto são as espécies que ocorrem no território nacional, a flora parece ter bastante semelhança com aquela encontrada no Caribe.

Figura 5: Angiospermas marinhas ocorrentes ao longo da costa do Piauí: a–b. Halodule wrightii: a. Variação no ápice da folha; b. Flor. c–e. Halophila baillonis: c. Hábito; d. Flores; e. Ápice da folha. f–j. Halophila decipiens: f. Hábito; g. Ápice da folha; h. Base da folha; j. Brácteas; k. Fruto (ilustração de Francimeire do Nascimento Costa).



Fonte: Silva *et al.* (2018).

Saiba Mais

Da restinga para a mesa: Várias plantas da restinga produzem frutos comestíveis que há muito tempo integram a cultura alimentar de comunidades costeiras, como o araçá (Psidium guineense, P. cattleianum), a pitanga (*Eugenia uniflora*), o icaco (*Chrysobalanus icaco*), o murici (*Byrsonima crassifolia*), a uva-da-praia (*Coccoloba uvifera*) e a pitaia-da-praia (*Cereus fernambucensis*). Além dos frutos, outras espécies fornecem madeira, fibras, sementes aromáticas e resinas com usos culinários, artesanais, medicinais e industriais, como a aroeira-da-praia (Schinus terebinthifolia), o guriri (Allagoptera arenaria) e a almecegueira (Protium heptaphyllum). Esses exemplos evidenciam que a restinga, além de seu valor ecológico, possui grande relevância cultural, econômica e gastronômica para as populações litorâneas (Figura 6).

Figura 6 - À esquerda, Pitaia-da-praia (*Cereus fernambucensis*). À direita, frutos da quixaba (*Condalia buxifolia*).

Fonte: @restingai.oficial, disponível em: https://www.instagram.com/restingai.oficial/

Dos campos salinos também têm gastronomia: A Salicornia absorve o sal e outros componentes marinhos, como o iodo, se tornando um item de interesse gastronômico e nutritivo. O chamado “sal verde” ou “aspargo do mar” possui menos sódio e mais nutrientes que o sal marinho comum. Por isso tem sido até cultivada em Araruama e Barra de Guaratiba, no Rio de Janeiro.

Atividade Sugerida

Atividade – Explorando a morfologia das folhas por coleta não destrutiva

Habilidades BNCC:

- (EI02ET03); (EF02CI04); (EF02CI05); (EF02CI06); (EF08CI07); (EF03GE09); (EF04CI05); (EF07CI07); (EF07CI08); (EM13CNT203);

Público: Fundamental 1 e 2, Ensino Médio e EJAI

Objetivo: Desenvolver a observação morfológica das plantas de ambientes costeiros, utilizando técnicas não destrutivas para registrar a morfologia foliar.

Contexto da atividade:

A atividade pode ser realizada durante visita técnica a alguma área natural, como por exemplo o Parque Estadual Paulo César Vinha (ES), Parque Estadual de Restinga de Bertioga (SP), Parque Nacional de Restinga de Jurubatiba (RJ); nos Manguezais da Foz do Amazonas (PA/AP), da Ilha do Marajó (PA), de Soure e Salvaterra (PA), do Delta do Parnaiba(MA/PI/CE), do Rio São Francisco (AL/SE), do Rio Capibaribe e Beberibe (PE), Icapuí, Aracati e Barra Grande (CE), da Baía de Todos-os-Santos e da Reserva Extrativista de Canavieiras (BA), da Baía do Guanabara e Sepetiba (RJ), do Complexo Piraquê-Açú e Mirim, Vitória, Viana e Rio Doce (ES), do Itacorubí, Babitonga e Laguna (SC) Alternativamente, pode ser conduzida em sala de aula, utilizando material levado pelo professor ou imagens projetadas das plantas para que os alunos descrevam suas características, estruturas, importância ecológica e adaptações ao ambiente costeiro/marinho.

O uso do aplicativo **Google Lens** é permitido como ferramenta de apoio, desde que seja explicado aos alunos que o aplicativo pode errar e não substitui a observação morfológica direta.

Obs.: Em muitos parques e reservas naturais não é permitido coletar folhas; fora dele, caso haja coleta, pode-se realizar prensagem simples (herbário escolar).

Obs.: Fique atento caso essa área natural for uma Unidade de Conservação (ver capítulo 47 – UCs), pois há regras e diretrizes que devem ser seguidas.

Procedimento da coleta não destrutiva (campo ou escola):

1. Cada estudante escolhe uma planta **sem arrancar nenhuma parte dela**.
2. Posicione uma **prancheta** atrás da folha ainda presa à planta.
3. Coloque uma **folha de papel** sobre a lâmina foliar, mantendo a folha da planta entre o papel e a prancheta.
4. Com a **lateral de um giz de cera**, friccione suavemente sobre o papel para revelar o relevo da folha — nervuras, margens e forma geral.
5. Repita o processo com diferentes plantas para comparar padrões morfológicos.

Anotações observacionais sugeridas:

- Forma da folha (oval, lanceolada, elíptica etc.);
- Tipo de margem (inteira, serrilhada, ondulada);
- Textura ao toque (lisa, áspera, coriácea);
- Padrão de nervuras (pinada, palmada etc.);
- Disposição das folhas no ramo (oposta, alterna, verticilada);
- Presença de odores, resinas, látex ou outras características sensoriais;
- Tipo de ambiente onde a planta está inserida (restinga aberta, brejo de restinga, mangue, duna etc.);
- Presença de fauna associada (insetos, aves, caranguejos etc.);
- Fotografias da planta inteira e do ambiente ao redor.

Fechamento sugerido:

Após o registro, os estudantes podem comparar os relevos foliares, discutir variações morfológicas entre espécies e relacioná-las às adaptações típicas de ambientes costeiros, como salinidade, ventos fortes, solo arenoso e períodos de inundação.

Recursos complementares sugeridos

Vídeo do Botânico e Paisagista Ricardo Cardim sobre a invasão da espécie *Mimusops coriacea*, o abricó-de-praia. Disponível em: https://www.instagram.com/reel/DF8GUELOyX2/

Perfil do instagram do @restingai.oficial, com diversas informações sobre as espécies de restinga. Disponpiel em: https://www.instagram.com/reel/DJWm7mQtpUU/

Referências bibliográficas sugeridas

BOURSCHEIT, A. 2023. Restingas tomadas por plantas exóticas resistem menos aos efeitos da crise climática. Oeco. Disponível em: https://oeco.org.br/reportagens/restingas-tomadas-por-plantas-exoticas-resistem-menos-a-efeitos-da-crise-climatica/. Acesso em: 26 nov. 2025.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras: Almecegueira (*Protium heptaphyllum*). EMBRAPA. 2006.

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. Disponível em: https://uc.socioambiental.org/sites/uc/files/2019-12/liv63011.pdf. Acesso em: 24 de novembro de 2025.

DAL FABBRO, L.G. 2025. O impacto de árvores exóticas na conservação de vegetação de restinga remanescente em área urbana. Dissertação (mestrado), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

MELLO, M. Espécies exóticas invasoras na restinga e suas consequências. Disponível em: https://www.ultimosrefugios.org.br/single-post/especies-exoticas-invasoras-restinga. Acesso em: 24 de novembro de 2025.
MMA. 2010. Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/secirm/sites/www.marinha.mil.br.secirm/files/mma-205_publicacao27072011042233.pdf. Acesso em: 26 de novembro de 2025.
NOTÍCIAS DA UFSC. 2025. Espécies invasoras ameaçam redes de polinização vitais para ecossistemas no Sul do Brasil. UFSC Notícias, set. 2025. Disponível em: https://noticias.ufsc.br/2025/09/especies-invasoras-ameacam-redes-de-polinizacao-vitais-para-ecossistemas-no-sul-do-brasil/. Acesso em: 26 nov. 2025.
QUEIROZ, K.T.S.; PINHEIRO, W.C.G.; COSTA, F.S.N. 2024. Os impactos causados pela espécie invasora casuarina (Casuarina equisetifolia L.) em restingas do Brasil: Uma revisão bibliográfica. p.68-79. doi:10.37885/240616972. Disponível em: https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/os-impactos-causados-pela-especie-invasora-casuarina-casuarina-equisetifolia-l-em-restingas-do-brasil-uma-revisao-bibliografica. Acesso em: 24 de novembro de 2025.

Rede Biomar. 2015. Manual de Ecossistemas Marinhos e Costeiros para Educadores. Projeto Albatroz / Projeto Baleia Jubarte / Coral Vivo / Golfinho Rotador / Projeto Tamar. Disponível em: <https://projetoalbatroz.org.br/upload/midia/2016/8/646/download/original/8.pdf.>. Acesso em: 25 nov. 2025.
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (SP). Restinga: diagnóstico e diretrizes para conservação e uso sustentável. São Paulo: SMA-SP. Disponível em: https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/511/Documentos/APAM_LN/APAMLN_Restinga_final.pdf. Acesso em: 26 nov. 2025.
SÉCULO DIÁRIO. Iema contesta autorização de desmatamento no Morro da Guaibura. Vitória: Século Diário, 13 nov. 2023. Disponível em: https://www.seculodiario.com.br/meio-ambiente/iema-contesta-autorizacao-de-desmatamento-no-morro-da-guaibura/. Acesso em: 26 nov. 2025. Século Diário
SILVA, Noelia Pereira; COSTA, Francimeire do Nascimento; SILVA, Maria Francilene Souza; MAYO, Simon Joseph; ANDRADE, Ivanilza Moreira de. Seagrasses of Piauí, Brazil: A floristic treatment. Feddes Repertorium, v. 129, n. 1, p. 43–50, 2018. DOI: 10.1002/fedr.201700015.

CAPÍTULO 13 - A importância da fotossíntese no ambiente marinho

Danilo Camargo-Santos[1], Mariana Magnago Alves[2], Izabela Clara Marques Balinhas[3], Stéfano Zorzal-Almeida[4]

[1] Professor de Biologia da rede pública estadual de ensino do Espírito Santo
[2] Laboratório de Ecologia e Biodiversidade de Microprodutores Aquáticos LEBIOMA/UFES. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera-Continente-Oceano ESOLAB/UFES
[3] Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo
[4] Professor Adjunto no Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo

Como a fotossíntese é vista pelos estudantes (e como deveria ser).

A "fotossíntese" é conhecida pelos estudantes por ser uma reação química realizada pelas plantas para produzir o seu próprio alimento. Em uma pesquisa feita por Liesenfeld e colaboradores (2015), os estudantes participantes relacionaram esse fenômeno biológico às plantas, aos gases dióxido de carbono e oxigênio, mas não a algas ou cianobactérias, provavelmente porque esses seres não fazem parte do cotidiano dos discentes de ensino fundamental e médio. Além disso, é muito comum que estudantes entendam que o oxigênio liberado pela fotossíntese tem o propósito de servir para os animais realizarem sua respiração, notadamente o ser humano, como mostrou Moul e Silva (2016). Como veremos adiante, não há essa "intencionalidade" por parte dos organismos produtores.

Porém, quando analisamos o ambiente marinho, a ocorrência da fotossíntese por plantas é muito menos importante comparada àquela realizada por algas micro e macroscópicas, além das cianobactérias (até porque, obviamente, o mar não oferece condições ecológicas para a colonização das plantas terrestres). Nesse contexto, vale salientar que a fotossíntese marinha, oriunda das algas, serve de base nutricional e energética para inúmeras cadeias alimentares aquáticas, o que impacta de forma direta aspectos ecológicos, como a distribuição dos diversos seres vivos no ambiente marinho, e econômicos, como a produção pesqueira e farmacológica, além das fazendas de macroalgas. Ainda, a fotossíntese realizada no mar primitivo foi a grande responsável pela oxigenação da atmosfera terrestre, sendo que a maior parte do oxigênio disponível no ar atualmente é proveniente da atividade fotossintética das algas e cianobactérias marinhas.

Ou seja: é importante que os estudantes percebam que a fotossíntese é um processo bioquímico essencial para a vida no planeta Terra, ocorrendo tanto no ambiente terrestre quanto no aquático, tendo a participação de plantas, algas e cianobactérias.

Fotossíntese em linhas gerais

De forma geral, podemos representar a fotossíntese através de uma reação química, cujos reagentes materiais são a água e o gás carbônico, enquanto os produtos gerados são a glicose e o gás oxigênio. Essa reação química obrigatoriamente ocorre na presença

presença de luz natural ou artificial.

$$H2O + CO2 \rightarrow C6H12O6 + O2$$

Porém, do ponto de visto bioquímico, a fotossíntese pode ser considerada um conjunto complexo de reações químicas, envolvendo uma série de enzimas, produtos intermediários e diferentes tipos de moléculas transportadoras de elétrons ou de átomos. Embora possam existir pequenas diferenças moleculares e/ou enzimáticas entre a fotossíntese das Angiospermas (a qual é mais estudada e conhecida) e aquela realizada por organismos algais, geralmente tanto algas quanto plantas combinam a ação de dois fotossistemas baseados na "ativação" de moléculas de clorofila-a, gerando produtos como glicose e, posteriormente, o amido, que agora podem ser utilizados como fonte de energia ou como base química para a produção de outros metabólitos, primários ou secundários.

É importante salientar que o oxigênio é considerado um resíduo do processo, e por conta do seu alto potencial de destruição de moléculas por oxidação, é preciso que o organismo fotossintetizante aproveite esse gás para a realização de sua própria respiração ou o elimine para a água ou ar.

De qualquer forma, todas as reações relacionadas à fotossíntese ocorrem, nos seres eucariontes, em organelas celulares especializadas conhecidas como cloroplastos ou cromóforos. Nas cianobactérias, por serem organismos procariontes, os cloroplastos estão ausentes, e nesse caso as reações fotossintéticas ocorrem na membrana e no citoplasma da célula.

A maior parte do oxigênio que existe hoje na atmosfera foi produzida pela fotossíntese. Muito antes das plantas surgirem, antigas cianobactérias já realizavam esse processo nos oceanos, liberando oxigênio. Com o tempo, esse oxigênio se acumulou no ar, permitindo o surgimento de organismos mais complexos e mudando completamente as condições do planeta. Até hoje, algas microscópicas e cianobactérias marinhas continuam sendo responsáveis por mais da metade do oxigênio que respiramos.

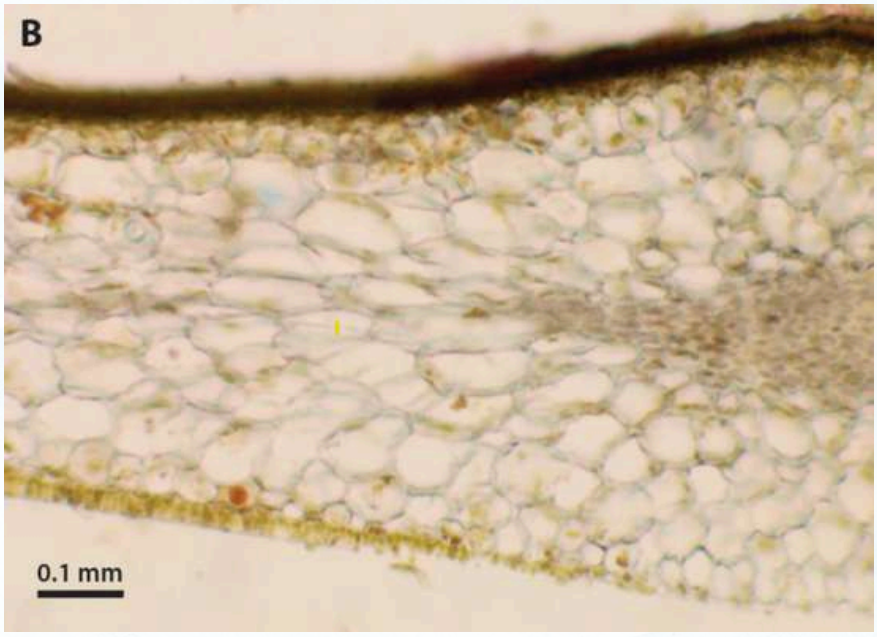
Explorando os cloroplastos

A estrutura do cloroplasto possui duas membranas, sendo uma mais externa, que é responsável pela delimitação da organela e pela troca de materiais com o restante da célula, e a mais interna, a qual possui uma série de invaginações para o interior do cloroplasto, conhecidas como tilacoides, sendo o local de ocorrência da fase fotoquímica da fotossíntese. O espaço entre a membrana interna e externa é chamado lúmen, sendo preenchido por um líquido que comumente tem altas concentrações de prótons, uma condição importante para a geração de moléculas de ATP que serão utilizadas na fase química. Essa fase ocorre no líquido que preenche a parte delimitada pela membrana interna, o qual é chamado de estroma. Vale ressaltar que o cloroplasto apresenta DNA e ribossomos localizados no estroma, o que reforça a teoria da endossimbiose dessas organelas (ver tópico Saiba Mais).

Nas plantas os cloroplastos costumam ser numerosos dentro das células (a depender do tecido vegetal em questão), com formatos esféricos a elípiticos, medindo entre 2 a 8µm de diâmetro. Porém, nos grupos algais, os cloroplastos podem apresentar uma grande variação em número (de um a vários), formato (esféricos, discoides, estrelados, helicoidais, entre outros) e distribuição dentro da célula (ocupando determinados espaços intracelulares). Em *Golenkinia* (Chlorophyta), uma microalga verde muito comum em ambientes aquáticos dulcícolas, geralmente há um único cloroplasto esférico ocupando mais da metade do volume celular. Porém, no ambiente marinho, é muito comum que as microalgas tenham vários cloroplastos distribuídos pela célula. Já em *Coscinodiscus*, uma diatomácea (Heterokontophyta) com célula em formato discóide, os diversos e pequenos cloroplastos também discóides se distribuem por todo o conteúdo celular, mas com maior concentração próximo à sua parede.

Em macroalgas, o tamanho, número e formato dos cloroplastos são muito semelhantes aos que são encontrados em plantas terrestres. Porém, é muito comum que a distribuição dos cloroplastos não seja regular dentro do talo da macroalga. Geralmente essas organelas estão concentradas nas células mais superficiais, enquanto na parte mais interna a ocorrência dos cloroplastos é mais rara. Dessa forma, a alga setoriza o seu metabolismo, buscando maximizar a captação de luz para a fotossíntese na sua porção cortical, onde há maior disponibilidade luminosa, enquanto outros processos metabólicos ocorrem na porção medular, aonde chega menos luz por conta do próprio sombreamento da região cortical. Esse fenômeno ocorre, por exemplo, em *Sargassum* (Phaeophyceae), uma das algas marrons mais conhecidas no litoral brasileiro e capixaba (Figura 1).

Figura 1: Corte transversal de uma lâmina da macroalga Sargassum, evidenciando a maior concentração dos cloroplastos na parte cortical (trecho superior da imagem)



Fonte: Imagem obtida na publicação de Viales-Cubillo e colaboradores (2025).

Os pigmentos fotossínteticos

A ocorrência da fotossíntese está completamente relacionada aos pigmentos fotossintetizantes, substâncias coloridas que são capazes de absorver determinados comprimentos de onda dentro do espectro de luz. Nesse contexto, o principal pigmento é a clorofila a, a qual utiliza a energia luminosa para iniciar o processo fotossintético, desencadeando o transporte de elétrons na membrana das tilacoides e exportando prótons para o lúmen do cloroplasto. A clorofila b ocorre em plantas e algas verdes (Chlorophyta), enquanto a clorofila c é encontrada em diversos grupos algais, como Euglenophyta, Dinophyta e Heterokontophyta (sendo os dois últimos com muitos representantes marinhos). As clorofilas absorvem as luzes azul e vermelho, sendo que a diferença em suas estruturas moleculares provoca maior ou menor absorção desses comprimentos de onda.

Outros pigmentos além das clorofilas são comumente registrados em organismos marinhos, podendo ser divididos em dois grupos principais: os carotenoides, pigmentos que geralmente apresentam coloração alaranjada ou amarelada, do qual fazem parte os carotenos, a xantofila e a diatoxantofila (essa última comum em diatomáceas); e as ficobiliproteínas, sendo a ficocianina, pigmento azulado mais comum em cianobactérias, e a ficoeritrina, pigmento avermelhado mais comum em algas vermelhas, Rodophyta, as principais representantes do grupo.

Tanto carotenoides quanto ficobiliproteínas se localizam nas membranas dos tilacoides e funcionam como pigmentos acessórios ou “complexo antena” para a clorofila a. Em outras palavras, esses pigmentos absorvem luz em regiões do espectro luminoso que a clorofila tem eficiência baixa ou nula de absorção. Uma vez capturada, a energia é direcionada desses pigmentos acessórios para a clorofila a.

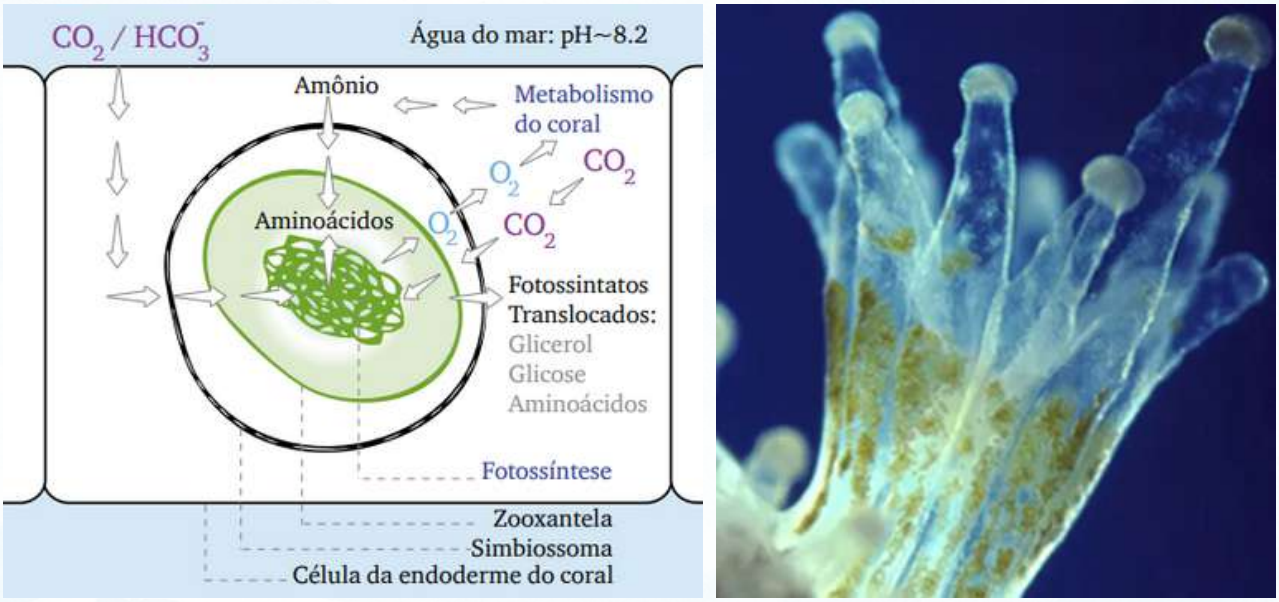
A variedade e a quantidade de pigmentos fotossintéticos mudam bastante entre os diferentes grupos de produtores marinhos, e essa diversidade é decisiva para a sobrevivência das algas em ambientes com luminosidade limitada. Como a água filtra rapidamente os comprimentos de onda — eliminando o vermelho nos primeiros metros e deixando o azul penetrar mais fundo — apenas organismos com pigmentos capazes de aproveitar essa luz restante conseguem prosperar em grandes profundidades. É o caso de várias algas vermelhas (Rhodophyta), cujos pigmentos acessórios captam faixas de luz que outras algas não conseguem utilizar. Essa capacidade reduz a competição por luz e permite que ocupem regiões onde poucas espécies fotossintetizantes conseguem viver, chegando a mais de 200 metros de profundidade.

Simbiose entre algas e animais marinhos

Nos ambientes marinhos rasos, onde a luz é abundante, muitos animais — como corais, esponjas, anêmonas e alguns moluscos e recentemente foi descoberto que até ciliados bentônicos microscópicos — abrigam microalgas do gênero *Symbiodinium*, popularmente chamadas de zooxantelas. Elas vivem dentro de compartimentos especializados no tecido do hospedeiro, os simbiossomas. Essa associação é

mutuamente benéfica: as algas realizam fotossíntese e produzem compostos orgânicos, principalmente carboidratos e lipídeos, que podem suprir 60% a mais de 90% das necessidades de carbono do coral (Figura 2). Ainda assim, o animal complementa sua nutrição por predação ou filtração.

Figura 2: ooxantela no interior do simbiossoma no tecido de corais e principais trocas metabólicas entre eles (esquerda). Pólipo de coral com zooxantelas (pontos amarronzados) (direita)



Fonte: Marangoni et al., 2016 (imagem da esquerda); e https://ocean.si.edu/ocean-life/invertebrates/zooxanthellae-and-coral-bleaching (imagem da direita)

Além do papel energético, as zooxantelas também atuam na proteção contra o estresse oxidativo, graças à produção de substâncias como micosporinas e compostos semelhantes, que funcionam como “filtros solares naturais”. Em troca, o animal fornece às algas proteção natural contra herbivoria (e por isso, muitas vezes, as zooxantelas não apresentam carapaça e flagelos como os outros dinoflagelados) um ambiente mais estável do que a água circundante — com menores oscilações de temperatura, luz, turbulência e concentração de compostos orgânicos — além de fornecer CO_2 derivado da respiração e da calcificação. Como o carbono inorgânico dissolvido na água é majoritariamente bicarbonato (HCO_3^-), o coral utiliza a enzima anidrase carbônica para convertê-lo em CO_2 antes de disponibilizá-lo às zooxantelas, facilitando a fotossíntese. Por sua vez as algas ajudam a conservar e reciclar esses nutrientes, contribuindo para o aumento das taxas de calcificação do coral.

O hospedeiro também exerce certo controle sobre seus simbiontes, regulando nutrientes, densidade populacional e até o pH dentro do simbiossoma. Um ambiente mais ácido favorece a conversão de HCO_3^- em CO_2, otimizando a fotossíntese. No entanto, esse controle depende das condições ambientais e das espécies de algas envolvidas na simbiose.

Nesse contexto, o aquecimento global representa um desafio para essa associação. O aumento da temperatura reduz a eficiência fotossintética das zooxantelas, altera a proporção

de seus pigmentos e pode levar à morte das algas, resultando no branqueamento dos corais. Mesmo assim, existem registros de linhagens mais tolerantes ao calor em regiões naturalmente quentes, como no Golfo Pérsico-Arábico, onde zooxantelas termorresistentes já foram identificadas .

Saiba Mais

Teoria da endossimbiose

A teoria da endossimbiose explica como surgiram estruturas essenciais das células eucarióticas, como cloroplastos e mitocôndrias. Ela propõe que essas organelas eram, originalmente, bactérias livres que passaram a viver dentro de outra célula, formando uma parceria tão eficiente que se tornou permanente — é a chamada endossimbiose primária. Em alguns grupos de algas, ocorreu um passo adicional: uma alga já fotossintética foi englobada por outra célula, originando plastídios com três ou quatro membranas. Esse processo é conhecido como endossimbiose secundária. Há ainda casos mais raros, como nos dinoflagelados, em que uma alga com plastídio secundário foi incorporada por outro organismo, formando plastídios de origem terciária. Esses eventos evolutivos explicam a enorme diversidade de algas e são fundamentais para entendermos como a fotossíntese se espalhou entre diferentes linhagens ao longo da história da vida.

Animais verdes

A lesma-do-mar *Elysia chlorotica* (Figura 3) se parece com uma folha por causa da intensa cor verde dos cloroplastos que obtém ao ingerir a alga *Vaucheria litorea*. O molusco consegue viver por até nove meses "alimentando-se" só de luz solar. Recentemente cientistas descobriram que seu DNA contém um gene da alga de quem *"rouba"* os cloroplastos que permite que o animal faça fotossíntese, tendo função de reparar danos aos cloroplastos da mesma, e é transmitido para a próxima geração de lesmas, que continuam tendo de "roubar" cloroplastos de novas algas para fazerem fotossíntese, mas já têm o gene necessário para fazê-los funcionar por um bom tempo.

Figura 3 - *Elysia chlorotica*

Fonte: https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/02/lesma-do-mar-incorpora-genes-de-alga-para-conseguir-fazer-fotossintese.html

Por que a água do mar muda de cor? (O papel dos pigmentos)

A cor azul-esverdeada do oceano está diretamente relacionada à **absorbância da água** e à presença de pigmentos como a **clorofila-a**. Em regiões com muito fitoplâncton, a água pode ficar mais esverdeada, e florescimentos de algas especiais podem gerar tons marrons, vermelhos ou dourados. Satélites modernos conseguem até estimar a quantidade de fitoplâncton observando essas variações de cor.

Atividade Sugerida

Atividade 1 - Observando a produção de oxigênio na fotossíntese com materiais simples

Habilidades BNCC:

- (EI02ET03); (EF02CI04); (EF02CI05); (EF02CI06); (EF08CI07); (EF03GE09); (EF04CI05); (EF07CI07); (EF07CI08); (EM13CNT203);

Público: Fundamental 1 e 2, Ensino Médio e EJAI

Objetivo: Visualizar o oxigênio produzido pelas plantas

Utilizar dois copos transparentes, com água e uma colher de chá de bicarbonato, bem homogeneizado. O bicarbonato é uma fonte adicional de gás carbônico. Colocar folhas de plantas recém-colhidas em cada copo, tendo o cuidado de utilizar a mesma quantidade de folhas. Um copo deve ficar no escuro (exemplo: dentro de um armário) e outro exposto a luz (sol ou luz de uma luminária). Após pelo menos 40 minutos, comparar os copos. Deve haver bolhas no copo exposto a luz. Vídeo da professora Dani Correa, fonte da atividade: https://www.youtube.com/watch?v=XtGupIuQXZo.

Se houver disponibilidade de material de laboratório, sugere-se utilizar este passo a passo, no vídeo:

Lima, Rejane Batista Campos; Gomes, Sueli Maria. 2020. Experiência sobre gases envolvidos na fotossíntese. Vídeo 2min48s. Produto do Mestrado Profissional em Rede Nacional (PROFBIO), Universidade de Brasília. 224.816 Kbytes. Brasília, DF, Brasil. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=vCm-c_j_RJU,

Atividade 2 - Revelando os pigmentos das folhas com cromatografia simples

Público: Fundamental 1 e 2, Ensino Médio e EJAI

Objetivo: Mostrar que as folhas possuem diferentes pigmentos fotossintéticos — além da clorofila — e como eles podem ser separados por cromatografia em papel.

Materiais:

- Folhas de diferentes plantas (verdes, roxas, amarelas, escuras, de sol e de sombra)
- Papel filtro ou papel de café
- Álcool etílico (70% ou mais)
- Copos ou béqueres pequenos
- Pilão ou colher para macerar
- Tesoura
- Lápis
- Fita adesiva
- Prendedor de roupa (opcional)

Passo a passo

1. **Preparar os extratos**
   - Pique as folhas com uma tesoura.
   - Coloque os pedaços em um copo e adicione uma pequena quantidade de álcool, apenas o suficiente para umedecer bem o material.
   - Macere com o pilão ou com o fundo de uma colher até que o álcool fique bem colorido.
   - Deixe repousar por alguns minutos para que os pigmentos se dissolvam.
2. **Montar o sistema de cromatografia**
   - Corte tiras de papel filtro com cerca de 2 cm de largura e 10–12 cm de comprimento.
   - Com um lápis, faça uma linha a cerca de 2 cm da extremidade inferior (nunca use caneta, pois a tinta interfere!).
   - Deposite uma pequena gota do extrato sobre a linha, usando um cotonete, palito ou a própria borda do papel.
   - Deixe secar e repita 2–3 vezes para concentrar os pigmentos no mesmo ponto.
3. **Realizar a cromatografia**
   - Coloque uma fina camada de álcool (1 cm) no fundo de um copo limpo.
   - Prenda a tira de papel de modo que a ponta abaixo da linha de depósito encoste no álcool, mas a linha com os pigmentos não se submerja.
   - Deixe o álcool subir pelo papel por capilaridade. Isso levará alguns minutos.
4. **Observar a separação**
   - Conforme o álcool sobe, os pigmentos se deslocam com velocidades diferentes devido ao tamanho das moléculas e às suas afinidades químicas.
   - Aos poucos, começam a aparecer faixas de cores distintas ao longo do papel — uma “assinatura” dos pigmentos:
     - **Verde escuro / verde claro:** clorofilas
     - **Amarelo / laranja:** carotenoides e xantofilas
     - **Vermelho / rosa:** antocianinas (em folhas roxas, por exemplo)

Explicação simplificada

As folhas parecem de uma cor só, mas possuem vários pigmentos. A cromatografia separa essas substâncias porque elas são carregadas de forma diferente pelo álcool que sobe pelo papel. Pigmentos mais solúveis no álcool viajam mais rápido e mais longe; pigmentos menos solúveis ficam atrás.

Assim, o papel revela a "mistura escondida" dentro das folhas, permitindo comparar a composição de pigmentos entre plantas de sol, sombra, diferentes cores e diferentes ambientes.

Recursos complementares sugeridos

Vídeo mostrando a produção de oxigênio em plantas https://www.youtube.com/shorts/5LYx5dAqRRo

Texto lúdico sobre proteção solar dos corais pelas zooxantelas na revista Super Interessante. Disponível em: https://super.abril.com.br/ciencia/corais-tem-protetor-solar-natural-que-atenua-efeitos-das-mudancas-climaticas/

Referências bibliográficas sugeridas

BICUDO, Carlos Eduardo de Mattos; MENEZES, Maria. *Gêneros de algas de águas continentais: chave para identificação e descrições*. Ed. Rima, 552 p.

HÄDER, Donat-Peter. Photosynthesis in Plants and Algae. *Anticancer Research*, n. 42, p. 5035–5041, 2020.

HALVERSEN, Carolyn; SCHOEDINGER, Sarah; PAYNE, David. *A Handbook for Increasing Ocean Literacy: Tools for Educators and Ocean Literacy Advocates*. National Marine Educators Association, 2021. Disponível em: https://cdn.oceanservice.noaa.gov/oceanserviceprod/education/literacy/Handbook_for_Increasing_Ocean_Literacy_2021-accessible.pdf. Acesso em: 24 out. 2025.

HUME, Benjamin C. C.; D'ANGELO, Cecilia; SMITH, E. G.; STEVENS, J. R.; BURT, John; WIEDENMANN, Jörg. Symbiodinium thermophilum sp. nov., a thermotolerant symbiotic algae prevalent in corals of the world's hottest sea, the Persian/Arabian Gulf. *Nature – Scientific Reports*, v. 5, n. 8562, p. 1–8, 2015.

KIRCHHOFF, Helmut. Chloroplast ultrastructure in plants. *New Phytologist*, n. 223, p. 565–574, 2019.

LAJEUNESSE, Todd C. Zooxanthellae. *Current Biology*, n. 30, p. R1110–R1113, 2020.

LIENSENFELD, Vanessa; ARFELLI, Viviane C.; SILVA, Tânia M.; OLIVEIRA, João M. P. Fotossíntese: utilização de um modelo didático interativo para o processo de ensino e aprendizagem. *Revista de Ensino de Biologia*, v. 13, n. 1, p. 9–26, 2015.

MAOKA, Takashi. Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines*, v. 74, p. 1–16, 2020.

MARANGONI, Luan F. B.; MARQUES, Júlia A.; BIANCHINI, Adalto. Fisiologia de corais: a simbiose coral-zooxantela, o fenômeno de branqueamento e o processo de calcificação. In: REDE DE PESQUISAS CORAL VIVO; MUSEU NACIONAL-UFRJ. *Conhecendo os Recifes Brasileiros*. 360 p., 2016. Disponível em: https://coralvivo.org.br/wp-content/uploads/2022/07/Conhecendo-os-Recifes-Brasileiros_V2.pdf. Acesso em: 25 nov. 2025.

MOUL, Renata A. T. M.; SILVA, Flávia C. L. Conceitos e Pré-Conceitos: Uma análise das concepções de estudantes do Ensino Médio sobre temas em Botânica. *Anais do II Colóquio Internacional sobre Ensino e Didática em Ciências*, Salvador (BA), 2016. 15 p.

RAVEN, Peter H.; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan. *Biologia vegetal*. Guanabara Koogan, 5. ed., 1996.

REVIERS, Bruno de. *Biologia e filogenia das algas*. Editora Artmet, 2008. 274 p.

SOMMARUGA, Ruben; WHITEHEAD, Kate; SHICK, J. Malcolm; LOBBAN, Christopher S. Mycosporine-like amino acids in the zooxanthella–ciliate symbiosis Maristentor dinoferus. *Protist*, v. 157, n. 2, p. 185–191, 2006. DOI: 10.1016/j.protis.2006.01.002.

VIALES-CUBILLO, María; QUESADA-PEREZ, Fabricio; DÍAZ-CANALES, Paula; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, Karla; FERNÁNDEZ-GARCÍA, César. Integrative Approach to Species Delimitation in *Sargassum* (Fucales, Phaeophyceae) from Central American Pacific Based on Morphological and Genetic Evidence. *Diversity*, v. 17, n. 9, 18 p., 2025.

ZITTELLI, Giovanna C.; LAUCERI, Rossella; FARALONI, Camilla; BENAVIDES, Ana M. S.; TORZILLO, Giuseppe. Valuable pigments from microalgae: phycobiliproteins, primary carotenoids, and fucoxanthin. *Photochemical and Photobiological Sciences*, n. 22, p. 1733–1789, 2023.

CAPÍTULO 14 - Eventos ecológicos relacionados às microalgas

Mariana Magnago Alves[1], Izabela Balinhas[2], Danilo Camargo-Santos[3], Stéfano Zorzal-Almeida[4]

[1] Laboratório de Ecologia e Biodiversidade de Microprodutores Aquáticos LEBIOMA/UFES. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera-Continente-Oceano ESOLAB/UFES
[2] Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo
[3] Professor de Biologia da rede pública estadual de ensino do Espírito Santo
[4] Professor Adjunto no Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo

Além de conhecer o que são as microalgas e como vivem, é importante entender que, em certas condições, elas podem protagonizar fenômenos que afetam diretamente o clima, os ambientes costeiros e até atividades humanas. Este capítulo apresenta esses eventos, explica suas causas e consequências, e oferece atividades simples que podem ser trabalhadas com estudantes de diferentes níveis de ensino.

1 Floração ou *bloom* fitoplanctônico

As microalgas podem se multiplicar muito rápido quando encontram condições ambientais favoráveis, como alta concentração de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo provenientes de esgotos domésticos, fertilizantes agrícolas e descargas industriais), boa iluminação e aumento de temperatura (aceleração do metabolismo).

Esse aumento rápido é conhecido como floração ou *bloom* fitoplanctônico, sendo que no ambiente marinho muitas vezes é chamada de “maré vermelha”. Geralmente, esse fenômeno ecológico é frequentemente formado por uma única espécie oportunista. Apesar deste nome, nem toda floração altera a cor da água e, quando altera, as cores exibidas na água podem ter tons de verde, vermelho, pardos, amarelos, marrons e até azulados, e vão depender de fatores bióticos da alga e de fatores ambientais, incluindo:

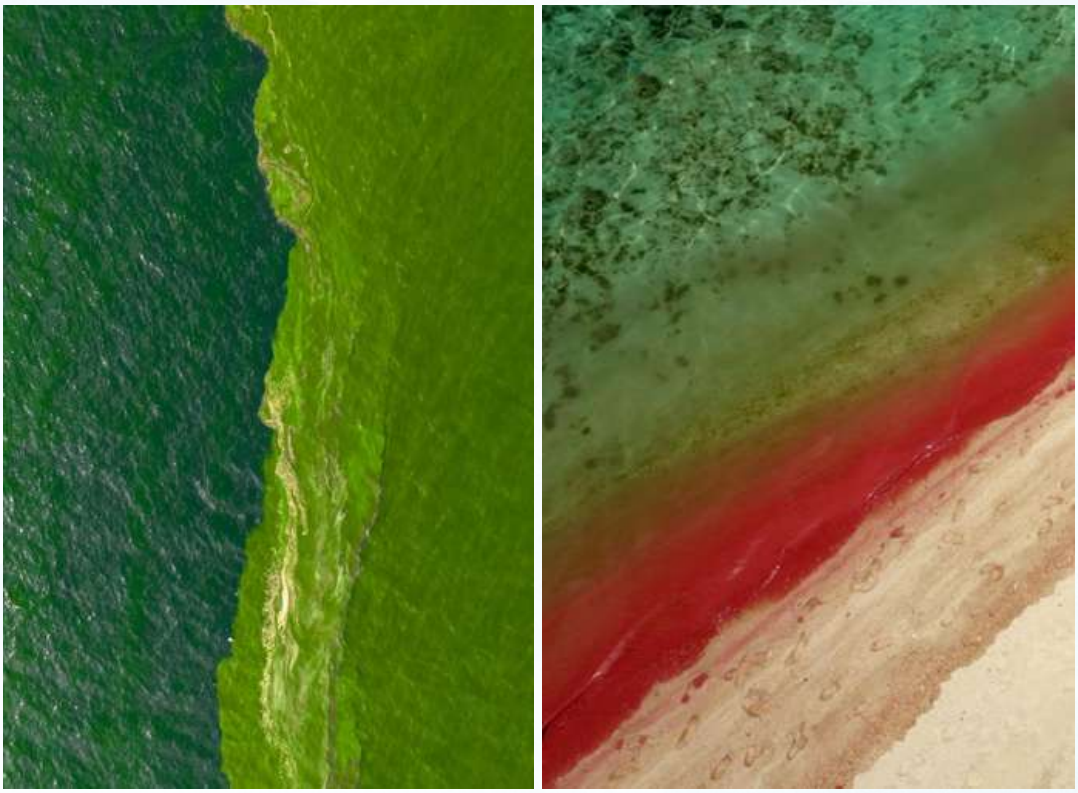
- a quantidade de algas por litro de água (alta biomassa da microalga tende a deixar mais evidente a alteração da cor da água);
- os pigmentos fotossintéticos e acessórios dominantes nas células da alga;
- como a luz é absorvida e espalhada pelas algas e pelas partículas da água;
- a profundidade da água, a turbidez e a luz incidente.

Nos casos das marés em tons avermelhados, são relacionadas principalmente, organismos pertencentes aos grupos Dinophyta (dinoflagelados), destacando-se espécies dos gêneros *Karenia*, *Alexandrium* e *Gymnodinium*, que conferem a coloração peculiar observada durante o evento. A coloração avermelhada típica resulta do acúmulo de pigmentos acessórios presentes nessas microalgas, como os carotenoides abundantes em dinoflagelados, responsável por tonalidades entre laranja e marrom-avermelhado.

No mundo todo, esses eventos têm acontecido mais vezes, com maior intensidade e ocupando uma área maior, muitas delas relacionadas à ação humana — especialmente enriquecimento por nutrientes, alterações costeiras, água de lastro de navios e expansão da aquicultura. Este aumento levou a criação do programa GEOHAB (*Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms* – Ecologia e oceanografia globais das florações nocivas), do qual o Brasil veio a participar em 1995. Posteriormente o GEOHAB foi substituído pelo GlobalHAB (*Blooms* algais nocivos globais - Global Harmful Algal Blooms).

Cerca de 300 espécies de microalgas (notadamente cianobactérias, microalgas verdes, diatomáceas, cocolitoforídeos e dinoflagelados) são reconhecidas por formar *blooms* em várias localidades do planeta, sendo que quase um quarto desse total pode produzir toxinas (Figura 1). Essas toxinas se acumulam em filtradores, como moluscos bivalves, podendo causar intoxicação tanto nesses organismos quanto em predadores em níveis tróficos superiores, incluindo peixes, aves marinhas e mamíferos, afetando as cadeias alimentares. Podem causar prejuízos mesmo pelo simples contato, desde danos subletais até mortalidade nos organismos e aos seres humanos que se banham no mar ou se alimentam de seus pescados.

Figura 1: Lado esquerdo: vista aérea de alteração de cor na água do mar causada pela proliferação de plâncton ao longo da costa da província de Chonburi, Tailândia. Fonte: Reuters, 2023. Lado direito: proliferação de fitoplâncton em tom vermelho em praia



Fonte: Surfertoday, Disponível em: https://www.surfertoday.com/environment/what-is-a-red-tide. Acesso em: 28 de outubro de 2025.

A bioacumulação e a transferência dessas toxinas ao longo da cadeia alimentar geram desequilíbrios significativos nas comunidades costeiras, incluindo prejuízos econômicos, como perdas em pesca, aquicultura, turismo e em custos de monitoramento ambiental. Além disso, eventos recorrentes podem alterar estruturalmente os ecossistemas marinhos, reduzindo a biodiversidade, favorecendo espécies oportunistas e comprometendo processos ecológicos essenciais.

As toxinas produzidas pelas microalgas podem ser classificadas de acordo com o tipo de efeito que causa em seres humanos e outros vertebrados. As toxinas com efeitos mais leves são as dermatotoxinas, substâncias que afetam a pele e seus anexos, geralmente causando irritações e alergia. As hepatotoxinas afetam o metabolismo do fígado, podendo causar hemorragia intra-hepática e, em casos de exposição prolongada, câncer de fígado. Já as neurotoxinas normalmente apresentam efeitos agudos, podendo variar entre inibição e a superestimulação da comunicação entre neurônios, causando efeitos como paralisia muscular, taquicardia e aumento da frequência respiratória, podendo mesmo levar a óbito. Existe ainda a classe das citotoxinas, que possuem potencial de afetar o funcionamento geral das células, notadamente o processo de síntese de proteínas.

É importante salientar que mesmo florações que não produzem toxinas podem causar danos ambientais, como por exemplo, algumas algas possuem espinhos que podem se alojar em brânquias de peixes e causar irritação ou até asfixia.

Também há efeitos ambientais importantes decorrentes das florações. O excesso de células impede a passagem da luz, reduzindo a fotossíntese e, portanto, a produção de oxigênio por fitoplâncton e plantas submersas. E quando essa biomassa morre e afunda, sua decomposição bacteriana consome grandes quantidades de oxigênio.

Essa combinação pode levar a áreas com oxigênio muito baixo (hipoxia) ou até ausência total de oxigênio (anoxia). Nessas condições, muitas espécies não conseguem sobreviver, formando as chamadas “zonas mortas”. Nelas, os processos normais de como a matéria orgânica se decompõe e vira nutrientes novamente são prejudicados e passam a dominar os anaeróbios, que produzem substâncias potencialmente tóxicas — como amônia, sulfeto e metano — agravando ainda mais os impactos sobre a vida aquática.

No estado do Espírito Santo (Brasil), houve registros de eventos de “maré vermelha” na Praia de Camburi em 2013 e em 2020 e na Praia de Itaúnas em 2016. Um monitoramento feito em área de cultivo de mexilhões em Anchieta demonstrou a presença de espécies potencialmente tóxicas, como *Gymnodinium catenatum*, *Ceratium furca*, *Dinophysis caudata* e *Pseudo-Nitzschia* spp. No entanto, elas foram pouco representativas na comunidade, chegando ao máximo de 25%.

Logo após a chegada dos rejeitos da Barragem de Fundão ao mar, houve registros de *blooms,* para os quais as responsáveis foram as cianobactérias dos gêneros *Synechocystis* e *Synechococcus.* Durante o Programa de Monitoramento Ambiental

(PMBA) também foram registrados diversos *blooms* do gênero de cianobactérias *Trichodesmium erythraeum* que, segundo Brandini e colaboradores (1997), são comuns formadoras de floração na costa brasileira. Ainda no PMBA, apareceram manchas amarronzadas na Praia de Camburi, e foram relacionadas a uma maior presença de dinoflagelados. Para nenhum desses eventos foi pesquisado sobre toxinas ou constatou-se efeitos tóxicos.

2 Bioluminescência - a luz viva do oceano

A bioluminescência é a produção de luz por organismos vivos. No mar, esse fenômeno é comum em diversos organismos devido às características desse ecossistema: prevalecem condições ambientais comparativamente estáveis, com uma longa história evolutiva ininterrupta; o oceano é opticamente claro em comparação com rios e lagos; há grandes porções do habitat que não recebem mais do que luz fraca, ou existem em escuridão contínua; e ocorrem interações entre uma enorme diversidade de táxons, incluindo predador, parasita e presa.

Nesse contexto, as microalgas não ficam de fora! Algumas delas, principalmente os dinoflagelados, podem fazer a água brilhar em tons de azul, o que se faz visível à noite. Essa luz é resultado de uma reação química natural: no caso das microalgas, uma molécula chamada luciferina reage com o oxigênio, com a ajuda da enzima luciferase ou outra fotoproteína, liberando energia em forma de luz. Há pelo menos 18 gêneros de dinoflagelados bioluminescentes, como *Lingulodinium* (=*Gonyaulax*), *Pyrocystis* e *Noctiluca*.

O movimento de ondas, peixes ou barcos pode estimular a reação química citada anteriormente e “acender” a superfície, criando um “mar luminoso” (Figura 2). Esse efeito pode ocorrer em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Embora fascinante, ainda há muitos estudos para tentar elucidar porque esses organismos realizam a bioluminescência. A hipótese mais aceita nos dias de hoje é que esse é um mecanismo para afastar possíveis predadores.

Figura 2: Imagem mostrando bioluminescência da espécie Lingulodinium polyedrum nas Maldivas em 2014.

Fonte: fotógrafo tailandês Will Ho, disponível em: https://maldives.net.mv/10695/bioluminescent-plankton-create-carpet-of-stars-on-maldives-beach/.e Talley (2011).

3 Nucleação de Nuvens

A microalga *Emiliania huxleii*, uma Haptophyta (ou cocolitoforídeo), é um organismo muito comum nos ambientes marinhos, notadamente no Oceano Atlântico, Mar Báltico e Mar Mediterrâneo. É uma alga que produz uma floração de coloração azul prateada sob condições ambientais propícias, sendo componente da base da cadeia alimentar dessas regiões. Mas essa microalga está também envolvida em um processo muito interessante, conhecido como nucleação de nuvens. Em outras palavras, esses microrganismos têm relação direta com a formação das nuvens no planeta.

Quando as células dessas microalgas morrem, o seu processo de decomposição libera um gás conhecido como dimetilsulfeto (DMS), o qual é difundido para a atmosfera. Em contato com o ar, o DMS forma uma espécie de aerossol de sulfato, que é capaz de "atrair" moléculas de água que estão sob a forma de vapor. O resultado é que o DMS atua como um "nucleador" de moléculas de água, dando início à formação de nuvens na atmosfera terrestre.

Ou seja, essa microalga possui relação direta com a formação de nuvens, o que pode aumentar a incidência de chuvas em diversas partes do planeta, além de auxiliar a refletir parte da radiação solar de volta para o espaço. Esses dois fenômenos atuando em conjunto ajudam a manter a temperatura da Terra mais estável, sendo um eficiente mecanismo de combate contra o aquecimento global.

Porém, há pesquisas que sugerem que controle biológico do sulfeto de dimetila sobre os núcleos de condensação de nuvens provavelmente não existe e que as fontes desses núcleos para a camada limite marinha e a resposta das nuvens às mudanças nos aerossóis são muito mais complexas do que se reconhecia.

Saiba Mais

A bioluminescência dos dinoflagelados possui um comportamento condizente com a percepção de dia e noite, também chamado ciclo circadiano, o que é muito incomum para um organismo unicelular (Wilson e Hastings, 2013). Por exemplo, de dia os indivíduos de Lingulodinium polyedrum geram alguns flashes fracos, mas muito mais bioluminescência é produzida à noite, com grande iluminação da água.

Florações tóxicas nem sempre são "maré vermelha": muitas florações não ão mudam a cor da água; e águas "vermelhas" nem sempre são tóxicas. O que define se a floração é tóxica ou não é a produção de toxinas em grande escala e seu concomitante impacto (efeitos tóxicos nos seres vivos, registros de mortandades, hipoxia e/ou anoxia). As florações podem ser prejudiciais devido impactos físicos e químicos pelo volume da biomassa exagerado. Um caso conhecido é o de proliferação da macroalga Enteromorpha prolifera na China em 2008, Mar Amarelo e no mar da China Oriental, que foram nomeadas de marés verdes.

Atividade Sugerida

Atividade 1 - Experimento: Absorção da luz pela Água

Habilidades BNCC:
(EI02ET03); (EF02CI04); (EF02CI05); (EF02CI06); (EF08CI07); (EF03GE09); (EF04CI05); (EF07CI07); (EF07CI08); (EM13CNT203); (EF06CI04); (EF07CI08); (EF02CI05)

Objetivo: Demonstrar como a concentração de partículas em suspensão e a profundidade da coluna d'água influenciam a absorção e a transmissão de luz.

Materiais necessários:

- Béqueres ou copos de vidro com água (preferencialmente recipientes mais estreitos);
- Amido ou outro material particulado fino para simular matéria em suspensão (ex.: glitter);
- Chá, tinta diluída ou outra solução colorida para representar material dissolvido;
- Fonte de luz: idealmente uma lanterna por segurança; em turmas adultas, podem ser utilizados lasers nas cores azul, vermelho e verde;
- Suporte para bureta ou estrutura equivalente para manter a lanterna fixa na vertical durante testes com diferentes profundidades.

Procedimento:

1. Instale um aplicativo de luxímetro no celular (existem opções gratuitas).
2. Escureça o ambiente para reduzir interferências luminosas externas.
3. Posicione a fonte de luz sempre à mesma distância e no mesmo ângulo em todas as medições.
4. Coloque o celular atrás do recipiente, mantendo a mesma posição para todas as leituras (Figura 3). A luz deve atravessar o recipiente diretamente em direção ao sensor do celular (geralmente próximo à câmera).
5. Realize as medições:
6. a. I_0: leitura do luxímetro sem o recipiente;
7. b. I_1: leitura com água pura;
8. c. I_2: leitura com a "floração simulada" (água com chá, guache diluída ou outro material turvo).
9. Compare os valores obtidos:
10. a. A tendência esperada é $I_2 < I_1 < I_0$;
11. b. Explique que partículas e substâncias dissolvidas absorvem e espalham a luz, diminuindo sua passagem pela água;
12. c. Repita o experimento variando a quantidade de água e a concentração da "floração simulada" no recipiente.

Extensão do experimento (opcional com lasers):

Se forem usados lasers, compare a intensidade registrada para cada cor. Como lasers apresentam espectros definidos, é possível observar diferenças de absorção entre azul, verde e vermelho em soluções com distintas concentrações e profundidades. Para isso, utilize uma proveta ou outro recipiente mais profundo e transparente, permitindo visualizar a atenuação da luz ao longo da coluna d'água.

Figura 1: À esquerda, configuração dos equipamentos para testar interferência de material em suspensão e dissolvido na água, a direita, configuração do experimento para testar a influência da profundidade. Se não houver um aparato para prender a lanterna, manter a mesma altura (ex: boca do copo ou bequer).

Fonte: Elaborada por Mariana Magnago Alves.

Recursos complementares sugeridos

Website do NOAA sobre florações tóxicas https://coastalscience.noaa.gov/science-areas/habs/?utm_source=chatgpt.com

Vídeo da Universidade Federal do Paraná sobre marés vermelhas https://www.youtube.com/watch?v=TkQGZ1WmHg8

Vídeo da UFSC sobre um grande evento de maré vermelha em Santa Catarina https://www.youtube.com/watch?v=GGPW-bWBoeQ

Vídeo curto sobre bioluminescência https://www.youtube.com/shorts/4RDn9CHL_94

Site da UNESCO sobre algas nocivas https://hab.ioc-unesco.org/what-are-harmful-algae/

Referências bibliográficas sugeridas

ANDREAE, M.O.; ROSENFELD, D. 2008. Aerosol-cloud-precipitation interactions. Part 1. The nature and sources of cloud-active aerosols. Earth-Science Reviews, v.89, c.1-2, p.13-41. doi:10.1016/j.earscirev.2008.03.001.

BRANDINI F.; P, SPACH, H.L; LOPES, R.M.; SASSI, R. Planctonologia na plataforma continental do Brasil – Diagnose e revisão bibliográfica. Programa Revizee: MMA, CIRM e FEMAR. Rio de Janeiro, 1997.

CHARLSON, R., LOVELOCK, J., ANDREAE, M.; WARREN, S.G. 1987. Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate. Nature, n.326, p.655–661. https://doi.org/10.1038/326655a0.

FLACSO. 2025. Câmaras técnicas. Disponível em: https://flacso.org.br/projetos/gerenciador-cif-camaras-tecnicas/. Acesso em: 17 de novembro de 2025.

GLIBERT, Patricia M.; BURKHOLDER, JoAnn M. Causes of harmful algal blooms. In: SHUMWAY, Sandra E.; BURKHOLDER, JoAnn M.; MORTON, Steve L. (eds.). Harmful Algal Blooms: A Compendium. 2018. p. 1–38. 668 p. DOI: 10.1002/9781118994672.ch1.

HADDOCK, S.H.D.; MOLINE, M.A.; CASE, J.F. 2010. Bioluminescence in the Sea. Annual Review of Marine Science, v.2. doi:10.1146/annyrev-marine-120308-081028.

HU, C.; LI, D.; CHEN, C.; GE, J.; MULLER-KARGER, F.E.; LIU, J.; YU, F.; HE, M. 2010. On the recurrent Ulva prolifera blooms in the Yellow Sea and East China Sea. Journal of Geophysica Research, n.115, c.5. doi: 10.1029/2009JC005561.

IEMA. 2016. Mancha em Itaúnas não é pluma de rejeitos. Disponível em: https://iema.es.gov.br/mancha-em-itaunas-nao-e-pluma-de-rejeitos. Acesso em 28 de outubro de 2025.

KRÜGER, O.; GRAßI, H. 2011. Southern Ocean phytoplankton increases cloud albedo and reduces precipitation. Geop.Res. Let. Doi:10.1029/2011GL047116.

QUINN, P.K.; BATES, T.S. 2011. The case against climate regulation via oceanic phytoplankton sulfur emissions. Nature, n.480, p.51–56.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. 2020. Vitória registra fenômeno natural da maré vermelha. Disponível em: https://www.vitoria.es.gov.br/noticias/vitoria-registra-fenomeno-natural-da-mare-vermelha-39115. Acesso em 28 de outubro de 2025.

REUTERS. 2023. Severe plankton bloom off Thailand creates marine 'dead zone'. Disponível em: https://www.theguardian.com/world/2023/sep/20/severe-plankton-bloom-off-thailand-creates-marine-dead-zone. Acesso em: 28 de outubro de 2025.

SCARPATI, S. L.R. 2004. Variação temporal e espacial da comunidade fitoplanctônica em área de maricultura no Sul do Espírito Santo (Anchieta). Monografia de Graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo.

SEAMA. 2013. Algas provocam mancha vermelha na Praia de Camburi. Disponível em: https://seama.es.gov.br/algas-provocam-mancha-vermelha-na-praia-de-ca. Acesso em: 28 de outubro de 2025.

UNESCO. 2025. What are harmful algae. Disponível em: https://hab.ioc-unesco.org/what-are-harmful-algae/. Acesso em: 28 de outubro de 2025.
WILSON, T.; HASTINGS, J. W. 2013. Dinoflagelates and Krill: The sparkling clocks of the Oceans and Bioluminescent shrimp. In: Bioluminescence: Living Lights, Lights for Living. Harvard University Press. 208p.
ZHOU, M.J.; LIU, D. Y.; ANDERSON, D. M.; VALIELA, I. 2015. Introduction to the Special Issue on green tides in the Yellow Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science, n.163, p.3–8. doi:10.1016/j.ecss.2015.06.023.

CAPÍTULO 15 - Uso econômico das algas

Izabela Clara Marques Balinhas, Mariana Magnago Alves, Danilo Camargo-Santos, Stéfano Zorzal-Almeida

[1] Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo
[2] Laboratório de Ecologia e Biodiversidade de Microprodutores Aquáticos LEBIOMA/UFES. Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera-Continente-Oceano ESOLAB/UFES
[3] Professor de Biologia da rede pública estadual de ensino do Espírito Santo
[4] Professor Adjunto no Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo

Os seres humanos utilizam o oceano como fonte para muitos recursos, incluindo obtenção de alimentação humana e para animais, de substâncias para fabricação de medicamentos e produtos para uso em biotecnologia. Muitas dessas substâncias vêm de organismos marinhos, entre eles as algas, cujo uso movimenta mais de oito milhões de toneladas e bilhões de dólares anualmente, tanto por meio da colheita direta quanto do cultivo (responsável por cerca de 90% do total).

Algas como alimento

O consumo de algas como alimento é uma prática milenar, com registros desde o século IV no Japão, e permanece central na culinária de vários países asiáticos. Elas são valorizadas não apenas pelo sabor, mas também por seu elevado valor nutricional: fornecem vitaminas (A, C, E e diversas do complexo B), fibras, proteínas, minerais essenciais — especialmente iodo — e polissacarídeos funcionais que contribuem para a saúde intestinal. As macroalgas podem ser consumidas frescas ou desidratadas e aparecem em preparações variadas, como o nori (*Porphyra*) utilizado no sushi, o kombu (*Laminaria*) que compõe caldos tradicionais, e o wakame (*Undaria*), comum em sopas e saladas (Figura 1). Esses organismos fazem parte de cadeias produtivas consolidadas e representam um mercado crescente, associado tanto à gastronomia quanto à indústria de ingredientes naturais.

Figura 1: Macroalgas utilizadas na alimentação diária no Japão

Fonte: SATO *et al*. (2017).

Além das macroalgas, algumas microalgas também são consumidas por seu alto valor nutricional. Spirulina (Arthrospira) e Chlorella se destacam por concentrarem grandes quantidades de proteínas, vitaminas e pigmentos antioxidantes, sendo amplamente utilizadas como suplementos alimentares. Outras microalgas, como *Haematococcus pluvialis* e *Schizochytrium*, não são consumidas diretamente, mas fornecem compostos de alto valor agregado, como astaxantina e DHA de origem vegetal, incorporados a alimentos funcionais, bebidas e produtos nutracêuticos. A versatilidade bioquímica dessas microalgas impulsiona o desenvolvimento de novos alimentos e ingredientes sustentáveis.

O interesse global pelas algas tem crescido porque elas representam uma alternativa nutricional e ambientalmente mais eficiente que muitas culturas terrestres. Seu cultivo exige menos água, não depende de solo arável e pode ocorrer em ambientes controlados ou em sistemas de maricultura, o que as coloca no centro de discussões sobre segurança alimentar e economia azul. Assim, as algas — macro e micro — tornam-se cada vez mais presentes na alimentação humana, seja em pratos tradicionais asiáticos, em suplementos nutricionais ou como ingredientes inovadores da indústria alimentícia contemporânea.

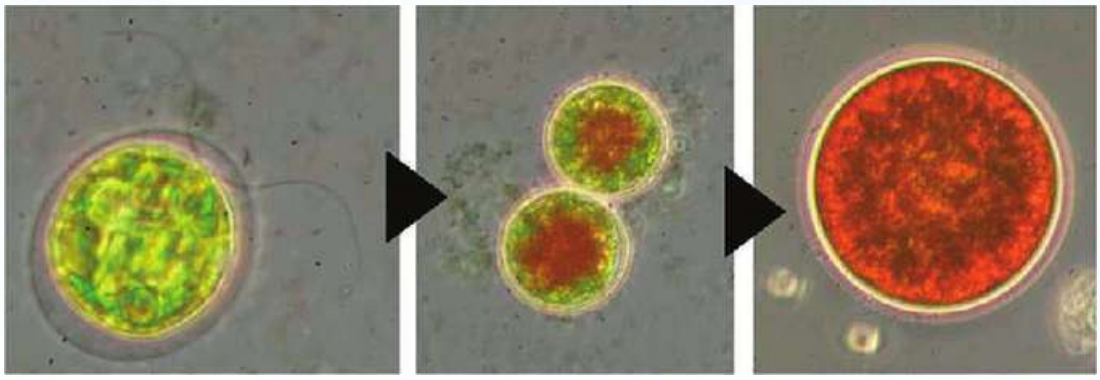
Aplicações industriais, alimentares, farmacêuticas e cosméticas

Além do consumo direto, as algas fornecem uma grande variedade de compostos utilizados nas indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética e biotecnológica. Muitas dessas substâncias desempenham papéis ecológicos importantes para as próprias algas, mas se revelam extremamente valiosas para os seres humanos. É o caso das prostaglandinas, que funcionam como moléculas de defesa e comunicação entre algas, mas apresentam propriedades anti-inflamatórias em humanos. Outro exemplo marcante é a astaxantina, um pigmento produzido especialmente por microalgas como *Haematococcus pluvialis* (Figura 2). Esse composto é empregado como suplemento nutricional devido ao seu potente efeito antioxidante e anticancerígeno, com estudos destacando seu potencial na prevenção de diabetes, doenças cardiovasculares e neurodegenerativas, além de fortalecer o sistema imunológico. A astaxantina também protege a pele contra danos causados pela radiação ultravioleta, reduzindo a formação de radicais livres e o estresse oxidativo. Embora exista a versão sintética, a astaxantina natural apresenta bioatividade significativamente maior — de duas a dez vezes — o que torna sua produção por vias biológicas promissora, ainda que mais cara.

Diversos polissacarídeos derivados de macroalgas são amplamente aplicados na indústria. O alginato, extraído principalmente de algas pardas como *Laminaria* e *Sargassum*, confere textura a alimentos, medicamentos e cosméticos, além de ser empregado em géis cicatrizantes e curativos. A carragenina, obtida de espécies como *Kappaphycus* e *Eucheuma*, é essencial para estabilizar produtos alimentícios, evitando a separação de fases e garantindo cremosidade e viscosidade em sorvetes, bebidas lácteas, pudins e diversos cosméticos. Já o ágar, proveniente de algas vermelhas como

Gelidium e *Gracilaria*, é utilizado tanto como gelatina de origem vegetal quanto como meio de cultura na microbiologia. Algas também fornecem compostos bioativos com propriedades hidratantes, antioxidantes e fotoprotetoras, amplamente empregados em cremes antienvelhecimento, protetores solares e produtos de higiene. Entre esses compostos destacam-se os fitoesteróis, capazes de reduzir a absorção de colesterol no organismo humano.

Figura 2: Haematococcus pluvialis em diferentes estágios.



Fonte: KRISTOFFERSEN *et al.* (2012).

Outro recurso de grande importância econômica é o óleo produzido por algumas microalgas, rico em ácidos graxos ômega-3, especialmente EPA e DHA. Esses lipídios são essenciais para a saúde cardiovascular e para a redução de processos inflamatórios, sendo tradicionalmente obtidos a partir do óleo de peixe. No entanto, devido ao declínio de muitas populações pesqueiras causado pela sobrepesca, microalgas tornaram-se uma alternativa mais sustentável, já que constituem a fonte primária desses ácidos graxos nos ecossistemas marinho. Além de suplementação humana, o ômega-3 de microalgas vem sendo incorporado à alimentação de peixes cultivados, elevando o valor nutricional da aquicultura marinha sem pressionar os estoques naturais. Em alguns contextos terapêuticos, produtos derivados de algas marinhas são empregados em procedimentos de talassoterapia, nos quais pomadas à base de algas são aplicadas sobre a pele e aquecidas com luz infravermelha, sendo associadas a benefícios em dores reumáticas e problemas ósseos como a osteoporose.

As algas também deixam legados geológicos importantes, como o diatomito — uma rocha formada pelo acúmulo dos frústulos silicosos de diatomáceas ao longo de milhares de anos (Figura 3). Por ser extremamente poroso e leve, esse material tornou-se essencial em diversos processos industriais, incluindo filtração de açúcares, óleos, bebidas, solventes e antibióticos. Também é empregado como aditivo de preenchimento em papéis, tintas, cerâmicas, plásticos, sabões e detergentes, além de servir como isolante térmico e acústico devido à sua resistência ao calor. Seu uso mais tradicional permanece nos abrasivos leves, como polidores metálicos e pastas de dente. Dessa forma, desde moléculas bioativas até materiais geológicos de ampla utilidade, as algas revelam um potencial econômico e industrial impressionante, conectando biotecnologia, saúde e sustentabilidade em múltiplos setores da economia contemporânea.

Figura 3: Diatomito formado por várias valvas de diatomáceas

Fonte: https://brasilescola.uol.com.br/biologia/diatomito.htm

Aplicações das algas na agricultura

As algas têm se destacado como importantes matérias-primas para a produção de carbono vegetal, especialmente na forma de biochar e hydrochar. Esses materiais são ricos em carbono, extremamente estáveis e altamente porosos, contendo oligoelementos essenciais como nitrogênio, fósforo e potássio, além de cátions trocáveis, com destaque para o potássio. O biochar derivado de algas apresenta pH entre neutro e alcalino, variando de 7 a 11, o que permite sua aplicação em diferentes tipos de solo, seja para correção da acidez, melhoria da estrutura física ou aumento da capacidade de retenção de nutrientes. Uma vantagem importante é que as algas requerem menos água e não dependem de solo fértil para cultivo, tornando-as uma das fontes mais sustentáveis de biomassa para produção desses materiais. Pesquisas recentes têm buscado inclusive modificar geneticamente espécies de algas de modo a reduzir ainda mais sua dependência de recursos naturais. Tanto o biochar, obtido por pirólise a seco em ausência de oxigênio, quanto o hydrochar, produzido em meio úmido sob alta pressão e temperaturas moderadas, têm sido empregados para biorremediação, sequestro de carbono, melhoria da fertilidade do solo e filtração de águas residuárias, graças à sua elevada capacidade de adsorção de poluentes como metais pesados.

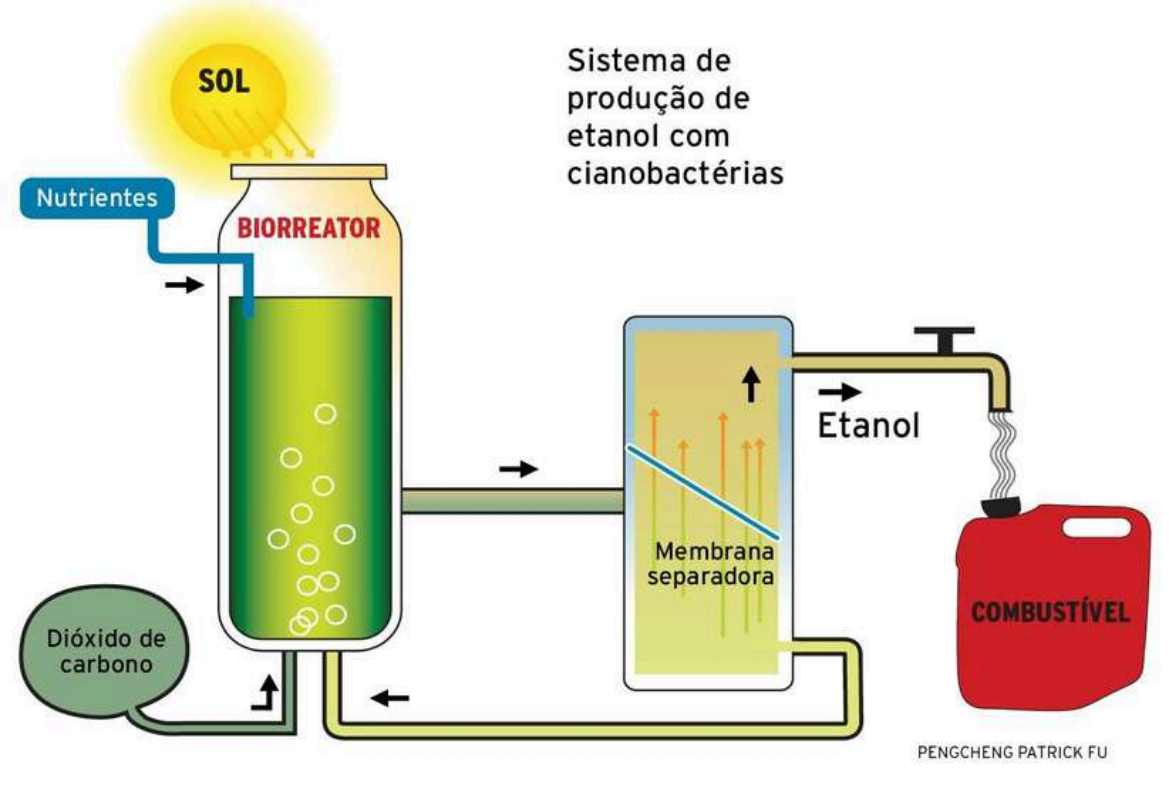
Na agricultura, outros derivados de algas têm sido amplamente explorados. Macroalgas trituradas são utilizadas como fertilizantes orgânicos que enriquecem o solo com micronutrientes importantes, enquanto seus extratos funcionam como bioestimulantes naturais, promovendo germinação, crescimento vegetal e eficiência fotossintética. Esses produtos oferecem uma alternativa mais ecológica aos fertilizantes químicos tradicionais e podem contribuir para práticas agrícolas sustentáveis. Da mesma forma, os rodolitos — formados por algas calcárias vermelhas — têm sido aplicados na correção do pH do solo e na melhoria das condições bioquímicas que favorecem o desenvolvimento de diversas culturas agrícolas.

Aplicação na pesquisa

O interesse científico pelos usos das algas tem crescido rapidamente, e múltiplas pesquisas estão em andamento para explorar novas aplicações econômicas, ambientais e tecnológicas. Na Universidade Federal do Paraná, investiga-se o uso de microalgas em fotorreatores para o tratamento de emissões gasosas provenientes da incineração de lixo, oferecendo uma alternativa para a captura de poluentes atmosféricos. No campo da biorremediação aquática, estudos mostram que certas algas são capazes de remover íons metálicos e nutrientes em excesso de efluentes de estações de tratamento e de pisciculturas, reduzindo impactos ambientais desses sistemas produtivos. Outro avanço relevante vem das pesquisas com o gênero *Asparagopsis*, cujos compostos — especialmente o bromofórmio — podem reduzir em até 97% a emissão de metano por ruminantes quando adicionados em pequenas quantidades à ração, representando uma estratégia promissora para mitigar o aquecimento global.

Do ponto de vista biotecnológico, microalgas têm demonstrado grande potencial ao transformar resíduos da cadeia produtiva de petróleo, etanol (Figura 4) e criação animal em compostos de interesse industrial, embora ainda haja desafios econômicos para ampliar a escala desses processos. A busca por novas substâncias antimicrobianas também tem se voltado às algas, especialmente devido à crescente resistência bacteriana aos antibióticos tradicionais. Compostos algais com propriedades antivirais, antibióticas e imunomoduladoras já demonstraram potencial terapêutico em estudos recentes.

Figura 4: Produção de etanol a partir de algas.



Fonte: https://revistapesquisa.fapesp.br/etanol-de-algas/

Além disso, as microalgas estão no centro das pesquisas sobre energia renovável, sobretudo na produção de biocombustíveis. Elas podem produzir grandes quantidades de óleos naturais que, após processamento, geram biodiesel com menor impacto ambiental que os combustíveis fósseis. Entre suas vantagens estão a rápida taxa de crescimento, o fato de não competirem com a agricultura por solo arável, a possibilidade de cultivo em águas residuais ricas em nutrientes — funcionando simultaneamente como forma de tratamento — e a alta capacidade de capturar CO_2 da atmosfera, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Outro campo promissor é o desenvolvimento de bioplásticos derivados de algas, que oferecem uma alternativa sustentável aos plásticos convencionais, pois sua degradação tende a gerar subprodutos assimiláveis pelo ambiente, reduzindo o impacto da poluição plástica.

Por fim, pesquisas recentes no Brasil têm destacado novas aplicações de moléculas de origem algal. Um estudo conduzido na Universidade Federal do Espírito Santo demonstrou que a astaxantina, além de seus já conhecidos efeitos antioxidantes, também reduz a degradação do colágeno e auxilia na prevenção do envelhecimento cutâneo, abrindo novas possibilidades para a indústria cosmética. Esses avanços mostram que as algas, sejam micro ou macro, representam um campo vasto e em expansão para inovação científica e tecnológica, reunindo potencial econômico, sustentabilidade ambiental e múltiplos benefícios para a sociedade.

Considerações

Apesar de seu enorme potencial biotecnológico, o uso de microalgas ainda enfrenta desafios que limitam sua expansão comercial em larga escala. A produção industrial demanda altos custos energéticos, especialmente nos processos de aeração, iluminação, concentração e secagem da biomassa. Sistemas abertos sofrem com contaminação e variação ambiental, enquanto fotobiorreatores fechados exigem investimentos elevados e manutenção especializada. A extração de compostos de alto valor, como pigmentos e ácidos graxos, ainda é tecnicamente complexa e financeiramente restritiva, e poucos cultivos conseguem manter produtividade elevada sem fotoinibição ou limitações nutricionais. Esses obstáculos tornam evidente a necessidade de inovação contínua e da formação de profissionais capacitados em biotecnologia de algas, engenharia de bioprocessos, ecologia industrial, química de produtos naturais, economia azul e gestão ambiental — áreas que vêm ganhando espaço à medida que a bioeconomia baseada em recursos marinhos se consolida.

O avanço dessas tecnologias está diretamente ligado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), 13 (Ação Climática) e 14 (Vida na Água). As microalgas têm potencial para reduzir a pressão sobre estoques pesqueiros, capturar CO_2, valorizar águas residuais e gerar produtos renováveis que substituem insumos derivados do petróleo, contribuindo para uma transição rumo a sistemas produtivos mais circulares. Entretanto, essa transição depende de políticas públicas, investimentos estratégicos e de uma força

de trabalho qualificada capaz de integrar ciência, tecnologia e gestão ambiental. Combinando conhecimento técnico e compromisso socioambiental, o uso de microalgas pode se tornar um componente central de economias sustentáveis baseadas no oceano — mas isso só ocorrerá se os desafios atuais forem enfrentados com rigor científico, planejamento e inovação.

Saiba Mais

A mesma reação que faz algumas microalgas brilharem no mar é usada em laboratórios do mundo todo. A luciferina e a enzima luciferase de dinoflagelados são empregadas como "marcadores luminosos" para acompanhar processos celulares e bioensaios.

As microalgas têm sido estudadas por agências espaciais, como a NASA e a ESA, como componentes essenciais para futuras bases lunares e missões a Marte. Por serem capazes de realizar fotossíntese em ambientes controlados, elas poderiam produzir oxigênio para respirar, fixar dióxido de carbono exalado pelos astronautas e gerar biomassa rica em proteínas e vitaminas. Em sistemas de suporte à vida fechados, microalgas funcionariam como "miniecossistemas" que reciclam ar, água e nutrientes, reduzindo a necessidade de suprimentos enviados da Terra.

Atividade Sugerida

Atividade 1 - Passeio ao supermercado ou produtos na sala.
Habilidades BNCC:
(EI02ET03); (EF02CI04); (EF02CI05); (EF02CI06); (EF08CI07); (EF03GE09); (EF04CI05); (EF07CI07); (EF07CI08); (EM13CNT203); (EF06CI04); (EF07CI08); (EF02CI05)

Objetivo: Mostrar aos estudantes que as algas — especialmente microalgas e macroalgas — fazem parte do cotidiano humano de maneira ampla, embora muitas vezes invisível.

Público: Fundamental 2, Ensino Médio e EJAI

Levar os alunos ao supermercado, onde devem procurar produtos feitos com algas (através da leitura de rótulos). Alternativamente o professor pode levar para sala de aula vários produtos com algas na constituição e mostrar os rótulos aos alunos.

Como conduzir: Divida a turma em duplas/trios e dê uma lista de palavras-chave (abaixo). Cada grupo escolhe 2 corredores (alimentos e higiene/beleza).

- Ágar-ágar (E406), Carragena / carragenina (E407; às vezes "goma carragena", Alginato / alginato de sódio/cálcio (E400–E405; ex.: E401 sódio, E404 cálcio), Extrato de algas / "alga marinha", Spirulina / Chlorella, Nori, kombu, wakame, DHA de algas / "óleo de microalgas" (em suplementos; às vezes "DHA vegetal")

Fotografar ou anotar produto + marca + ingrediente encontrado + função (ex: espessante, estabilizante, gelificante); tempo de busca: 15–20 min.
Voltar, compartilhar achados e discutir: "para que serve esse ingrediente no produto?"

Se precisarem de dicas de onde procurar: iogurtes, leites fermentados, queijos processados, requeijão, sobremesas lácteas, sorvetes e picolés cremosos, bebidas vegetais (soja, aveia, amêndoa etc.) — estabilizantes: carragena/alginato, doces em gel / sobremesas gelificadas, setor de produtos orientais: folhas de nori, kombu, wakame (ingrediente direto), carnes processadas (presunto, peito de peru, mortadela) — alguns usam carragena para retenção de água/estrutura.

Atividade 2 - Preparando gelatina com ágar

Objetivo: Demonstrar, de forma prática e sensorial, uma das propriedades tecnológicas mais importantes dos polissacarídeos derivados de algas: sua capacidade de formar géis.

Público: Infantil, Fundamental 1 e 2, Ensino Médio e EJAI
Ingredientes

- 1 colher de chá de ágar-ágar em pó (ou 1 de sopa para ponto de corte) ou conforme especificado no rótulo;
- 500 ml de água, suco ou outra bebida
- Açúcar ou suco em pó, ou geléia de frutas a gosto (se a base não for adoçada)

Modo de preparo

1. Misture o ágar com o líquido ainda frio na panela.
2. Leve ao fogo e ferva por 1 minuto, mexendo sempre. Se a atividade for com crianças, explique como foi feito, não demonstre.
   a. (O ágar só dissolve completamente quando ferve.)
3. Desligue o fogo e coloque açúcar ou saborizante. Despeje em potes ou formas e leve à geladeira. Ela endurece mesmo em temperatura ambiente, mas fica mais gostosa gelada.

Recursos complementares sugeridos

Vídeo sobre biocombustível de algas da Petrobrás: https://www.youtube.com/shorts/w0cNZLF2KJ0

Vídeos sobre aplicações comerciais de algas da USP:
https://www.youtube.com/watch?v=--M-Mxs8BVw
https://www.youtube.com/watch?v=5vK1Rxjz_wU
https://www.youtube.com/watch?v=XqsZnIGXNSA

Vídeo sobre rodolitos que também fala de aplicações humanas das algas, da USP:
https://www.youtube.com/watch?v=_agvW4fxPr8

Vídeo sobre captura de carbono das algas:
https://www.youtube.com/watch?v=k0Y-w9jP0T8
https://www.youtube.com/shorts/AvbqOunJ09U
https://www.youtube.com/shorts/XoJ-vthA9yQ

Site da Iniciativa Biochar Internacional (IBI), fala sobre biochar e seus usos:
https://biochar-international.org/profile-using-biochar-for-water-filtration-in-rural-south-east-asia/

Vídeo sobre biochar e hydrochar de algas, do Green Carbon Webinar: https://biochar-international.org/profile-using-biochar-for-water-filtration-in-rural-south-east-asia/

Vídeo sobre algas, incluindo aplicações de algas em produtos, do Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade da Universidade Federal do Rio de Janeiro: https://www.youtube.com/watch?v=0gnmP7vMPM4

Vídeo sobre tratamento de emissões de gases de incineração de lixo por microalgas: https://www.youtube.com/watch?v=7EAGxzYF6bQ

Referências bibliográficas sugeridas

AMBATI, Ramachandra Babu; MOI, Peter S.; RAVI, S.; ASWATHANRAYANA, R. G. Astaxanthin: sources, extraction, stability, biological activities and commercial applications – a review. *Marine Drugs*, v. 12, n. 1, p. 128–152, 2014. DOI: 10.3390/md12010128.

CARDOZO, Katia H. M.; GUARATINI, Thais; BARROS, Marcelo P.; FALCÃO, Vitor R.; TONON, Adriana P.; LOPES, Nádia P.; CAMPOS, Suellen; TORRES, Maria A.; SOUZA, Ana O.; COLEPICOLO, Pio; PINTO, Elisabete. Metabolites from algae with economical

impact. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, v. 146, n. 1–2, p. 60–78, 2007. DOI:10.1016/j.cbpc.2006.05.007.
CORNELLCALS – COLLEGE OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCE. Diana Reyes Gomez: Harnessing red seaweed to reduce cow methane emissions. 2024. Disponível em: https://cals.cornell.edu/news/2024/08/diana-reyes-gomez-harnessing-red-seaweed-reduce-cow-methane-emissions. Acesso em: 25 out. 2025.
DEBNATH, Tanmoy; BANDYOPADHYAY, Tirthankar K.; VANITHA, K.; BOBBY, M. N.; TIWARI, Onkar N.; BHUNIA, Biswajit; MUTHURAJ, M. Astaxanthin from microalgae: a review on structure, biosynthesis, production strategies and application. Food Research International, v. 176, 2024. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.113841.
ENCICLOPÉDIA BRITANNICA. Diatomaceous earth. Encyclopedia Britannica, 24 set. 2025. Disponível em: https://www.britannica.com/science/diatomaceous-earth. Acesso em: 24 out. 2025.
FIORAVANTI, Camila. Pesquisas indicam novos usos para as microalgas. Revista FAPESP, 2024. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/pesquisas-indicam-novos-usos-para-as-microalgas/. Acesso em: 24 out. 2025.
KRISTOFFERSEN, Arne; SVENSEN, Oyvind; SSEBIYONGA, Nicolausi; ERGA, Svein; STAMNES, Jakob; FRETTE, Øyvind. Chlorophyll a and NADPH fluorescence lifetimes in the microalgae Haematococcus pluvialis (Chlorophyceae) under normal and astaxanthin-accumulating conditions. Applied Spectroscopy, v. 66, p. 1216–1225, 2012. DOI: 10.1366/12-06634.
LITERÁKOVÁ, Petra; ZAVŘEL, Tomáš; BÚZOVÁ, Daniela; KAŠTÁNEK, Petr; ČERVENÝ, Jan. Schizochytrium and essential fatty acids. Frontiers in Nutrition, v. 11, 2024. DOI: 10.3389/fnut.2024.1290701.
LIU, Iman; OBAIDI, Sarah; NAGAR, Garima; SCALABRINO, Hannah; SHERIDAN, Hazel. The antiviral potential of algal-derived macromolecules. Current Research in Biotechnology, v. 3, p. 120–134, 2021. DOI: 10.1016/j.crbiot.2021.04.003.
McHUGH, Derek J. A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper 441. FAO, 2003.
NASCENTE, Ana S.; COBUCCI, Thiago; ARAÚJO, Marcos A. G. Lithothamnium effects on soil attributes, phosphorus utilization efficiency, and grain yield of soybeans, corn and common bean. International Journal of Agronomy, 2024. DOI: 10.1155/2024/7817281.
NEYLAN, Kristin A.; JOHNSON, Ryan B.; BARROWS, Felix T.; MARANCIK, Skyler L. H.; GARDNER, Lesley D. Evaluating a microalga (Schizochytrium sp.) as an alternative to fish oil in fish-free feeds for sablefish (Anoplopoma fimbria). Aquaculture, n. 578, 2024. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2023.740000.
ROBERTS, David A.; PAUL, Nicholas A.; DWOEJANYN, Sarah A.; BIRD, Michael I.; DE NYS, Rocky. Biochar from commercially cultivated seaweed for soil amelioration. Scientific Reports, n. 5, 2015. DOI: 10.1038/srep09665.
SARKER, Naimul K.; KAPARAJU, Prasad. Advances in algae-based bioplastics: from strain engineering and fermentation to commercialization and sustainability. Fermentation, v. 11, n. 10, p. 574, 2023. DOI: 10.3390/fermentation11100574.

iSATO, Naoki; MORIYAMA, Takashi; MORI, Natsumi; TOYOSHIMA, Masakazu. Lipid metabolism and potentials of biofuel and high added-value oil production in red algae. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 33, 2017. DOI: 10.1007/s11274-017-2236-3.

SHAH, Mohammad M. R.; LIANG, Ying; CHENG, J. J.; DAROCH, Mauricio. Astaxanthin-producing green microalga Haematococcus pluvialis: from single cell to high value commercial products. Frontiers in Plant Science, v. 7, 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.00531.

UNESCO. Cultura Oceânica para todos: kit pedagógico. Manuais e Guias da COI, 80, 2020. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373449. Acesso em: 24 out. 2025.

WILSON, Tessa; HASTINGS, John W. Dinoflagellates and krill: the sparkling clocks of the oceans and bioluminescent shrimp. In: Bioluminescence: Living Lights, Lights for Living. Harvard University Press, 2013. 208 p.

CAPÍTULO 16 - Manguezais

Lucas de Oliveira Bezerra[1]

[1] Grupo de Pesquisa ESOLab - Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES

Introdução - Características e descrição do ambiente

O Manguezal é um ecossistema costeiro (ver capítulo 8 - Ecossistemas Costeiros) típico de regiões tropicais e subtropicais, estabelecido na zona de entremarés, onde ocorre a transição entre ambientes marinhos e terrestres. Desenvolve-se normalmente em estuários, local onde existe o encontro da água doce continental com a água salgada oceânica, resultado em águas salobras (Figura 1).

Figura 1. Ecossistema Manguezal desenvolvido em ambiente estuarino.

Fonte: Daniel Oliveira Sabbagh.

Os manguezais ocupam áreas baixas e planas, com solos lamacentos (Figuras 2 e 3) e ricos em matéria orgânica e frequentemente com pouco oxigênio (anóxico) devido à decomposição lenta realizada por bactérias anaeróbicas. Os manguezais ainda recebem influência das variações da maré que irão modificar a salinidade do ambiente, bem como da alta radiação solar, ventos e ondas fortes.

Figuras 2 e 3. Ecossistema Manguezal preservado com a vegetação de mangue crescendo no solo lamacento.

Fonte: Daniel Oliveira Sabbagh (2) e própria autoria (3).

Existe diferença entre Manguezal e mangue?

Quando pensamos na palavra Manguezal estamos nos referindo ao ecossistema, com as características apresentadas acima. Contudo, quando pensamos na palavra mangue estamos nos referindo às espécies vegetais que são adaptadas às condições dos manguezais (Figuras 4 e 5). Logo, o Manguezal é um ecossistema onde estão incluídos os mangues, mas também a fauna e fatores abióticos.

Figuras 4 e 5. Na imagem da esquerda, é possível reconhecer uma árvore mangue-vermelho com seus rizóforos em formato de arco saindo da água. Na imagem da direita, é uma árvore de mangue-preto com o tronco escuro crescendo em um solo arenoso.

Fontes: Daniel Oliveira Sabbagh (4) e própria autoria (5).

Diferente das Restingas e Marismas, que possuem ambientes com plantas de pequeno a grande porte, além de serem outro ecossistema com condições diferentes, o Manguezal possui plantas lenhosas e adaptadas que podem formar florestas extensas próximas aos rios, estuários, mar, mas também em ilhas.

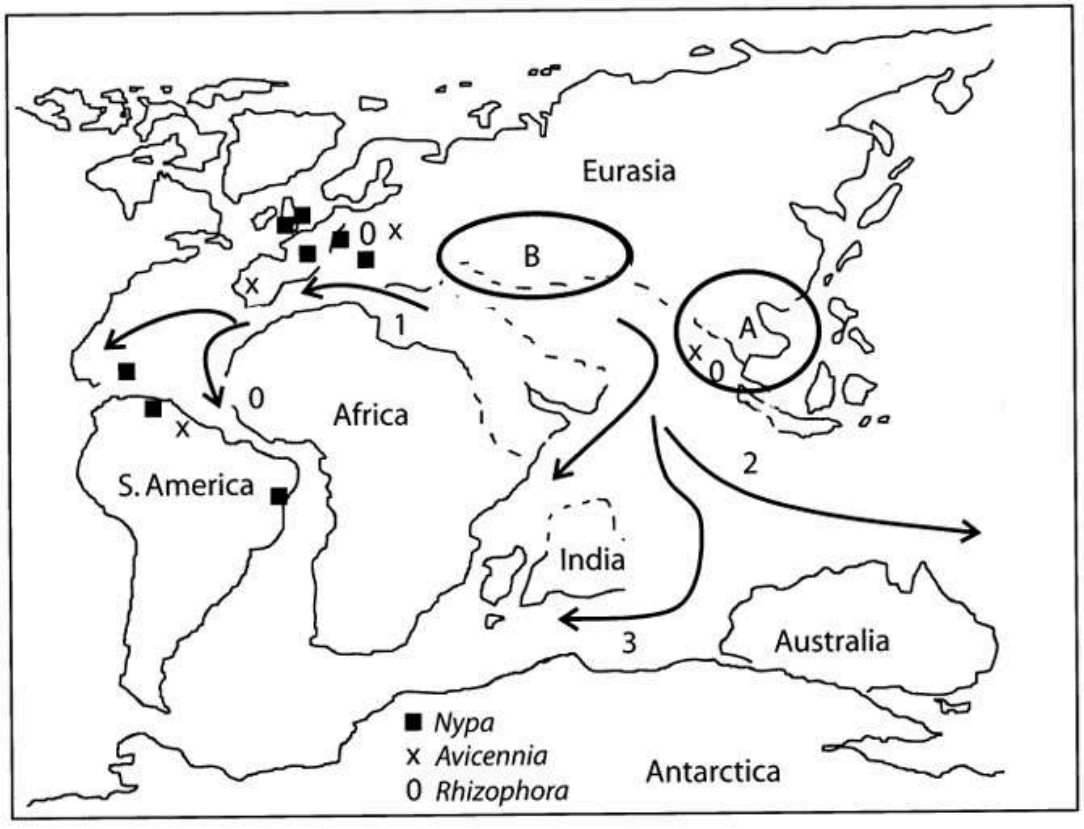
Como surgiram os manguezais?

Pensando que os manguezais ocorrem em diferentes ambientes, é interessante entender como esses ambientes surgiram e passaram a ocupar essas áreas ao redor da Terra. Surgimento dos manguezais ainda é discutido entre pesquisadores, havendo controvérsias de como os manguezais surgiram e se distribuíram.

Com os avanços nos estudos de fósseis de plantas, os pólens foram importantes para chegar a duas hipóteses (Figura 6), ou seja, duas prováveis explicações, de como isso aconteceu.

A primeira hipótese sugere que os manguezais surgiram de um centro único de origem, no Sudeste Asiático, e depois se dispersaram. Já a segunda hipótese sugere que os manguezais se fragmentaram de um agrupamento ancestral comum, próximo ao Mar de Tétis (atual Mar Mediterrâneo, Negro, Cáspio e Aral) e foram distribuídos pelo globo, devido a separação dos continentes (Deriva Continental), através de três rotas (Atlântica, Pacífica e conexões com o Istmo do Panamá).

Figura 6. Mapa com informações do registro de pólen de plantas de mangue com a proposta dos centros de origem de surgimento dos Manguezais (A e B) e as rotas de dispersão das espécies de mangue (setas pretas).



Fonte: Lacerda, L. D. *et al.*, 2002.

Fósseis de pólen, sobretudo do gênero Nypa, foram importantes para ajudar a contar a história desse ambiente. Nypa fruticans Wurmb., única espécie viva do grupo, indica que os manguezais existem há pelo menos 95 milhões de anos atrás. Contudo, os manguezais brasileiros são formações mais recentes, tendo entre 3.500 e 5.000 anos de surgimento.

Distribuição dos Manguezais

Os manguezais são tão bem distribuídos que se desenvolvem nas regiões costeiras de 104 países (Figura 7). Atualmente as florestas de Manguezal possuem uma extensão de 145.068 km² ao redor de todo o planeta, além de destacar onde estão os maiores centros florestais de manguezais: Ásia (39%), Américas e Caribe (30%), África (19%) e Oceania (12%).

Figura 7. Distribuição global dos ecossistemas de Manguezal.

Fonte: IUCN, 2024.

Os três países com maiores áreas de Manguezal são Indonésia (28.631,43 km²), Brasil (12.148,80 km²) abrigando cerca de 8,4% dos manguezais do planeta, e Austrália (10.529,92 km²).

Os manguezais brasileiros ocorrem desde o Amapá até Santa Catarina, normalmente associado à Mata Atlântica, mas também presentes na região amazônica. Assim, estão presentes em 16 dos 17 estados costeiros, variando em extensão, estrutura da floresta e composição de espécies.

Ambientes do Manguezal

Por se tratar de um ambiente de transição, existem partes do Manguezal que possuem influências diferentes dos fatores abióticos aos quais estão expostas. Por isso, dentro do Manguezal existe um zoneamento, que é conhecido como zonas, feições (explicação no Saiba Mais) ou ambientes.

A feição que está mais próxima dos estuários, rios e do mar, é a zona do Lavado. É uma zona regularmente inundada, constantemente “lavada” pelo movimento das águas (Figuras 8 e 9). Quando na maré baixa, o Lavado apresenta bancos de lama expostos, muitas vezes com a presença de caranguejos e aves que buscam esse ambiente para se alimentar. Em alguns lugares, nesse mesmo ambiente, é possível encontrar o capim-marinho (*Spartina sp.*) que ajuda na fixação de lama, areia e outros componentes para

formar o solo dos manguezais.

Figuras 8 e 9. Ecossistema Manguezal com foco na feição Lavado. Na imagem à esquerda conseguimos reconhecer o banco de lama exposto na maré baixa. À direita vemos o Lavado com a maré alta, com a água quase tocando os galhos das árvores.

Fonte: Daniel Oliveira Sabbagh.

A feição do Bosque de Mangue é um ambiente intermediário, onde encontramos as espécies de mangue formando florestas densas (Figuras 10 e 11). Os bosques podem ser formados por uma única espécie de mangue ou mais de uma espécie. Os bosques abrigam grande biodiversidade devido aos vários micro-habitats, que permitem que a fauna use o ambiente para alimentação, abrigo e crescimento.

Figuras 10 e 11. Ecossistema Manguezal com foco na feição do Bosque de Mangue. À esquerda conseguimos observar o Bosque inundado nas marés altas, enquanto à direita durante os períodos de maré-baixa, com o solo lamacento.

Fonte: Daniel Oliveira Sabbagh.

O Apicum é um ambiente mais interno e menos inundado. Seu solo é mais salino, arenoso e compacto do que o do Lavado, onde desenvolvem-se plantas tolerantes à salinidade e alta radiação, como Salicornia, Sesuvium e Sporobolus (Figuras 12 e 13). Também são encontradas espécies associadas e de transição no Apcium, como a samambaia-do-brejo (*Acrostichum aureum* L.), o mangue-de-botão (*Conocarpus erectus*), capim-praturá (*Spartina alterniflora*) e o algodoeira-da-praia (*Hibiscus tiliaceus*).

Figuras 12 e 13. Ecossistema Manguezal com foco na feição do Apicum. Conseguimos perceber o solo bem arenoso com poucas árvores e mais plantas rasteiras. No meio dessa vegetação baixa, a fauna usa a vegetação para se esconder de predadores.

Fonte: Daniel Oliveira Sabbagh.

Mangues e outras plantas do Manguezal

Entre as espécies de plantas que vivem nos manguezais, nós podemos reconhecer dois grupos: os mangues-verdadeiros e as espécies associadas. Os mangues-verdadeiros são espécies de plantas altamente adaptadas às condições desafiadoras dos manguezais. Já as espécies associadas toleram parcialmente essas condições do Manguezal e ocupam áreas de transição.

As adaptações são características físicas, fisiológicas ou de comportamento, que aumentam as chances de uma determinada espécie sobreviver e se reproduzir em um determinado ambiente. As adaptações são um processo pelo qual as espécies passam ao longo da história evolutiva delas e podem ser resultado de mutações genéticas, que pela ação da Seleção Natural, é selecionada e se torna mais comum em um grupo de indivíduos da mesma espécie (população) ao longo das gerações.

Das adaptações encontradas nas plantas de mangue, podemos citar:

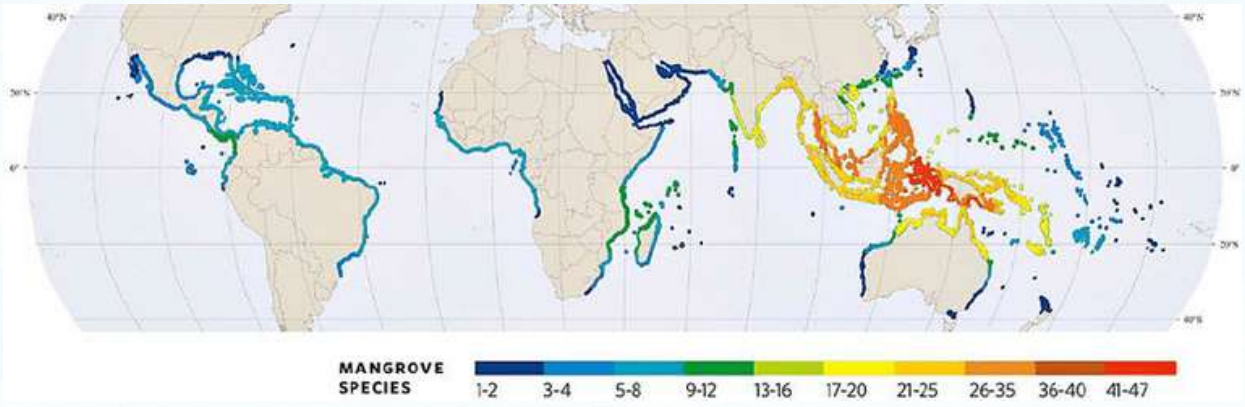
- Os pneumatóforos (Figura 14) são extensões das raízes dos mangues que ficarão expostas para fora do solo lamacento, ou da água, para melhorar o processo de respiração e trocas gasosas das plantas de mangue-preto e mangue-branco.
- Os rizóforos, formam estruturas que lembram arcos (Figura 15), auxiliando no processo de fixação da planta no solo mole e nas trocas gasosas também.
- Glândulas de sal estão presentes nas folhas das plantas de mangue-preto e mangue-branco, que auxiliam a expulsar o sal em excesso absorvido pela planta. Às vezes é possível ver o sal acumulado nas folhas (Figura 16).
- Os propágulos (Figura 17) são sementes vivíparas que flutuam, resistem ao ressecamento e que quando estão em um ambiente ideal, iniciam o enraizamento sem passar por germinação, como ocorre normalmente em outras plantas.

Figuras 14, 15, 16 e 17. Adaptações das plantas de mangue: Pneumatóforos, rizóforos, glândulas de sal e propágulos, respectivamente.

Fontes: Daniel Oliveira Sabbagh (14, 15 e 16) e própria autoria (17).

Atualmente são reconhecidas aproximadamente 60 espécies de mangues-verdadeiros no planeta, com a maioria podendo ser encontrada no Indo-Pacífico. No Brasil a presença das espécies de mangue irá variar de acordo com a proximidade dos manguezais da Linha do Equador. Isso ocorre pois os mangues desenvolvem-se melhor em ambientes mais tropicais e com temperaturas mais quentes do que áreas temperadas ou com temperaturas mais frias (Figura 18).

Figura 18. Mapa global das zonas de distribuição de manguezais e número de espécies de mangue para cada região.



Fonte: Deltares, 2014.

Nos manguezais brasileiros ocorrem seis espécies de mangue, estas são: mangue-branco, também conhecida como mangue-manso ou tinteira (*Laguncularia racemosa* - Figura 19); os mangues-pretos, também conhecidos como sereíba ou siribeira (*Avicennia germinans* e *A. schaueriana* - Figura 20) e os mangues-vermelhos, também conhecidos como mangue-sapateiro ou mangue-verdadeiro (*Rhizophora harrisonii* , *R. mangle* e *R. racemosa* - Figura 21).

Além dos mangues, o Manguezal também abriga plantas epífitas (líquens, musgos, bromélias, orquídeas, samambaias, filodendros, cactos, rasteiras e hemiparasitas – erva-de-passarinho) e algas (*Rhizoclonium* spp., *Monostroma* sp., *Bostrychia* spp., *Catenella* spp. e *Caloglossa* spp.).

Figuras 19, 20 e 21. Espécies de mangue mais comuns encontradas no Brasil: Mangue-branco, mangue-preto e mangue-vermelho, respectivamente.

Fonte: Daniel Oliveira Sabbagh.

Fauna do Manguezal

A fauna do Manguezal não é exclusiva deste ambiente, mas podem utilizá-lo como berçário, abrigo ou local para alimentação. Entre os grupos mais comuns, destacam-se os peixes (baiacus, robalos, tainhas, cavalos-marinhos, etc.), aves (garças, guará, colhereiro [Figura 22], martins-pescadores, biguás, etc.), mamíferos (mão-pelada, lontras, peixe-boi, esquilo [Figura 23], cachorro-do-mato, etc.), répteis (tartaruga-verde, jacaré-do-papo-amarelo [Figura 24], teiú, calango, etc.), crustáceos (caranguejo-uçá, guaiamum [Figura 25], chama-maré, aratus, caranguejo-arborícola, siris, etc.), moluscos (ostras, sururus, teredos ou turus, caramujo-do-mangue, lebre-do-mar, vôngole, etc.).

Figuras 22, 23, 24 e 25. Exemplos de fauna presentes nos ambientes de Manguezal: Colhereiro, Esquilo caxinguelê, acaré-do-papo-amarelo.e Caranguejo guaiamum.

Fonte: Daniel Oliveira Sabbagh.

Os animais que vivem no Manguezal também possuem formas de sobreviver às condições do ambiente e desenvolveram adaptações para sobreviver, como formas de filtrar a água, controlar a entrada ou saída de sal dos seus sistemas.

Além disso, a variedade de microhabitats – como a lama e as tocas, raízes, troncos e copas – favorece a grande biodiversidade de fauna encontrada nos manguezais.

Serviços Ecossistêmicos - Importância Bioecológica e Socioeconômica

Devido o Manguezal ser um ecossistema tão complexo e tão biodiverso, que apenas por existir, ele oferece uma série de benefícios que são essenciais para os ambientes, para o bem-estar das espécies e das populações, de forma a contribuir com o equilíbrio global junto aos outros organismos e ecossistemas.

Entre os benefícios que podemos citar estão:

- Proteção costeira contra erosão: Reduzem o impacto de eventos extremos ao reduzir a energia de ondas e tempestades, diminuindo a erosão costeira.
- Berçário para espécies: Ajudam a sustentar ciclos reprodutivos de diversas espécies, além de ser refúgio e abrigo para espécies migratórias.
- Sequestro e estoque de carbono atmosférico: Retiram grandes quantidades de carbono atmosférico, que aumentam os efeitos das mudanças climáticas, e acumulam no solo e nas árvores formando um estoque.
- Fonte de matéria orgânica e nutrientes: Contribuem para a continuidade da cadeia trófica em ambientes marinhos e estuarinos.
- Filtro biológico: Retêm sedimentos, diminuem os impactos de contaminantes e nutrientes em excesso no ambiente, transformando em compostos mais simples, ajudando na purificação das águas.
- Fonte de recursos para povos tradicionais: Fornecem recursos pesqueiros, madeireiros e culturais fundamentais para a sustentação de práticas originárias e povos tradicionais.

O Manguezal e nós

Os Manguezais inspiram tradições, práticas produtivas e manifestações culturais em todo o território brasileiro, como por exemplo:

- Região Norte: Carimbó, Tambor de Crioula, culto à Cobra-Grande ou “Boipuna”.
- Nordeste: Movimento Manguebeat com Chico Science e Nação Zumbi, Maracatus, Coco de Roda e Festivais do Caranguejo.
- Sudeste: Ofício da Panela de Barro Capixaba, Congo, Folia de Reis, pratos típicos.
- Sul: Pesca colaborativa com botos, coleta de berbigão.

Além dessas, outras práticas como a pesca, mariscagem e cata artesanal são muito comuns ao longo de todo o litoral do Brasil, sendo importante para inúmeras famílias. Contudo, apesar de sua importância, o Manguezal enfrenta diferentes ameaças, como o desmatamento, aterros, poluição doméstica e industrial, dragagens, alterações nos ciclos hidrológicos e a exploração predatória de recursos. Esses impactos comprometem a integridade ecológica e dos serviços ecossistêmicos prestados pelos manguezais.

Figura 26. Tainha como recurso pesqueiro oferecido pelo ecossistema em área de Manguezal do Rio Santa Maria da Vitória (ES).

Fonte: Daniel Oliveira Sabbagh.

Ao mesmo tempo, diversos projetos, instituições, comunidades tradicionais e iniciativas de educação ambiental atuam na conservação e na sensibilização a respeito dos manguezais, reforçando sua relevância em um cenário de mudanças climáticas e aumento da vulnerabilidade costeira.

Saiba Mais

O que são Ecossistemas? Os ecossistemas, do grego oîkos (“casa”, “lar”) e do latim sýstema (derivado do grego sístēma), são formados pelo conjunto de grupos de seres vivos de diferentes espécies que interagem entre si, e que vivem em uma região onde interagem com os fatores abióticos, como radiação, temperatura, umidade e solo, que influenciam a vida desses seres.

O que são os mangues? Os mangues são as espécies de plantas que surgiram nos ambientes de Manguezal e que possuem adaptações para sobreviver nesse ambiente que conta com variação de sal, inundações e exposição ao sol durante as variações de maré, e à lama que possui pouco oxigênio para as plantas.

Quais são os Ecossistemas Costeiros? Os ecossistemas costeiros, ou áreas úmidas, são aqueles que ocorrem no ambiente de transição entre o continente e o oceano, e podem ser compostos por uma grande diversidade de ambientes, incluindo Manguezais, Recifes de Corais, Dunas, Restingas, Praias Arenosas, Costões Rochosos, Lagoas, Estuários e Marismas.
No Brasil, quando nos referimos aos biomas ou ecossistemas brasileiros, devemos escrevê-los iniciados em letra maiúscula (Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Manguezal, Restinga, Recifes de Corais, etc.) de acordo com a recomendação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Como os pólens podem ajudar a estudar os fósseis? O grão de pólen é a estrutura que contém os gametas masculinos necessários para haver reprodução entre plantas. São formados de proteínas, vitaminas, minerais, aminoácidos, carboidratos e gordura, que o deixam rígido, difícil de se quebrar e até mesmo de se dissolver. Assim, podem ser encontrados preservados em diferentes camadas de rochas e solo. Isso permite seu uso em estudos que buscam entender o ambiente e os seres vivos do passado.

O que é a costa ou região costeira? O termo costa está relacionado à linha que separa o Oceano do Continente, também conhecida como região costeira ou litoral, que também incluí a faixa terrestre próxima a essa linha. A região costeira é um ambiente que está sujeito às ações dos ventos, ondas e rios, que atuam moldando essa área.

O que são feições? As feições podem ser entendidas como a aparência que a vegetação apresenta e que conseguimos distinguir uma da outra no ambiente. Como por exemplo, uma floresta com árvores grandes e um campo com plantas pequenas. Mesmo que os manguezais sejam conhecidos por ter três feições ou ambientes, não são todas as áreas que possuem as três feições. A presença delas e a sua ocorrência depende das condições ambientais locais.

Um outro grupo de organismos que também está presente nos manguezais é o dos fungos. Os manguezais possuem uma grande diversidade de fungos que atuam na decomposição e na ciclagem de matéria orgânica no ambiente, distribuindo-a de forma mais simples para outros organismos (Figura 27).

Figura 27. Fungo orelha-de-pau crescendo em tronco em decomposição em Bosque de Mangue.

Fonte: Daniel Oliveira Sabbagh.

Atividade Sugerida

Atividade 1

- Habilidades BNCC: EI02CG01, EI02TS03, EI03CG01, EI03CG03, EI03TS02, EI03EF01.

Público: Educação Infantil

"Quem vive no Manguezal?" - A atividade tem como finalidade a identificação de animais e plantas do Manguezal.

- Em espaço formais: Produção de cartões ilustrados com imagens de animais e plantas que vivem no Manguezal. As crianças devem separar em: "Vive na Água", "Vive na Lama", "Vive nas Árvores", bem como fazer reflexões sobre as relações entre os seres vivos nesse ambiente. É possível trabalhar sons e formas como esses seres vivem ou se locomovem no ambiente dos manguezais.
- Em espaços não formais: Visita a área de manguezal com trilha para visitação guiada para observação e interação com o ambiente, reconhecendo os elementos presentes.

Atividade 2

- Habilidades BNCC: EF02CI04, EF02CI05, EF02CI06, EF03CI09, EF05CI02, EF05CI03.

Público: Ensino Fundamental - Anos Iniciais

"Mini-Manguezal em PET" - A atividade tem como finalidade a construção de microhabitat com características semelhantes ao ambiente de Manguezal para simular as condições e características do ambiente.

- *Em espaços formais*: Construir um terrário simples com tipos diferentes de sedimentos (areia, argila), água salobra, e plantas halófitas (ou suculentas) ou sementes de mangues (propágulos). É possível trabalhar os assuntos relacionados à salinidade, ao solo, à fauna e à variação das marés.

Atividade 3

- Habilidades BNCC: EF07CI13, EF09CI13, EF09CI11, EF07CI13, EF07CI07, EF03CI07.

Público: Ensino Fundamental - Anos Finais

"Manguezal como Escudo Climático" - Atividade com finalidade de entender a importância dos manguezais frente às mudanças climáticas, discutindo e refletindo sobre suas adaptações e serviços ecossistêmicos prestados.

- Em espaços formais e não formais: Construção coletiva de mapa utilizando informações da atual distribuição dos manguezais ao redor do globo, levantando discussões sobre mudanças climáticas e aumento do nível do mar, bem como discutir os serviços ecossistêmicos (proteção costeira, estoque de carbono, filtro biológico, etc.).

Atividade 4
Habilidades BNCC: EM13CNT101, EM13CNT203, EM13CNT104, EM13CNT206.

Público: Ensino Médio
"Oficina de Serviços Ecossistêmicos do Manguezal" - Atividade consiste em formar grupos com os alunos para cada serviço ecossistêmico oferecido pelos manguezais e promover discussões sobre quais são, quem é beneficiado e quais as ameaças a esses serviços.

- Em espaços formais e não formais: Assim, cada grupo formado deverá realizar uma pesquisa envolvendo uma explicação científica, um exemplo real (a nível nacional, regional ou local), as ameaças atuais, e propostas de solução para essas ameaças, a fim de realizar discussões e reflexões sobre atuação individual e coletiva.

Atividade 5
Habilidades BNCC: Competências Gerais 4, 7 e 10.

Público: Ensino de Jovens, Adultos e Idosos
"Mapeamento Comunitário Participativo" - Atividade com finalidade de identificar usos do Manguezal pela comunidade (Pesca, Coleta, Turismo, Educação Ambiental, Cultura, etc.).

- Em espaços formais e não formais: Produzir mapas afetivos e socioambientais com base nas relações dos estudantes com os ambientes de Manguezal e seus elementos associados. Detectar problemas e gerar debates sobre possíveis soluções e movimentos que podem ser feitos para mudar a realidade levantada e debatida a partir das vivências dos estudantes.

Recursos complementares sugeridos

- *Livros*
- Relatório Oceano sem Mistérios: Carbono Azul dos Manguezais - Fundação Grupo Boticário.
- Atlas dos Manguezais do Brasil - ICMBio.
- Educação Ambiental sobre Manguezais - UNESP, Grupo de Pesquisa em Biologia de Crustáceos (CRUSTA).
- Cartilha Manguezal: Características e contribuições do ecossistema - RedesMaré e Petrobrás.
- Caderno do Educador: Material para Consulta - Os Mangues do Nosso Manguezal - Um Mangue no Meu Quintal, Fundação Florestal e Governo do Estado de São Paulo.
- Manguezais: Educar para Proteger - Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e Estado do Rio de Janeiro (Projeto PLANÁGUA SEMADS)

- SOS Manguezais: Manguezal legal! Conhecer para Conservar - SOS Manguezais, ONG Instituto COMAR.
- Manguia: Guia de Identificação de Espécies de Mangue - Projeto Mangues de Pedra.
- Manual de Ecossistemas Marinhos e Costeiros para Educadores - Rede BIOMAR: Projeto Albatroz, Projeto Baleia Jubarte, Projeto Coral Vivo, Projeto Golfinho Rotador - Fernando de Noronha e Projeto Tamar.

Podcasts

- Biologismo (Canal do YouTube) - Manguezais com Pedro Belga - Podcast Biologismo Mangues da Amazônia (Canal do YouTube) - A Importância do Ecossistema Manguezal com Dr. Marcus Fernandes - Podcast Vozes do Mangue
- Vozes do Planeta - Os Manguezais podem salvar o Planeta? com Marília Cunha Lignon, Marina Gil,Beatriz Eiko Kitagami, Letícia Teixeira Cordeiro e Pedro Belga.

Obras de arte (Pinturas, músicas, textos, etc.)

- Obras da série Mangue da artista afro-brasileira Rosana Paulino.
- Da Lama Ao Caos - Chico Science e Nação Zumbi

Perfis de Organizações, Institutos ou Atores de Educomunicação Socioambiental

- Projeto Mangues de Pedra, Manguezal Vivo, SOS Manguezal, Projeto do Mangue ao Mar , Projeto UÇÁ, Mangue na Mídia, Mangues da Amazônia, Projeto Dona CaranguEJA e Instituto Caranguejo de Educação Ambiental

Referências bibliográficas sugeridas

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas dos manguezais do Brasil**. p. 176. Brasília: MMA, 2018.

DE LACERDA, L. D. et al. American Mangroves. Mangrove Ecosystems: Function and Management. Springer Science & Business Media, 2002.

MUNFORD, Danusa; LUIZ FRANCO, Santer Matos. Ciência viva. Biologia: área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: volume único: Ensino médio. 1. ed. São Paulo: 2024.

TURRA, A. et al. Manguezal/Mangrove Forest. Manguezal = Mangrove Forest. p. 224. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, 2023.

University Corporation for Atmospheric Research. Pollen: More Than Just an Allergen. Disponível em: <https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/pollen-more-just-allergen>. Acesso em: 11 nov. 2025.

Capítulo 17 - Efeito Coriolis

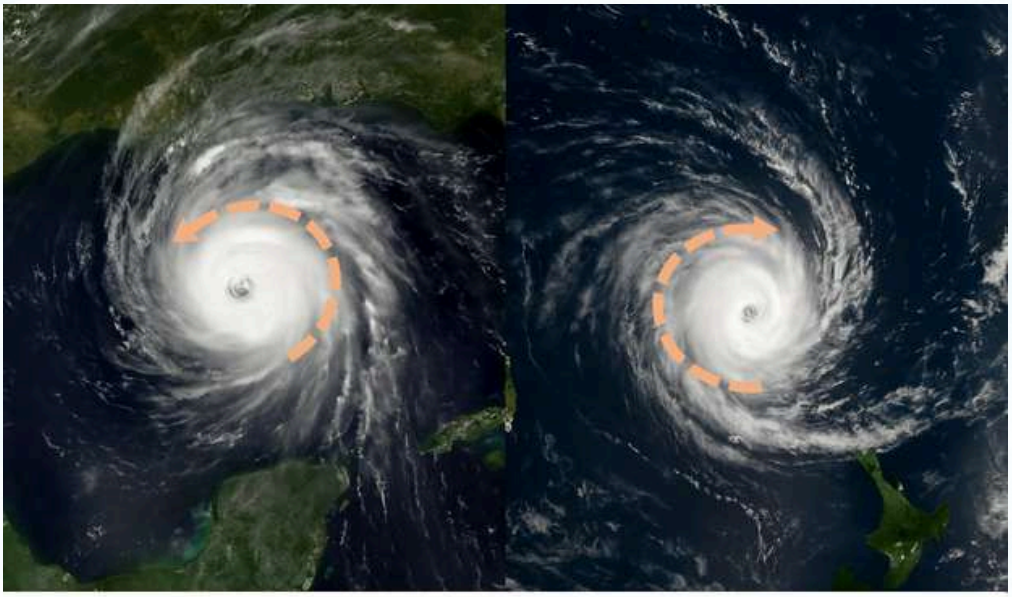
Júlia Tavares Salviato[1]

[1] Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon

Você já se perguntou por que as tempestades formadas no sul do país nem sempre chegam a baixas latitudes? Já reparou que os furacões giram em sentidos diferentes (Figura 1) no Hemisfério Norte (HN) e no Hemisfério Sul (HS)?
A resposta para esses questionamentos está na existência de uma força fictícia, derivada da rotação da Terra: o efeito de Coriolis.

O efeito de Coriolis é essencial para entender o comportamento dos ventos e das correntes oceânicas, que, por sua vez, influenciam o clima, a formação de tempestades e o transporte de calor e poluentes pelo planeta. A trajetória de aviões e navios também pode ser afetada por essa força fictícia, sendo necessária a correção de rotas para se chegar a um destino correto.

Figura 1: Comparação entre um furacão no Hemisfério Norte (à esquerda, Furacão Katrina – 2005) e um ciclone no Hemisfério Sul (à direita, Ciclone Ian – 2014).



Note que, devido ao efeito de Coriolis, os sistemas giram em sentidos opostos: anti-horário no Norte e horário no Sul.
Fonte: NASA/NOAA (2005; 2014). Montagem elaborada pela autora

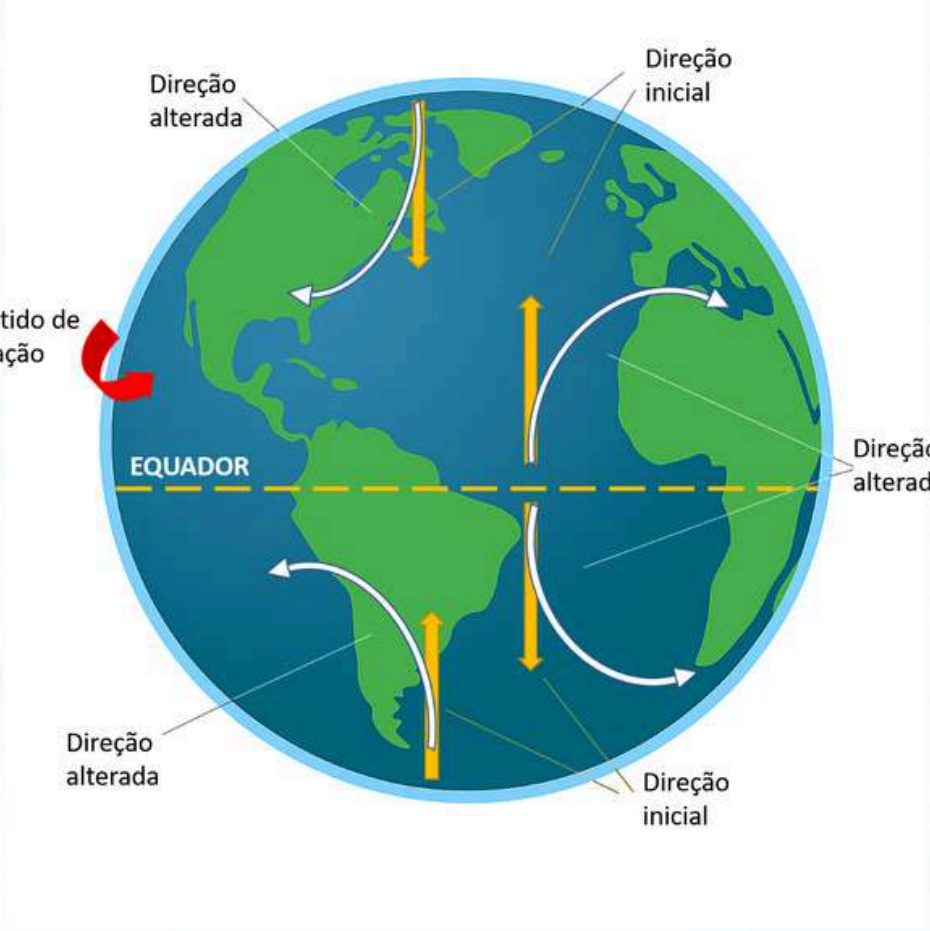
1. Conceito Físico do Efeito de Coriolis

Quando observamos os movimentos a partir da superfície terrestre, estamos vendo tudo sob o efeito da rotação da Terra, um referencial acelerado, não inercial. Sob essa ótica, surgem “forças aparentes” que não têm origem em interações reais, mas na própria rotação do referencial.

O efeito Coriolis é uma força fictícia, que causa um desvio aparente em um objeto que está se movimentando sobre um corpo que está girando, nesse caso, sobre a Terra. Esse efeito é perceptível em trajetórias de longas distâncias.

Acontece que, a Terra por ser esférica e rotativa, pontos em diferentes latitudes em sua superfície, tem diferentes velocidades lineares, sendo maior no Equador e menor nos polos. Assim, quando um objeto se desloca horizontalmente por grandes distâncias — especialmente mudando de latitude — ele passa a se mover sobre regiões que giram a velocidades diferentes daquelas que possuía ao partir. Essa diferença faz com que, ao longo do trajeto, surja um desvio aparente na sua rota, conhecido como efeito de Coriolis.

Figura 2: Esquema de desvio causado pelo Efeito de Coriolis no Hemisfério Norte (à direita do movimento) e no Hemisfério Sul (à esquerda do movimento).



Fonte: Elaborado pela autora.

1.1. A força aparente

A velocidade com que a Terra gira, como visto no capítulo de Rotação e Translação (Capitulo 20) varia ao longo das latitudes. Pontos localizados no Equador percorrem 1.670 km em uma hora, possuindo uma velocidade de rotação alta. Nos polos, por outro lado, a rotação é extremamente devagar, se aproximando de zero.

Imagine uma situação em que você esteja em Belém do Pará e lance uma bola com força sobre humana para um colega em Goiânia. A bola sairá de um local com velocidade de rotação alta para um local de velocidade de rotação mais baixa. Como a Terra gira de Oeste para Leste, essa bola terá seu destino alterado para a esquerda, possivelmente chegando em Minas Gerais.

O mesmo desvio, à esquerda do movimento, também ocorre se invertermos as posições do lançamento da bola do exemplo anterior. Se a bola partisse da colega em Goiânia, com destino a Belém do Pará, o efeito de Coriolis desviaria essa bola novamente para a esquerda do movimento, podendo chegar em Manaus. Nesse cenário, a bola sairia de um ponto de menor velocidade para um ponto de maior velocidade.

Em qualquer local do Hemisfério Sul, o efeito de Coriolis provocará um desvio para a esquerda. Utilizando a mesma lógica e trocando o hemisfério, é possível perceber que o destino final de um projétil será alterado para a direita do movimento, no Hemisfério Norte.

2. Manifestações Naturais do Efeito de Coriolis

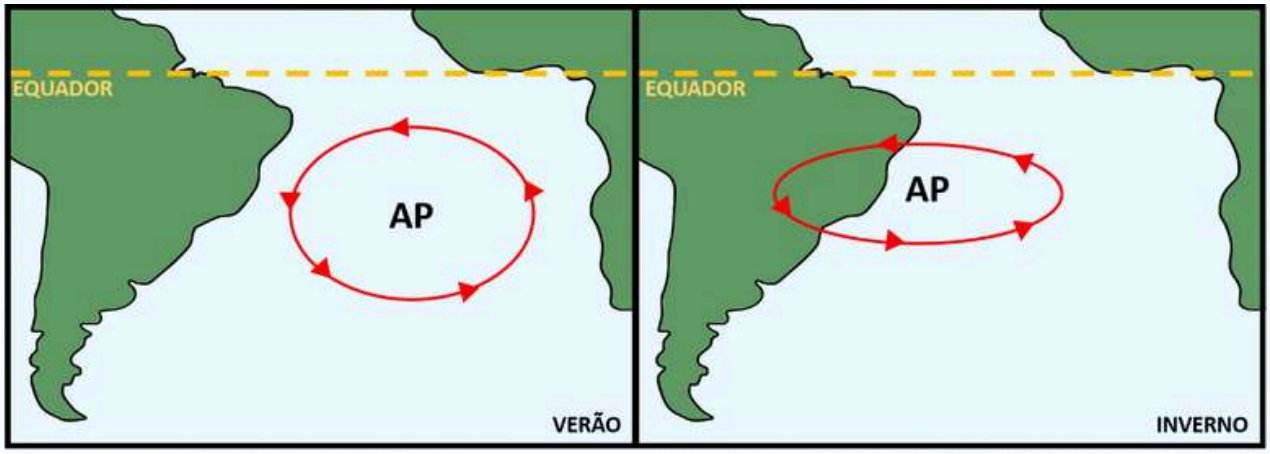
2.1. Na atmosfera

O clima da América do Sul é influenciado em grande parte pelo posicionamento do centro de alta pressão do Atlântico Sul – também chamado de Anticiclone do Atlântico Sul ou Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). O efeito de Coriolis promove a existência, manutenção e comportamento desse sistema.

Como a Terra possui diferenças de aquecimento, existe a formação de centros de alta e de baixa pressão. Esses centros são responsáveis por parte da circulação atmosférica, na transferência de calor de um centro de alta pressão para um centro de baixa pressão. O vento ao sair do centro de alta pressão (AP) em direção ao centro de baixa pressão (BP) sofre uma deflexão para a esquerda (HS), devido ao efeito de Coriolis. Esse efeito equilibra a força que “empurra” o ar para fora do centro de alta pressão, fazendo com que o ar circule paralelamente ao centro. Essa circulação impede que o ar escape rapidamente do centro de alta pressão permitindo que o anticiclone permaneça ativo por longos períodos.

O posicionamento desse anticiclone interfere na formação de chuvas em parte do Brasil, quando direciona os ventos para oeste e impede a propagação de frentes frias pelo continente, já que funciona como uma barreira para avanço dessas frentes. A Figura 3 esquematiza o posicionamento e o sentido de giro da ASAS nos períodos de verão e inverno no HS.

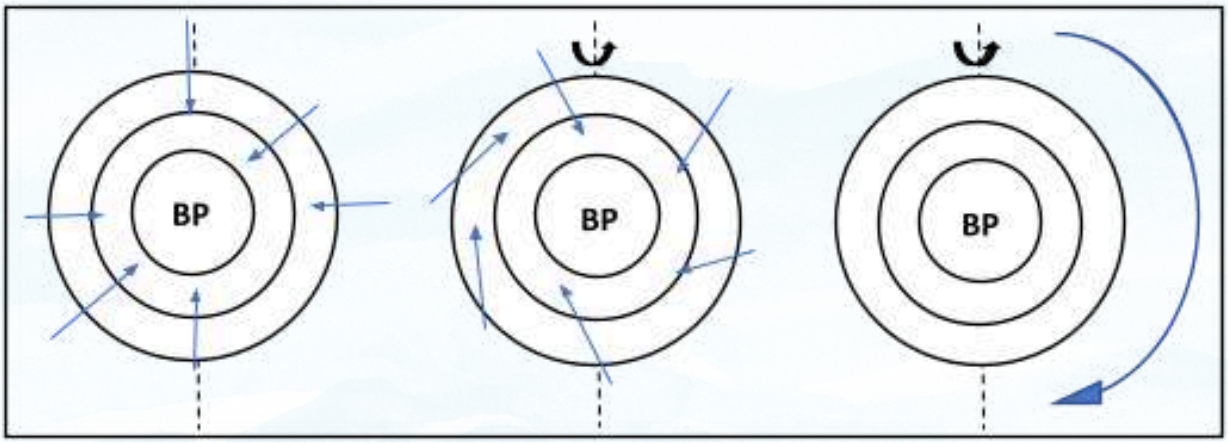
Figura 3: Esquema de posicionamento e direção da Alta Pressão (Alta Subtropical do Atlântico Sul) nos períodos de verão e inverno.



Fonte: Elaborado pela autora.

A formação de ciclones, por outro lado, está associada ao desenvolvimento de centros de baixa pressão. À medida que o ar se desloca para um centro de baixa pressão, o efeito de Coriolis faz com que os ventos desviem para a esquerda (no HS), o que provoca um giro no sentido horário, ao redor desse centro (Figura 4). São vários os fatores que influenciam na formação e na permanência de um ciclone, e pode ser visto no capítulo de circulação atmosférica.

Figura 4: Esquema de giro de baixa pressão, indicando o sentido do vento em direção ao centro de baixa pressão em considerar a rotação da Terra, na sequência a deflexão para a esquerda causada devido a rotação da Terra e por fim, o sentido de giro ciclônico no HS.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ciclones precisam da força de Coriolis para circular. A força de Coriolis, ao contrário da velocidade de rotação da Terra, é mais forte nos polos e diminui em direção ao Equador. Dessa forma, ciclones, furacões e tornados não são formados e não atravessam o Equador. Cada ciclone permanece no seu hemisfério de origem.

2.2. Nos Oceanos

Da mesma forma que o efeito de Coriolis atua sobre as massas de ar, provocando alterações no clima, as correntes oceânicas também são afetadas.

Uma das manifestações do efeito de Coriolis nos oceanos está ligada ao direcionamento das correntes superficiais. Ventos constantes empurram a água na superfície, essa água, devido ao efeito de Coriolis tende a ser desviada – 45° do sentido do vento – para a esquerda no HS e para a direita no HN. Abaixo dessa camada superficial, outra parcela de água é arrastada, desviando novamente para a esquerda, e assim sucessivamente, criando a espiral de Ekman. No fim, o transporte da água será de aproximadamente 90° para a esquerda do sentido do vento. Esse transporte lateral é de grande importância para o entendimento de outros processos oceânicos, como a ressurgência costeira (Capitulo 19).

3. Aplicações Cotidianas

Além das manifestações naturais estudadas em meteorologia, oceanografia e geografia, o efeito de Coriolis influencia no cotidiano, sendo necessário de ser estudado, compreendido e considerado ao traçar rotas de Navegação e Aviação, por exemplo.

Um piloto que conduz um avião do Rio Grande do Sul para o Rio Grande do Norte, por exemplo, precisa direcionar o avião levemente para a direita, para que o efeito de Coriolis o conduza para o destino correto. Caso contrário, considerando que existe uma grande variação de latitude entre origem e destino, e que a Terra “ganha” velocidade ao diminuir a latitude, esse avião tende a “ficar para trás”, ou seja, desvia para a esquerda, parando em algum estado à oeste.

O efeito de Coriolis não vai ocorrer apenas em um trajeto com mudança de latitude. Uma situação em que um navio precise sair do estado do Espírito Santo em direção à Namíbia no continente Africano (aproximadamente 20°S), caso o comandante não faça a correção constante da rota, o navio pode navegar defletindo (desviando) para a esquerda, em direção ao Norte, passando pelas latitudes de 19, 18, 17...podendo chegar a Angola, ou ainda mais ao Norte. Logo, é necessário que o navio seja apontado um pouco para o Sul, para se manter na latitude de 20°S, constantemente corrigindo a rota.

Saiba Mais

A tabela 2 reúne alguns mitos sobre o efeito de Coriolis e sua refutação científica.

Tabela 2: Mitos sobre o efeito de Coriolis

Mito	O que dizem	O que a ciência mostra	Fontes clássicas
1. O ralo da pia gira por causa do Coriolis	Hemisférios opostos → sentidos opostos no ralo.	Falso em pias comuns. O Coriolis é muito fraco e é superado por turbulência, assimetrias e movimentos iniciais. Só aparece em condições laboratoriais rigorosas (experimento de	Shapiro; Silveira & Axt; Muller & Magee; Hewitt
2. Descargas de banheiro giram por hemisfério	Descarga gira anti-horário no hemisfério norte e horário no sul.	Falso. O sentido é definido pelo desenho hidráulico do vaso, não pelo Coriolis.	Hewitt; Silveira
3. Balas de armas pequenas sofrem grande desvio	Qualquer tiro “erra” por causa da rotação da Terra.	Falso para armas curtas. Coriolis só importa para projéteis de longo alcance	Física clássica; manuais militares
4. Balões mudam de sentido ao cruzar o Equador	Balões “viram” para outro lado ao cruzar o Equador.	Falso. No Equador o Coriolis é praticamente zero; movimentos curtos são dominados por ventos locais.	Textos de meteorologia básica
5. Navios derivam naturalmente para polos ou Equador	Navios são “puxados” para uma direção pelo Coriolis.	Falso como fenômeno espontâneo perceptível. O desvio existe, mas é pequeno e corrigido continuamente pela navegação. Não existe um	Oceanografia física; Silveira
6. Ciclones pequenos têm giro por Coriolis	Todo redemoinho gira “por causa da Terra”.	Falso. Redemoinhos pequenos (poeira, água) não dependem do Coriolis. Ciclones reais só surgem se forem muito grandes e longe do Equador.	Meteorologia clássica (Holton, Ahrens); Silveira

Fonte: Autoria própria.

Atividade Sugerida

Experimentos simples de rotação e movimento (brincadeiras com piões, giros, carrossel)

Habilidades BNCC:

- (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.

Exemplo para crianças de todas as idades:

Em uma cadeira giratória, ou um gira-gira no parquinho, coloque uma criança com uma bola na mão no centro do gira-gira, ou sentada na cadeira giratória. Primeiro com a criança parada, peça para que ela arremesse a bola na direção de outro colega posicionado em sua frente. A bola atingirá o alvo. Depois, inicie o giro da cadeira ou do gira-gira e peça para que a criança arremesse a bola para o colega parado. Vai ser possível observar o desvio da bola, não atingindo o alvo. É importante ressaltar que esse desvio não ocorreu devido ao efeito de Coriolis, ele só explica como o efeito funciona em grande escala. A atividade pode ser feita girando primeiramente para a esquerda e depois para a direita, simulando o giro da Terra visto em um observador em cada um dos polos (Norte e Sul).

- Discussões sobre mudanças climáticas e análise qualitativa do efeito de Coriolis – O transporte de poluentes e microplásticos – até onde a poluição de um estado ou país pode influenciar em outros locais.

Recursos complementares sugeridos

- How do ocean currents work? - Jennifer Verduin. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=p4pWafuvdrY
- As águas oceânicas - Correntes Marítimas (Arteducation). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=z0rdf2D7Y8Y
- Documentário Blue Planet (BBC Earth)

Referências bibliográficas sugeridas

Castello, X., & Calliari, L. (2015). Introdução às Ciências do Mar.

Harari, J. (Org.). (2021). Noções de oceanografia. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. https://doi.org/10.11606/9786599585401.

Olson, D., Podesta, G., Evans, R., & Brown, O. (1988). Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas Currents. Deep Sea Research Part A: Oceanographic Research Papers, 35, 1971–1990. https://doi.org/10.1016/0198-0149(88)90120-3.

Silveira, I. C. A. D., Schmidt, A. C. K., Campos, E. J. D., Godoi, S. S. D., & Ikeda, Y. (2000). A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. Revista Brasileira de Oceanografia, 48, 171-183.

Soutelino, R. G. (2008). A origem da Corrente do Brasil. MsD Thesis, Universidade de São Paulo, Brasil, 120p.
Talley, L.D.; Pickard, G.L.; Emery, W.J. e Swift J.H (2011). Descriptive physical oceanography: An Introduction (Sixth Edition), Boston, Elsevier.

CAPÍTULO 18 - A Circulação Oceânica e as Correntes Marinhas

Gabriela Corrêa Brasileiro[1], Ariana Pereira Barboza da Silva[2]

[1] Mestrado em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo
[2] Doutoranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo

Os oceanos cobrem mais de 70% da superfície do nosso planeta e estão em constante movimento. Esse movimento das águas é o que chamamos de circulação oceânica. Ela é essencial para manter o equilíbrio climático da Terra, distribuir calor, nutrientes e influenciar tanto a vida marinha quanto o clima nas regiões costeiras e continentais.

Assim como o vento movimenta o ar na atmosfera, a circulação oceânica movimenta a água nos mares e oceanos. Esses movimentos acontecem por diversos motivos: diferenças de temperatura, salinidade, ação dos ventos e até a rotação da Terra.

Os oceanógrafos estudam a circulação oceânica e ajudam a entender como isso influencia a pesca e o clima local. Compreender a circulação oceânica é importante pois ela tem a função de regular o clima global (transportando calor entre diferentes regiões), distribuir nutrientes (permitindo a existência de ecossistemas marinhos ricos), influenciar a pesca (pois as correntes determinam onde há mais alimento e, consequentemente, mais peixes) e controlar o nível do mar e a salinidade em diversas regiões. Sem ela, o planeta teria diferenças de temperatura muito mais extremas e a vida marinha seria muito menos diversa.

A circulação oceânica pode ser comparada a um “grande sistema respiratório” do planeta: ela liga as regiões quentes do Equador às frias dos polos, transportando energia e influenciando fenômenos climáticos como o El Niño e a La Niña.

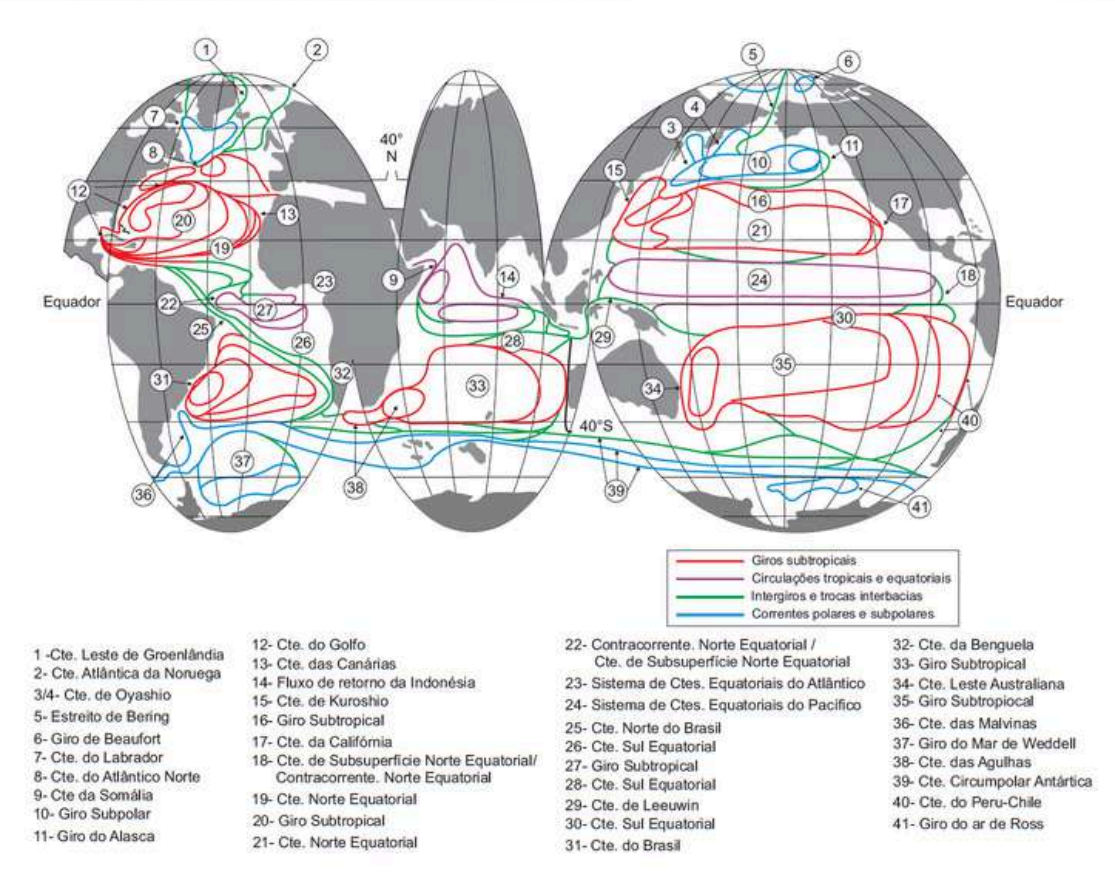
As correntes marinhas são fluxos contínuos de água que se deslocam dentro dos oceanos, como se fossem “rios” dentro do mar. Elas podem ser superficiais (ocorrem até cerca de 400 metros de profundidade) ou profundas (movimentam águas frias e densas nas grandes profundezas).

Essas correntes são influenciadas por diferentes fatores:

- Ventos: principalmente os ventos alísios e os ventos de oeste, que atuam sobre a água superficial.
- Diferenças de temperatura e salinidade: águas quentes são menos densas e sobem; águas frias e salgadas são mais densas e afundam.
- Rotação da Terra: devido ao chamado efeito Coriolis, as correntes desviam seu trajeto (para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul).
- Relevo submarino: montes e vales no fundo do mar influenciam o percurso das correntes.

As correntes marinhas que compõem a circulação oceânica em superfície podem ser observadas na figura 1 a seguir:

Figura 1: Circulação gerada pelo vento na camada superior dos oceanos (0-1.000 m).



Fonte: Castello, X., & Calliari, L. (2015), adaptado de Talley (2011).

Um dos exemplos mais conhecidos é a Corrente do Golfo (N.12, Figura 1), que leva águas quentes do Golfo do México até o norte da Europa. Ela é responsável por deixar o clima de países como a Inglaterra e a Noruega mais ameno, mesmo estando em latitudes elevadas.

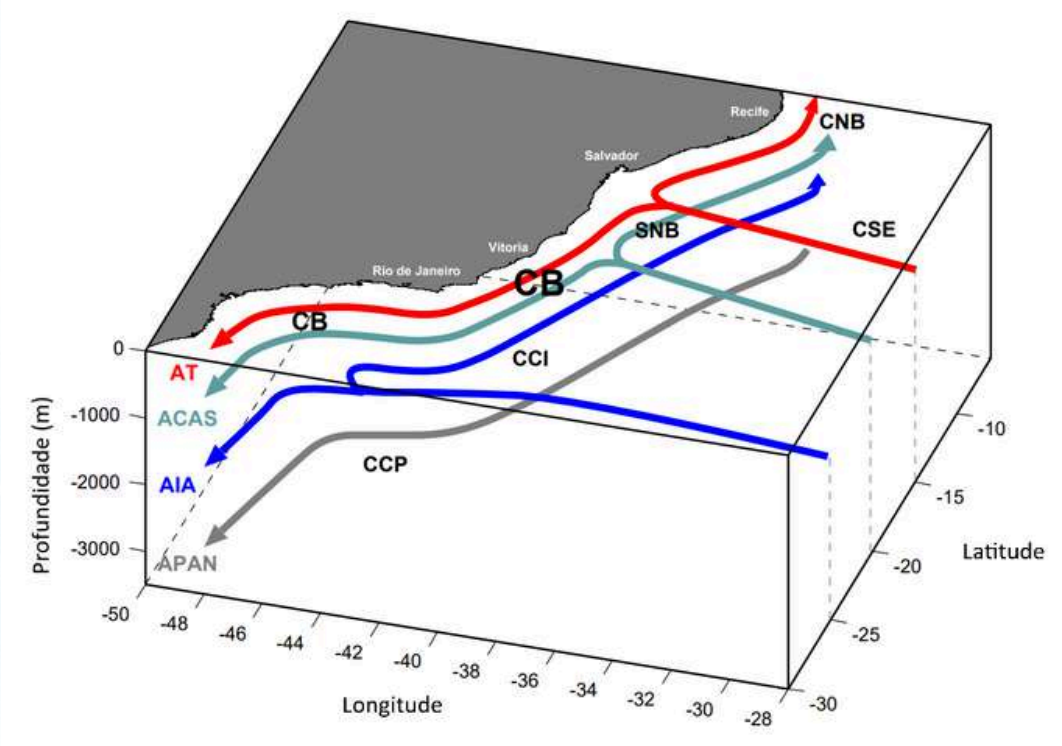
Outro exemplo é a Corrente de Humboldt (N.40, Figura 1), no oceano Pacífico, que traz águas frias das regiões subantárticas até o litoral do Peru e do Chile. Essa corrente é essencial para a grande produtividade pesqueira da região, pois carrega muitos nutrientes para a superfície.

A Corrente Circumpolar Antártica (N.39, Figura 1) é a maior e mais potente corrente oceânica do planeta, circulando continuamente em torno da Antártica. Ela conecta todos os grandes oceanos e ajuda a regular o clima global.

No Brasil, a corrente mais importante é a Corrente do Brasil (Figura 2), uma corrente quente que flui para o sul, acompanhando a costa leste brasileira, desde o Nordeste até o Sul do país. Ela influencia o clima das regiões costeiras e contribui para o transporte de calor em direção ao Oceano Atlântico Sul.

Essa corrente se origina a partir da Corrente Sul Equatorial, que vem do Atlântico Central e transporta águas quentes e salgadas em direção ao litoral brasileiro. Quando chega perto da costa, aproximadamente entre as latitudes 5°S e 15°S, essa corrente se divide em dois ramos. Um deles segue para o norte, originando a Corrente Norte do Brasil e o outro dá origem à Corrente do Brasil, que flui para o sul, acompanhando toda a margem leste do país, inclusive a plataforma continental capixaba.

Figura 2: Esquema tridimensional das principais correntes e massas de água ao longo da margem leste do Brasil.



A Corrente do Brasil (CB) predomina em superfície, fluindo para o sul, enquanto a Corrente Norte do Brasil (CNB) flui para o norte, ambas originadas a partir da Corrente Sul Equatorial (CSE). Em níveis intermediários circulam a Água Tropical (AT), a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e a Água Intermediária Antártica (AIA). Em maiores profundidades destacam-se a Corrente de Contorno Profunda (CCP) e a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). As setas indicam direções de escoamento.
Fonte: Adaptado de Soutelino (2008).

No litoral do Espírito Santo, a Corrente do Brasil está presente durante todo o ano, movendo-se geralmente no sentido sul a sudoeste. Essa corrente costuma ser mais forte no verão, com velocidade média de cerca de 0,35 metros por segundo, e mais fraca no inverno, com aproximadamente 0,25 metros por segundo. Além disso, os ventos predominantes de nordeste a leste-nordeste podem intensificar o deslocamento das águas superficiais, empurrando-as para longe da costa e facilitando a ressurgência costeira, fenômeno em que águas frias e ricas em nutrientes sobem de porções mais fundas da coluna d'água para a superfície.

O fundo do mar na Bacia do Espírito Santo é muito irregular e apresenta cânions submarinos e diferenças de profundidade acentuadas. Essa topografia influencia o comportamento das correntes e favorece a mistura de diferentes massas d'água, alterando a temperatura da superfície do mar e a distribuição de nutrientes. Por isso, a região é especialmente importante para a vida marinha e para a pesca, que se beneficiam da maior disponibilidade de alimento durante os períodos de ressurgência.

A Corrente do Brasil segue fluindo para sul até próximo à região do Rio da Prata, onde se encontra com a Corrente das Malvinas, que vem de latitudes mais ao sul, trazendo águas frias. Esse encontro forma uma área de intensa mistura e grande biodiversidade, denominada Confluência Brasil-Malvinas (Figura 3).

Figura 3: Imagem da Temperatura da Superfície do Mar na região da Confluência Brasil–Malvinas, derivada de dados de satélite

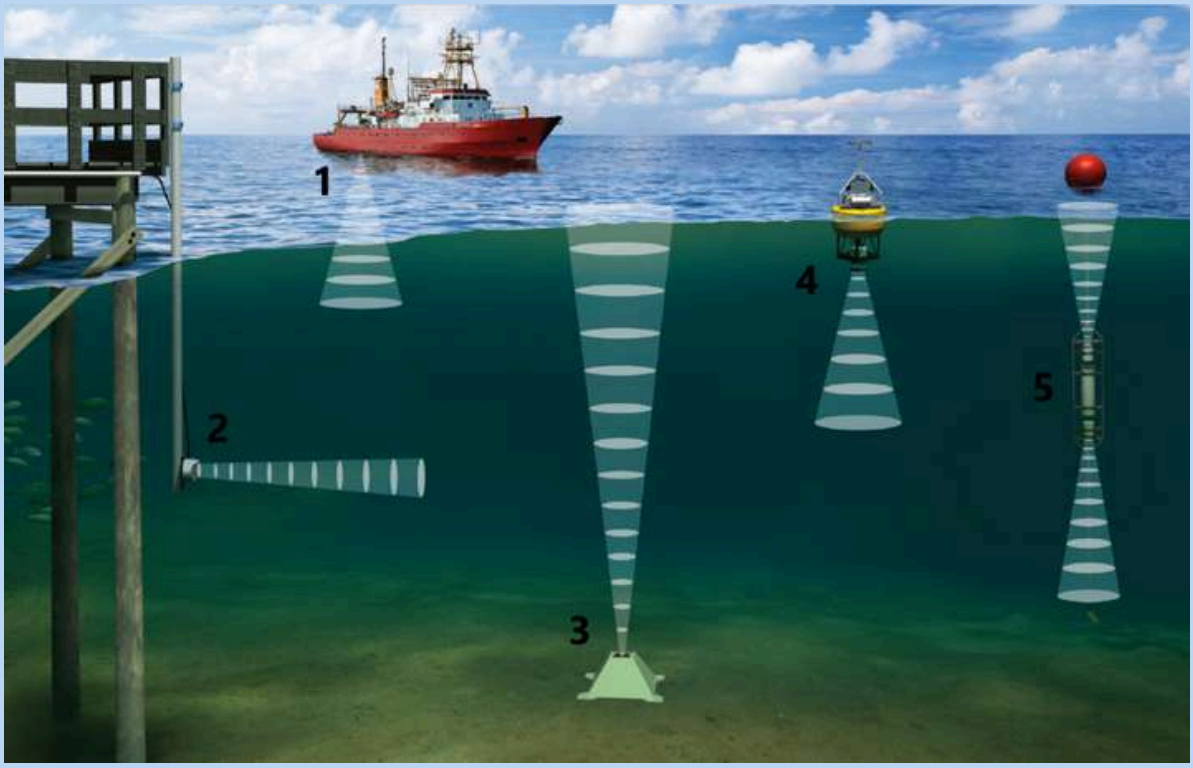
A Corrente do Brasil apresenta águas quentes (em vermelho), com a temperatura diminuindo gradualmente em amarelo e verde, sendo o azul a cor das águas mais frias, associadas à Corrente das Malvinas.
Fonte: adaptado de Olson *et al.* (1988).

Saiba Mais

O tempo que uma molécula de água leva para completar o ciclo completo da circulação oceânica, da superfície até as profundezas e de volta, pode ultrapassar mil anos!

Para medir as correntes oceânicas, os cientistas utilizam diferentes tipos de equipamentos, cada um adequado a uma situação específica. Um dos mais usados é o ADCP (Acoustic Doppler Current Profile - tradução: Perfilador de Corrente Doppler Acústico), que funciona emitindo pulsos sonoros na água e medindo o movimento das partículas em suspensão para calcular a velocidade e a direção das correntes em diferentes profundidades (Figura 4).

Figura 4: EPrincipais configurações de uso de ADCPs. São ilustrados diferentes modos de instalação: (1) ADCP rebocado para levantamentos por transectos; (2) ADCP lateral para medições horizontais a partir da margem; (3) ADCP de fundo para perfis verticais completos com alta exatidão; (4) ADCP em boia de superfície para monitoramento multiparamétrico em tempo real; e (5) instalação em linha de fundeio para medições profundas ou com múltiplos sensores ao longo da coluna d'água.



Fonte: Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil (2010).

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.

Público-alvo: Educação Infantil e Fundamental I		
	Mapa-múndi das correntes marinhas	**Experiência com água quente e fria**
Objetivo	Compreender que o oceano está em constante movimento e que as correntes marinhas transportam águas quentes e frias pelo planeta.	Observar o movimento da água e compreender que as diferenças de temperatura fazem a água se mover, assim como acontece nas correntes oceânicas.
Materiais necessários	• Um mapa-múndi grande (impresso ou desenhado em papel pardo/cartolina); • Barbantes vermelhos e azuis (ou fitas coloridas); • Tesoura e fita adesiva; • Etiquetas com nomes de correntes conhecidas (ex.: Corrente do Brasil, Corrente do Golfo, Corrente de Humboldt).	• Dois copos ou potes transparentes; • Água quente (não fervente); • Água fria (com alguns cubos de gelo); • Corantes alimentares de duas cores diferentes (por exemplo, vermelho e azul).
Desenvolvimento	O professor inicia uma conversa perguntando: "Vocês sabiam que o mar está sempre se mexendo?" e explica de forma simples o que são as correntes marinhas. Mostra no mapa as principais regiões oceânicas e explica que as correntes quentes (representadas pelo barbante vermelho) saem das áreas próximas ao Equador, levando calor, enquanto as correntes frias (barbante azul) vêm das regiões polares. As crianças colam os barbantes sobre o mapa, traçando os caminhos dessas correntes — por exemplo, mostrando a Corrente do Brasil no litoral capixaba. O professor pode mostrar fotos reais ou vídeos curtos para comparar o mapa montado com imagens de satélite.	O professor coloca água quente com corante vermelho em um copo e água fria com corante azul em outro. Mostra às crianças a diferença de temperatura (elas podem sentir o calor e o frio com a mão próxima, sem tocar). Em seguida, despeja lentamente a água quente sobre a fria (ou usa um recipiente grande para misturá-las com cuidado). As crianças observam como a água colorida se movimenta: o vermelho tende a subir (mais quente e leve) e o azul tende a descer (mais frio e pesado).
Conclusão	As crianças observam que as correntes "conectam" os oceanos e ajudam a espalhar calor e vida pelo planeta. Essa atividade desenvolve noções espaciais, cores, coordenação motora e o pensamento geográfico.	O professor explica que, no oceano, algo parecido acontece: a água quente sobe e se espalha, enquanto a água fria afunda e circula, formando as correntes marinhas. A atividade estimula a observação científica, o raciocínio lógico e o interesse por fenômenos naturais.

Público-alvo: Fundamental II e Ensino Médio:			
	Pesquisa sobre as correntes marinhas do Brasil e do litoral capixaba	**Análise de imagens de satélite da temperatura da superfície do mar**	**Produção de cartazes explicativos sobre o papel das correntes no clima**
Objetivo	Investigar as principais correntes oceânicas que influenciam o território brasileiro e compreender como elas afetam o clima e a vida marinha, com destaque para o litoral do Espírito Santo.	Observar, interpretar e compreender como as imagens de satélite podem mostrar o movimento das correntes oceânicas e as variações de temperatura da superfície do mar (SST – Sea Surface Temperature).	Sintetizar o aprendizado sobre as correntes marinhas e sua influência no clima, promovendo a criatividade, o trabalho em grupo e a comunicação científica.
Materiais necessários	• Mapas físicos e políticos do Brasil; • Acesso à internet ou livros didáticos de Geografia e Ciências; • Cartolina, canetinhas e figuras impressas (opcional).	• Computador, tablet ou celular com acesso à internet; • Imagens recentes de satélite (NOAA, Copernicus...); • Planilha simples para anotações.	• Cartolina, canetinhas, revistas, recortes, figuras e tesoura; • Acesso a livros ou internet para pesquisa de informações.
Desenvolvimento	O professor divide a turma em grupos, cada um responsável por pesquisar uma corrente oceânica (Corrente do Brasil, Corrente das Malvinas, Corrente Sul Equatorial etc.). Cada grupo deve identificar: • Origem e direção da corrente; • Temperatura (quente ou fria); • Regiões do litoral brasileiro que ela influencia; • Efeitos no clima e na biodiversidade. Um dos grupos pode se dedicar especialmente à Corrente do Brasil no Espírito Santo, pesquisando o fenômeno da ressurgência e sua importância para a pesca e o ecossistema local. Os resultados podem ser apresentados em forma de painel, cartaz ou mini-seminário.	O professor apresenta aos alunos uma imagem real da temperatura da superfície do mar, mostrando as cores que indicam águas frias e quentes. Os estudantes observam a faixa quente da Corrente do Brasil e comparam com áreas de águas frias no Atlântico Sul. Em seguida, discutem o que pode causar essas diferenças e como elas se relacionam com as estações do ano e eventos climáticos como El Niño e La Niña. A turma pode criar pequenos relatórios ou gráficos simples com suas observações.	Após as pesquisas e observações, os alunos se reúnem em grupos para criar cartazes ilustrativos explicando o papel das correntes no transporte de calor e na regulação do clima. Cada cartaz deve conter: • Nome da corrente estudada; • Setas mostrando o sentido do fluxo (com cores diferentes para correntes quentes e frias); • Breve explicação sobre sua importância para o clima e a vida marinha. • Os cartazes podem ser expostos na escola ou apresentados em uma feira de Ciências ou Semana do Oceano.
Conclusão	Os alunos percebem que as correntes marinhas são fundamentais para a regulação do clima e para a dinâmica costeira, reconhecendo a relação entre ciência, ambiente e sociedade.	Os alunos compreendem como as tecnologias espaciais ajudam os cientistas a estudar o oceano e a prever mudanças climáticas, desenvolvendo habilidades de leitura de dados e interpretação de imagens.	Essa atividade estimula o protagonismo dos alunos, reforça o aprendizado visual e incentiva a divulgação científica em linguagem acessível.

Público-alvo: EJAI	
	Roda de conversa: o mar, a pesca e o clima local
Objetivo	Promover a troca de saberes e experiências entre os participantes, relacionando o conhecimento científico sobre as correntes marinhas e a circulação oceânica com o saber popular das comunidades costeiras e pesqueiras do Espírito Santo.
Materiais necessários	• Círculo de cadeiras (ambiente confortável e participativo); • Mapa simples do litoral capixaba; • Imagens ou vídeos curtos sobre correntes marinhas e ressurgência; • Quadro, papel pardo ou cartolina para registrar as ideias.
Desenvolvimento	O professor inicia a conversa perguntando: "Como vocês acham que o mar influencia o nosso dia a dia?" ou "Quem aqui já percebeu mudanças no mar ou no clima ao longo do tempo?" A partir das respostas, o professor apresenta, de forma simples, o papel das correntes marinhas e da ressurgência na temperatura da água e na disponibilidade de peixes. Os participantes são convidados a compartilhar suas vivências sobre o mar, o tempo, a pesca, as mudanças nas estações e até nas marés. Enquanto a conversa acontece, o professor anota as principais ideias e percepções em um cartaz coletivo, destacando os temas que se conectam com o conteúdo científico — por exemplo, como o vento pode intensificar a ressurgência e favorecer a pesca. Ao final, o grupo constrói um painel com frases, desenhos ou palavras-chave que expressem como o mar influencia o modo de vida e o ambiente local.
Conclusão	Essa atividade valoriza os saberes tradicionais e aproxima os alunos do conhecimento científico de forma significativa, reforçando o sentimento de pertencimento e o reconhecimento do oceano como parte da identidade cultural capixaba.

Recursos complementares sugeridos

- How do ocean currents work? - Jennifer Verduin. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=p4pWafuvdrY

- As águas oceânicas - Correntes Marítimas (Arteducation). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=z0rdf2D7Y8Y

- Blue Planet (BBC Earth)

Referências bibliográficas sugeridas

Castello, X., & Calliari, L. (2015). Introdução às Ciências do Mar.

Harari, J. (Org.). (2021). Noções de oceanografia. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. https://doi.org/10.11606/9786599585401.

Olson, D., Podesta, G., Evans, R., & Brown, O. (1988). Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas Currents. Deep Sea Research Part A: Oceanographic Research Papers, 35, 1971–1990. https://doi.org/10.1016/0198-0149(88)90120-3.

Silveira, I. C. A. D., Schmidt, A. C. K., Campos, E. J. D., Godoi, S. S. D., & Ikeda, Y. (2000). A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. Revista Brasileira de Oceanografia, 48, 171-183.

Soutelino, R. G. (2008). A origem da Corrente do Brasil. MsD Thesis, Universidade de São Paulo, Brasil, 120p.

Talley, L.D.; Pickard, G.L.; Emery, W.J. e Swift J.H (2011). Descriptive physical oceanography: An Introduction (Sixth Edition), Boston, Elsevier.

CAPÍTULO 19 - A Ressurgência

Maria Julia Veenings[1] e Thiago Campos Carlos[2]

[1] [2] Laboratório de Oceanografia Física - Poseidon

1. Introdução ao oceano e sua dinâmica

Embora muitas vezes pareça uniforme quando olhamos da superfície, o oceano é um ambiente altamente dinâmico e diversificado. Suas águas não são todas iguais: elas mudam de um lugar para outro, em diferentes profundidades e também ao longo das estações do ano. Em escala global, essas diferenças ficam ainda mais evidentes. Regiões próximas à faixa central do planeta (baixas latitudes), por exemplo, têm águas superficiais naturalmente mais quentes, enquanto áreas próximas aos polos (altas latitudes) são mais frias. A salinidade e a quantidade de nutrientes também variam bastante de um ponto a outro do planeta.

A profundidade é outro fator que influencia muito as características da água. A luz do Sol aquece apenas a camada superficial, deixando-a mais quente e menos densa. Já as partes mais profundas permanecem frias e mais densas durante o ano inteiro. São nessas camadas profundas que se acumulam muitos nutrientes vindos da decomposição de organismos e de partículas que afundam lentamente. Essa divisão entre uma camada superior quente e outra camada profunda e fria é essencial para vários processos que ocorrem no oceano.

As variações sazonais também desempenham um papel importante. No verão, o forte aquecimento da superfície aumenta a diferença entre as camadas, dificultando a mistura entre elas. No inverno, os ventos mais intensos e as temperaturas mais baixas ajudam a misturar a água superficial com as camadas profundas, redistribuindo nutrientes e resfriando a superfície.

Além disso, o oceano está sempre em movimento. Os ventos empurram a água superficial e formam correntes que podem viajar por milhares de quilômetros, carregando calor, sal e nutrientes pelo mundo. A rotação da Terra desvia esses movimentos, criando padrões específicos de circulação. O formato das costas, a presença de ilhas e o relevo do fundo marinho também influenciam o caminho dessas correntes.

Todas essas diferenças — horizontais, verticais, sazonais e de movimento — se combinam de maneira contínua e dinâmica. É essa interação complexa que cria as condições necessárias para processos importantes da oceanografia, como a ressurgência.

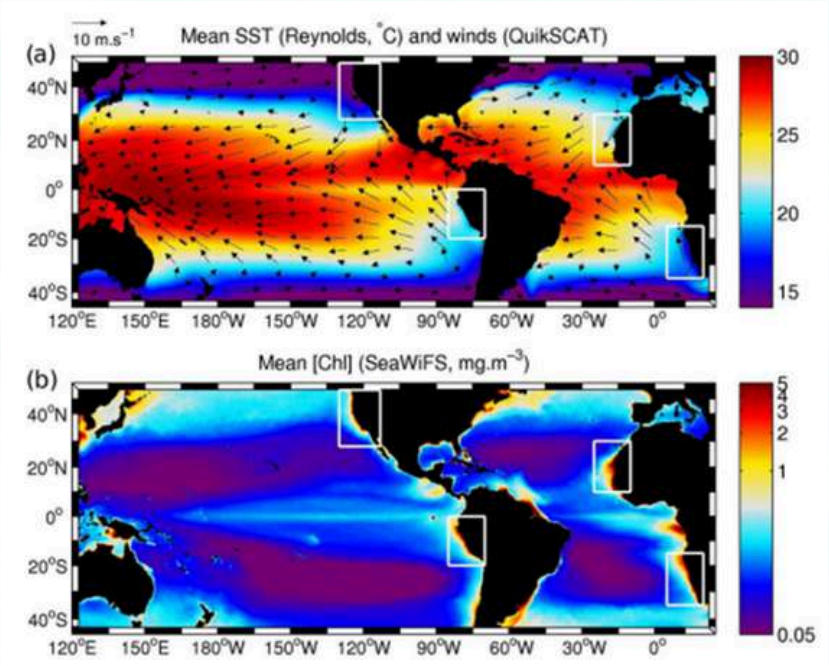
2. O que é a Ressurgência

A ressurgência é um processo oceanográfico em que águas profundas, frias e ricas em nutrientes sobem para as camadas superficiais do mar. Esse processo é o principal responsável pela presença de águas mais frias — mesmo no verão — em diversas praias ao redor do mundo, como em Cabo Frio e Arraial do Cabo, no Brasil, na costa da Califórnia, nos Estados Unidos, e nas Ilhas Canárias, na Espanha.

Além do resfriamento, a ressurgência traz consigo nutrientes que criam condições ideais para o aumento da produtividade biológica. Como consequência, há um crescimento expressivo das comunidades de fitoplâncton, organismos microscópicos fotossintetizantes que formam a base da cadeia alimentar marinha. Esse aumento do fitoplâncton fornece mais alimento para o zooplâncton, que por sua vez sustenta peixes e outros organismos. Assim, estabelece-se um efeito em cascata que favorece a pesca, alimenta diversas espécies e fortalece todo o ecossistema, inclusive os organismos que ocupam os níveis mais altos da cadeia alimentar. Apesar da ressurgência ser restrita a poucos locais do mundo, ela contribui com cerca de 20% dos estoques pesqueiros mundiais.

A Figura 1, destaca quatro dos principais sistemas de ressurgência do planeta (indicados pelos quadrados brancos). Nelas observa-se que as temperaturas médias são menores acompanhadas pela alta concentração média de clorofila, indicadores da influência da ressurgência no local.

Figura 1: (a) Mapa da temperatura média da superfície do mar entre outubro de 1981 e fevereiro de 2007, onde as cores mais quentes (vermelho) representam maiores temperaturas. As setas pretas indicam a direção e a intensidade média dos ventos, sendo que setas maiores representam ventos mais intensos. (b) Mapa da média anual da concentração de clorofila-a, um pigmento fotossintético utilizado como indicador da presença de fitoplâncton, para o mesmo período da Figura a, em que as cores mais quentes indicam maiores concentrações.



Fonte: Chavez e Messié (2009).

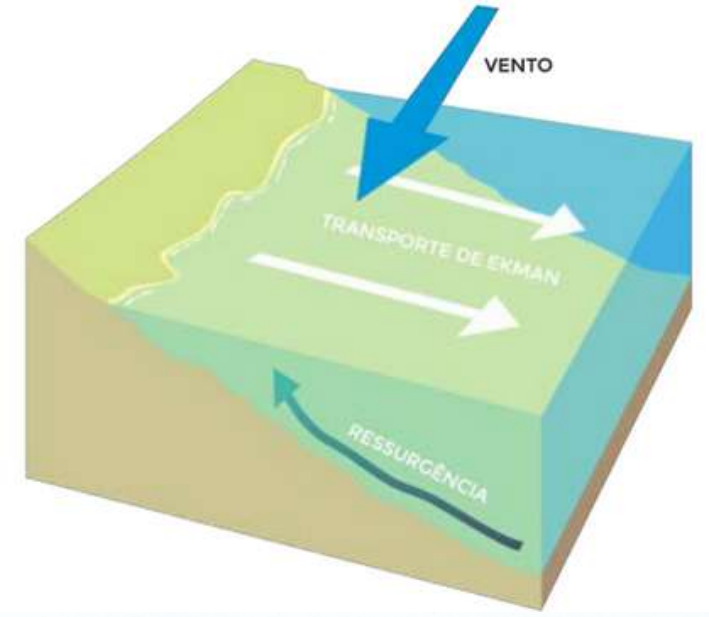
Entretanto, ainda que a ressurgência possa parecer um processo simples, os mecanismos físicos responsáveis pelo seu desenvolvimento envolvem interações complexas que serão descritos em detalhes a seguir.

3. Como ocorre a ressurgência

Para entendermos como a ressurgência se forma, é importante lembrarmos que o oceano está em constante movimento devido à ação dos ventos, das correntes, da rotação da Terra e outros fatores. Um dos elementos fundamentais é a Força de Coriolis, causada pela rotação terrestre, que desvia o movimento das águas — no Hemisfério Sul (HS) para a esquerda e no Hemisfério Norte (HN) para a direita. Esse desvio atua continuamente sobre a água e influencia diretamente como ela responde, por exemplo, ao vento. Quando o vento sopra sobre a superfície do mar, ele arrasta a camada superior da água, que por sua vez arrasta as camadas imediatamente abaixo. Cada uma dessas camadas sofre o desvio imposto pela Força de Coriolis e, ao somarmos o movimento de todas essas camadas, o efeito final é um deslocamento da água em 90º da direção do vento — para a esquerda no HS e para a direita no HN. Esse deslocamento é conhecido como Transporte de Ekman, em homenagem ao oceanógrafo e físico sueco Vagn Walfrid Ekman (1874–1954), que foi o primeiro a descrever matematicamente como o vento, combinado com o Efeito de Coriolis, gera um movimento em espiral nas camadas de água e resulta num deslocamento médio perpendicular ao vento.

Assim, é o Transporte de Ekman o principal responsável pelo deslocamento das águas superficiais para longe do continente. Quando essas águas se deslocam, cria-se um "espaço vazio" na região costeira que é preenchido pelas águas mais profundas que ascendem à superfície (Figura 2).

Figura 2:Ilustração a ação do vento associado a uma região costeira, onde resulta em um Transporte de Ekman à esquerda do vento (Hemisfério Sul) induzindo movimentos ascendentes de água.

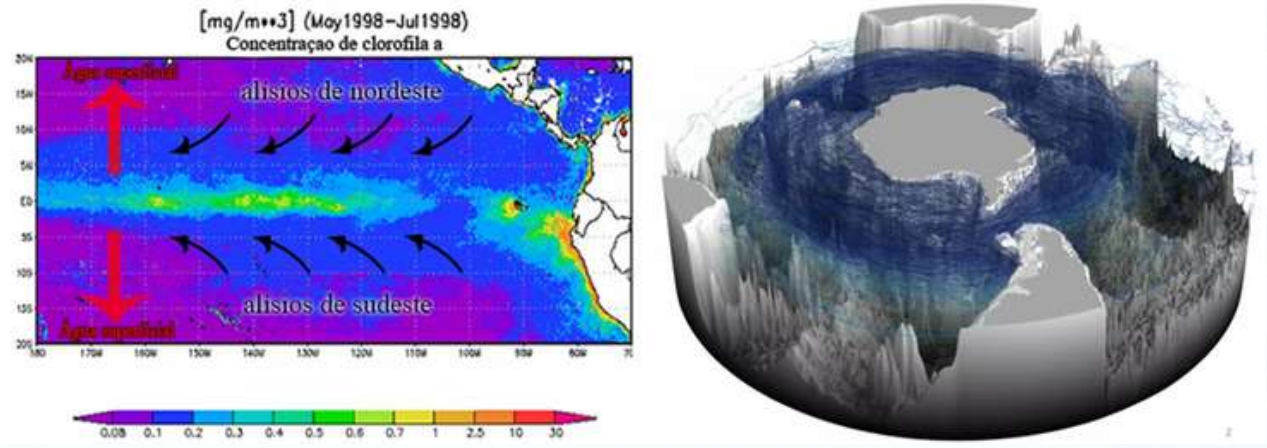


Fonte: Harari (2021)

Todo o processo físico descrito anteriormente dá origem à ressurgência costeira, um tipo de ressurgência que depende diretamente da presença de uma costa para ocorrer. Entretanto, a ressurgência não acontece apenas perto do continente. No oceano aberto, onde não existe uma costa que condicione a água deslocada a ser reposta, a subida de águas mais profundas é provocada por outros mecanismos, especialmente pelas variações espaciais do vento. Imagine duas áreas vizinhas do oceano: em uma delas o vento sopra mais forte, e na outra mais fraco. Como o Transporte de Ekman depende da intensidade do vento, cada região empurra a água superficial com uma força diferente, criando uma divergência, ou seja, a água da superfície se afasta horizontalmente para lados opostos, abrindo um espaço que precisa ser preenchido por água das camadas mais profundas. Esse mecanismo é chamado de Bombeamento de Ekman.

Alguns exemplos de ressurgências impulsionadas pelo vento são as ressurgências equatoriais, as ressurgências polares, e as ressurgências costeiras. A ressurgência equatorial ocorre na região próxima a linha do Equador, onde os ventos alísios sopram constantemente de leste para oeste nos dois hemisférios. Por causa da atuação oposta da Força de Coriolis nos diferentes hemisférios, o Transporte de Ekman força a água superficial a se afastar da linha do Equador, gerando uma forte divergência. Para compensar essa saída lateral, águas mais profundas ascendem bem no centro da faixa equatorial (Figura 3 - esquerda). As ressurgências polares estão associadas à influência dos ventos de oeste, que empurram as águas superficiais para longe do continente, permitindo que águas profundas e frias subam à superfície (Figura 3 - direita).

Figura 3: A figura à esquerda representa uma imagem de satélite que demonstra a concentração do pigmento fotossintético clorofila-a, em mg/m3, na região equatorial do Oceano Pacífico. O aumento da clorofila-a marca a subida de águas mais frias da ressurgência causada pelos ventos alísios que sopram as águas quentes da superfície. A figura à direita representa um modelo tridimensional da Antártica, destacando as águas de ressurgência em azul.



Fonte: Adaptada de NASA/Wikimedia Commons (CC0), via Bióicos, 2025. Enquanto a da direita foi retirada de Tamsitt *et al.* 2017.

Em regiões do Espírito Santo, a ressurgência é principalmente impulsionada pelo vento, sendo mais evidente na primavera e no verão, quando os ventos favoráveis à ressurgência predominam. Já no outono e inverno, a chegada de frentes frias muda o padrão dos ventos, que passam a ser desfavoráveis a este processo. Nesses casos, a água superficial é empurrada em direção à costa, causando o acúmulo de água quente na superfície e impedindo a subida da água fria — esse processo é o oposto da ressurgência e recebe o nome de *downwelling* (ou "subsidência").

Contudo, o vento não é o único mecanismo responsável pelo desenvolvimento desses eventos. As ressurgências também podem se originar a partir de variações nas correntes oceânicas, em decorrência de mudanças do fundo oceânico e da linha de costa, e devido a presença de vórtices (movimentos circulares da água).

A ressurgência pode ser impulsionada pela corrente, através da sua interação com a quebra da plataforma continental — zona onde o fundo começa a ficar mais inclinado e profundo. A interação dessas correntes com a quebra da plataforma pode intensificar ou promover processos de ressurgência. Outro mecanismo relevante envolve a presença de vórtices oceânicos, também chamados de "redemoinhos". Esses vórtices podem ser ciclônicos e anticiclônicos, dependendo do sentido de rotação (para direita ou para a esquerda). Os vórtices ciclônicos promovem um abaixamento da superfície do mar (uma "depressão") devido ao movimento de rotação que empurra a água para fora do centro. Essa saída de água superficial abre um espaço permitindo que águas profundas subam para compensar. Já os vórtices anticiclônicos, por outro lado, tendem a concentrar água no centro e geram subsidência (afundamento) oposto do que ocorre na ressurgência.

4. Principais impactos da ressurgência

Conforme destacado previamente na seção 2, a ressurgência provoca uma série de impactos importantes no oceano e na sociedade, começando diretamente pela vida marinha. Quando águas profundas e ricas em nutrientes chegam à superfície, elas alimentam o crescimento do fitoplâncton, que é a base da cadeia alimentar. Com mais fitoplâncton disponível, o zooplâncton se torna mais abundante, o que atrai peixes, aves marinhas e mamíferos. Por isso, as regiões de ressurgência estão entre as mais produtivas do planeta, mesmo ocupando uma área pequena. Elas sustentam grandes estoques pesqueiros e abrigam ecossistemas ricos e diversos.

Do ponto de vista químico, a ressurgência modifica a composição da água. Ela traz nutrientes dos níveis mais profundos, altera a disponibilidade de compostos essenciais como nitrato e fosfato e influencia diretamente ciclos biogeoquímicos importantes, como os do carbono e do nitrogênio.

Os impactos sociais e climáticos também são muito significativos. Sob aspectos climáticos, o aumento do fitoplâncton, favorecido pela maior disponibilidade de nutrientes, contribui para a remoção do CO_2 atmosférico através da fixação biológica, favorecendo na regulação de suas concentrações na atmosfera .

Economicamente, as zonas de ressurgência sustentam algumas das pescarias mais importantes do mundo, garantindo alimento, empregos e renda para milhões de pessoas. Entretanto, por dependerem de condições específicas, essas regiões são sensíveis a mudanças climáticas. Mudanças na intensidade dos ventos, e nas camadas oceânicas devido ao aquecimento global podem alterar a força da ressurgência e até o seu desenvolvimento, afetando diretamente a economia pesqueira e a disponibilidade de recursos naturais. Assim, esse fenômeno desempenha um papel fundamental na ligação entre o oceano, o clima e a sociedade humana.

Saiba Mais

A ressurgência pode ser vista até do espaço. Além da queda na temperatura da superfície, a água mais fria muda o jeito que as ondas se formam. Isso cria marcas especiais que aparecem em imagens de satélite. Fonte: NOAA – SAR Marine User's Manual (Capítulo 9).

Atividade Sugerida

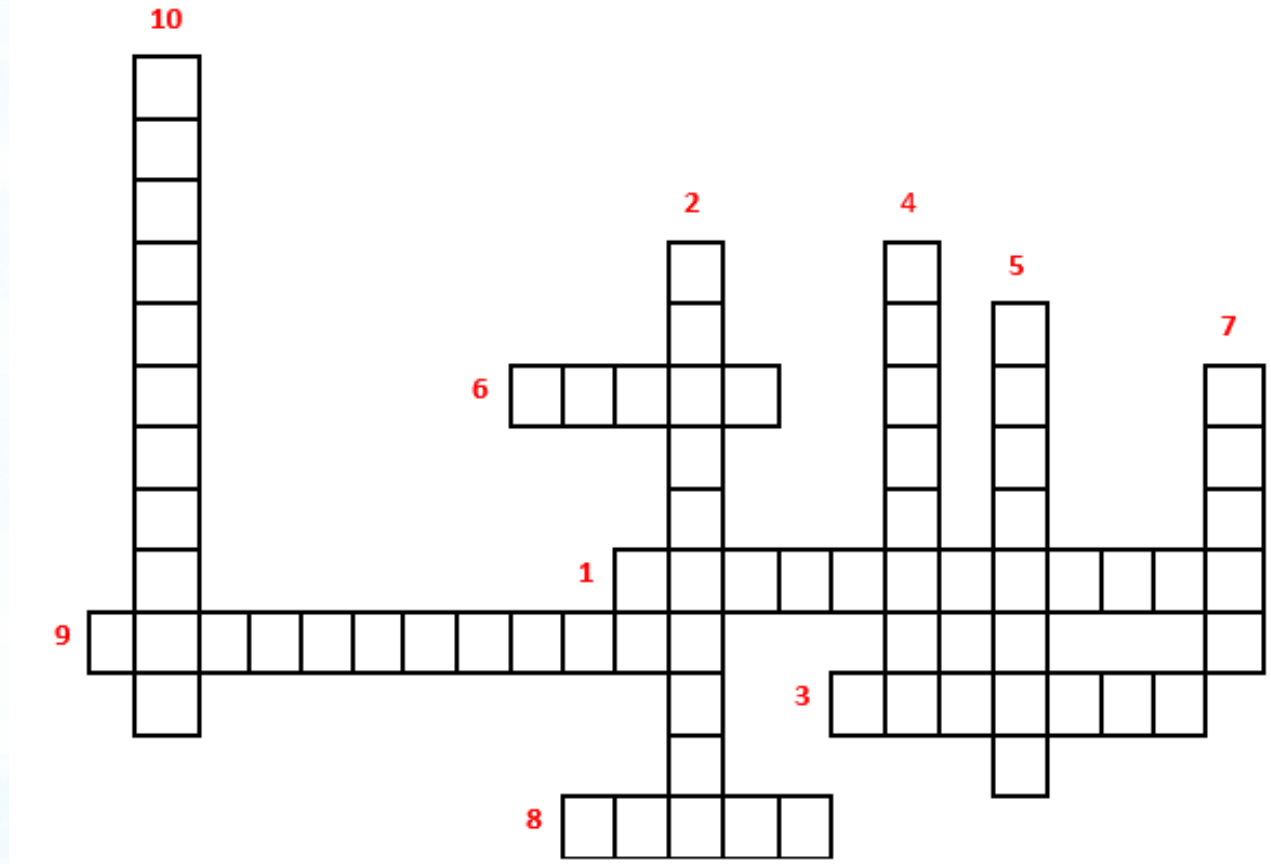
Cruzadinha Ressurgência

Habilidades BNCC:

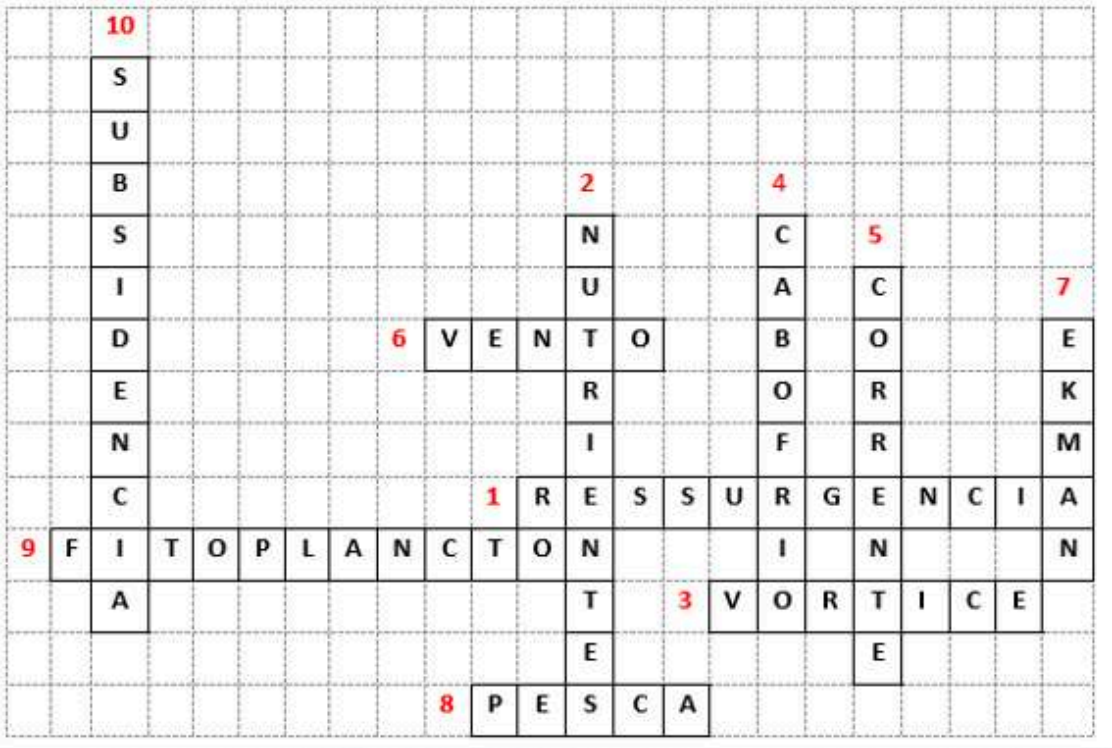
- (EF08CI14);

Atividade: Complete a cruzadinha abaixo com as palavras associadas a cada afirmação.

1. Processo de ascensão de águas frias em direção à superfície.
2. Substâncias essenciais que sustentam o crescimento do fitoplâncton.
3. Estrutura rotacional que pode originar um processo de ressurgência.
4. Cidade brasileira famosa pelo desenvolvimento da ressurgência.
5. Fluxo de água que pode favorecer o processo de ressurgência.
6. Forçante atmosférica responsável pela movimentação das águas superficiais desencadeando o transporte de Ekman.
7. Transporte responsável pelo desenvolvimento dos eventos de ressurgência.
8. Atividade humana que se beneficia das áreas de ressurgência
9. Organismos microscópicos fotossintetizantes que se beneficiam dos locais de ressurgência.
10. Processo oceanográfico oposto a ressurgência.


10
2
4
5
7
6
1
9
3
8

RESPOSTAS


10
SUBSIDENCIA
2
NUVEM
4
CABORIO
5
CORRENTE
7
ENTRE
6
VENTO
1
RESSURGENCIA
9
FITOPLANCTON
3
VORTICE
8
PESCA

Recursos complementares sugeridos

Bióicos - https://www.bioicos.org.br/post/zonas-de-ressurgencias-nos-oceanos?fbclid=IwY2xjawODDydleHRuA2FlbQIxMABzcnRjBmFwcF9pZBAyMjIwMzkxNzg4MjAwODkyAAEeEKlvOhv6XCTX8EuXRiHvT42k-7AtxKZIxJ617BTm8qruvGXpDXU_MsIkDA4_aem_MrTFsEmJkbNOaGH7Q51OlQ
https://www.youtube.com/watch?v=heJ9q9bKfpE

Site - https://www.msc.org/pt/area-de-educacao/recursos-didaticos

Pesquisas
MARTINS, Bruno Scherr. A RESSURGÊNCIA DE VITÓRIA. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, Rio de Janeiro, 2015.

U.S. DEPARTAMENT OF COMMERCE / NOAA / NESDIS. Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual – Chap. 9 (Upwelling), p. 221-244. Washington, D.C., s.d. Disponível em: https://www.sarusersmanual.com/ManualPDF/NOAASARManual_CH09_pg221-244.pdf. Acesso em: 01 nov. 2025.

Referências bibliográficas sugeridas

CASTELÃO, R. M., BARTH, J. A. Upwelling around Cabo Frio, Brazil: The importance of wind stress curl. Geophysical Research Letters, vol. 33, n. 3, doi: 10.1029/2005GL025182, 2006.
CASTRO FILHO, B.M., MIRANDA, L.B. Physical oceanography of the western atlantic continental shelf located between 4 graus N and 34 graus S: Coastal segment (4,W). The Sea, vol. 11, p. 209–251, 1998.
CHANG, P., XU, G., KURIAN, J., SMALL, R. J., DANABASOGLU, G., YEAGER, S., CASTRUCCIO, F., ZHANG, Q., ROSENBLOOM, N., CHAPMAN, P. Uncertain future of sustainable fisheries environment in eastern boundary upwelling zones under climate change. Communications Earth & Environment, v. 4, n. 19, doi: 10.1038/s43247-023-00681-0, 2023.
CHAVES, F. P., MESSIÉ, M. A comparison of Eastern Boundary Upwelling Ecosystems. Progress in Oceanography, vol. 83, p. 80-96, doi: 10.1016/j.pocean.2009.07.032, 2009.
HARARI, Joseph. Noções de oceanografia . Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, 2021. DOI: https://doi.org/10.11606/9786599585401 Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1086 . Acesso em 10 novembro. 2025.

LI, D., NI, X., WANG, K., ZENG, D., WANG, B., JIN, H., LI, H., ZHOU, F., HUANG, D., CHEN, J. Biological CO2 Uptake and Upwelling Regulate the Air-Sea CO2 Flux in the Changjiang Plume Under South Winds in Summer. Frontiers in Marine Science, v. 8, doi: 10.3389/fmars.2021.709783, 2021.

TAMSITT, V., DRAKE, H.F., MORRISON, A.K. et al. Spiraling pathways of global deep waters to the surface of the Southern Ocean. Nat Commun 8, 172 (2017). https://doi.org/10.1038/s41467-017-00197-0

U.S. DEPARTAMENT OF COMMERCE / NOAA / NESDIS. Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual – Chap. 9 (Upwelling), p. 221-244. Washington, D.C., s.d. Disponível em: https://www.sarusersmanual.com/ManualPDF/NOAASARManual_CH09_pg221-244.pdf. Acesso em: 01 nov. 2025.

CAPÍTULO 20 - Os movimentos de rotação e translação da Terra

Sabrina Aparecida Ramos da Fonseca[1]

[1] Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon

1. Introdução

Você já se perguntou por que um dia na Terra dura 24 horas? Ou por que vemos o Sol e a Lua no céu ao longo do dia? Já reparou que o Sol e a Lua nascem no horizonte a Leste e se põem a Oeste? Olhe para um relógio e veja que horas são! Sabia que, na cidade de Victoria (Canadá), capital da Colúmbia Britânica, são 5 horas a menos do que o horário que você vê no seu relógio? Consegue explicar o motivo disso? E por que um ano tem 365 dias, enquanto os anos bissextos têm 366? Qual é a sua estação do ano preferida? Você sabe por que temos diferentes estações do ano? E por que são quatro: primavera, verão, outono e inverno?

Essas são apenas algumas das perguntas que podemos fazer aos alunos para despertar sua curiosidade e observação sobre os movimentos celestes, especialmente os da Terra no espaço. Os movimentos de rotação e translação da Terra não são apenas curiosidades; eles são essenciais para a vida no nosso planeta e para a compreensão de fenômenos naturais, como as marés. Compreender esses movimentos é fundamental em várias áreas do conhecimento, além de impactar diretamente as atividades humanas cotidianas.

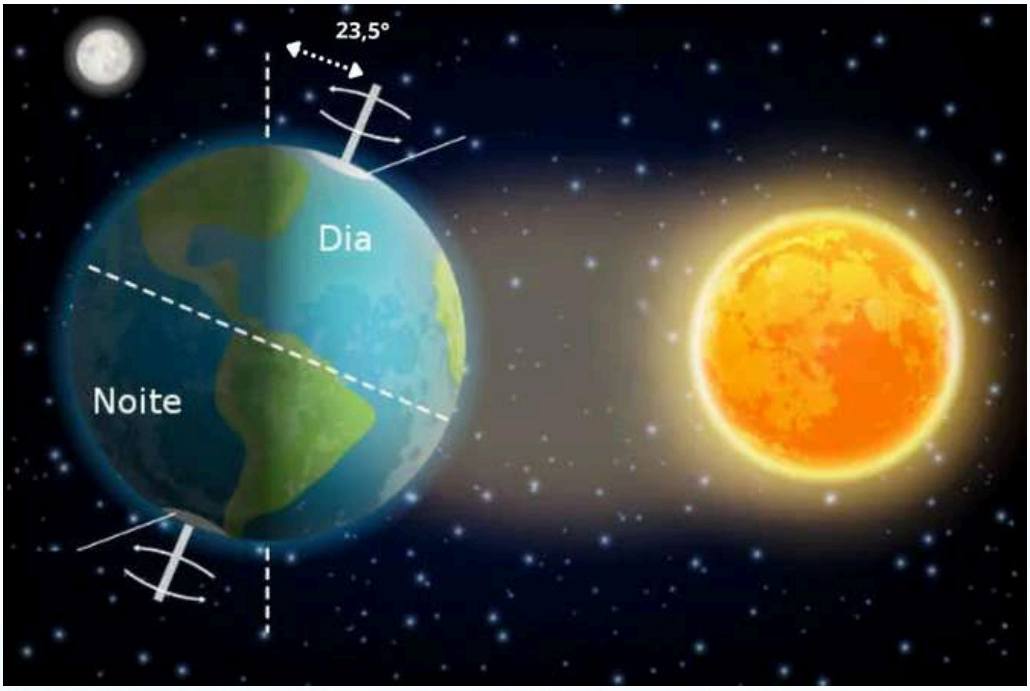
2. O movimento de Rotação da Terra

O movimento de rotação é o movimento que a Terra faz em torno de seu próprio eixo. Ele dura cerca de 1 dia sideral, ou seja, aproximadamente 23h 56min e 4s (o que é praticamente 24 horas), e apresenta velocidade angular de cerca de 7,29 $x10^{-5}$ rad/s. O eixo de rotação da Terra, que passa pelos polos Norte e Sul, tem uma inclinação de cerca de 23,5° em relação ao plano da órbita da Terra ao redor do Sol (Figura 1). Considerando que um ano tem 365 dias, para corrigir esse desajuste do período de um ano do calendário comum em relação ao ano solar, foi adotado o ano bissexto, no qual é adicionado um dia a mais no mês de fevereiro no calendário a cada 4 anos. Logo, nos anos bissextos o mês de fevereiro tem 29 dias ao invés de 28 dias.

Durante a rotação, a cada instante, um ponto específico da superfície terrestre aponta para uma direção diferente no espaço. Por exemplo, se você estiver em Vila Velha, no Espírito Santo, observando uma estrela em uma noite de verão, perceberá que ela se move de leste para oeste no céu aparente (aquele céu que podemos ver). Isso acontece porque a Terra gira de oeste para leste, fazendo com que você, junto com o planeta, mude de posição. Esse movimento também é o responsável pelo "nascer" do Sol no leste e pelo "pôr" do Sol no oeste. Isso também ocorre com a Lua.

O movimento de rotação é o que nos dá a percepção dos ciclos diários de dias e noites. Durante as cerca de 24 horas de um dia sideral, há momentos em que a face da Terra recebe os raios solares, iluminando a superfície. Já durante a noite, a parte da Terra que não está exposta ao Sol permanece na sombra, ou seja, há o período de escuridão (Figura 1). A existência dos fusos horários em diferentes partes do planeta é uma consequência do movimento de rotação da Terra visto que diferentes regiões da Terra recebem a luz do Sol em momentos distintos. Deste modo, o planeta foi dividido em 24 fusos, cada um correspondendo a uma hora do ciclo de rotação. Cada fuso apresenta, em média, 15º de longitude e o fuso central é o Meridiano de Greenwich, que tem 0º. Deste modo, à medida que você vai para Leste deve adiantar a hora do seu relógio, mas se você for para Oeste a hora do relógio deve ser atrasada.

Figura 1: Representação esquemática do planeta Terra mostrando o seu eixo e sentido de rotação. Os ciclos diários de dias e noites são uma consequência do movimento de rotação da Terra.



Fonte: Modificado do site Brasil Escola disponível em: www.brasilescola.uol.com.br.

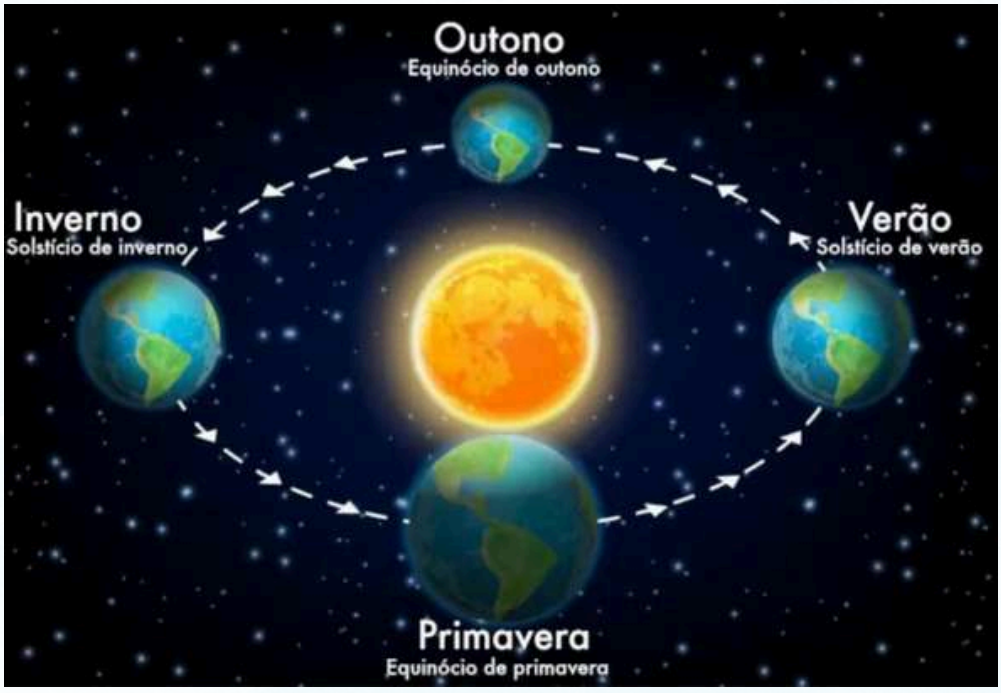
3. O movimento de Translação da Terra

O movimento de translação da Terra é o movimento que nosso planeta realiza ao redor do Sol, seguindo uma trajetória elíptica. A Terra leva 365 dias, 5 horas, 48 minutos e 45 segundos (praticamente 365 dias) para completar uma volta ao redor do Sol, ou seja, um ano solar. Esse movimento é fundamental para a formação das estações do ano e também influencia eventos astronômicos, como os solstícios e equinócios, que explicaremos a seguir.

A combinação entre o movimento de translação e a inclinação do eixo da Terra é responsável pela existência das estações do ano: primavera, verão, outono e inverno. Durante o movimento de translação, a Terra mantém um ângulo fixo em relação ao Sol, o que impacta diretamente a quantidade de luz solar que atinge diferentes partes do planeta. Isso resulta em variações na temperatura e na duração dos dias. Quando o

hemisfério está inclinado em direção ao Sol, ele recebe mais diretamente os raios solares, fazendo com que essa parte do planeta fique mais quente, tenha temperaturas mais altas e dias mais longos (solstício de verão). Por outro lado, o hemisfério oposto ao Sol recebe os raios solares de maneira menos direta, resultando em menor aquecimento, dias mais curtos e temperaturas mais baixas (solstício de inverno). Durante a primavera e o outono, ocorrem os equinócios, quando a Terra está em uma posição intermediária da sua órbita ao redor do Sol, de modo que a quantidade de luz solar que atinge os dois hemisférios é praticamente igual, proporcionando dias e noites com durações quase equivalentes (Figura 2).

Figura 2: Representação esquemática dos solstícios e equinócios e o início das estações do ano.



Fonte: Site Brasil Escola disponível em: www.brasilescola.uol.com.br.

No hemisfério sul, o solstício de verão ocorre aproximadamente no dia 21 de dezembro, e o solstício de inverno ocorre por volta de 21 de junho. Os equinócios de outono e primavera acontecem em torno dos dias 20 de março e 23 de setembro, respectivamente. Na Tabela 1 está apresentado um resumo sobre os solstícios e equinócios, com base no hemisfério sul.

Tabela 1 - Data aproximada, posição do sol e estação do ano associadas à ocorrência dos solstícios e equinócios no hemisfério sul.

Evento	Data Aproximada	Posição do Sol	Hemisfério Sul
Equinócio de Outono	20/03/2025	Sobre o Equador	Início do outono
Solstício de Inverno	21/06/2025	Trópico de Câncer	Início do inverno
Equinócio de Primavera	23/09/2025	Sobre o Equador	Início da primavera
Solstício de Verão	21/12/2025	Trópico de Capricórnio	Início do Verão

Em relação à órbita elíptica da Terra em torno do Sol, vale ressaltar a existência de dois pontos de maior interesse neste trajeto: o afélio e o periélio. O afélio é o ponto da órbita em que a Terra está mais distante do Sol, ocorrendo por volta de 4 de julho. Já o periélio é o ponto mais próximo do Sol, ocorrendo por volta de 3 de janeiro. Embora a Terra esteja mais distante do Sol no afélio, não é isso que causa o verão ou o inverno, já que a intensidade das estações é mais influenciada pela inclinação do eixo terrestre.

Saiba Mais

O movimento de rotação da Terra cria uma força invisível chamada força de Coriolis? A força de Coriolis (Ver capítulo 17 - Efeito Coriolis) é responsável por desviar os movimentos de objetos que se deslocam sobre a superfície do planeta. Quando um objeto se move, a rotação da Terra faz com que ele "desvie" da sua trajetória original. No hemisfério norte, esse desvio acontece para a direita, enquanto no hemisfério sul, ele ocorre para a esquerda. Esse efeito influencia o movimento dos ventos e das correntes marinhas, influenciando, por exemplo, o clima de uma determinada região e o comportamento dos ciclones. Embora não seja uma força real, a força de Coriolis é uma consequência direta da rotação da Terra e tem grande impacto na dinâmica dos nossos oceanos e da atmosfera.

Atividade Sugerida

Experimento em sala

Habilidades BNCC:

- (EF03CI08); (EF04CI11); (EF05CI11); (EF05CI12); (EF08CI12); (EM13MAT306);

Com um globo terrestre e uma lanterna representando o Sol, mostre como o eixo de inclinação do planeta faz com que a Terra receba raios solares de maneiras diferentes. Gire o globo ao redor da lanterna e destaque os pontos em que ambos os hemisférios recebem luz igual e quando os dois hemisférios recebem luz de modo diferente. De modo semelhante faça a demonstração do ciclo dos dias e da noite.

Observação direta:

Peça aos alunos que observem a posição do Sol em diferentes horários e registrem as mudanças de sombra.

Recursos complementares sugeridos

Recomenda-se o uso de imagens, animações e vídeos para ilustrar os movimentos de rotação e translação, assim como suas consequências. Materiais digitais, como apresentações em PowerPoint com vídeos e animações, facilitam a compreensão dos alunos e tornam o aprendizado mais concreto. Abaixo segue uma lista de endereços digitais onde materiais desta natureza podem ser encontrados na internet.

- NASA's Eyes on the Solar System: Oferece uma ferramenta interativa onde os movimentos da Terra e outros planetas, incluindo rotação, translação e órbitas podem ser simulados. A interface permite uma exploração visual detalhada, com a possibilidade de observar os efeitos de diferentes movimentos no Sistema Solar. Endereço eletrônico: https://eyes.nasa.gov.
- PhET Interactive Simulations: É um repositório de simulações científicas criadas pela Universidade do Colorado. Ele oferece simulações interativas sobre a rotação e translação da Terra, além de outros movimentos celestes. As simulações são bem didáticas e permitem que os alunos interajam com os conceitos de forma simples e visual. Simulação recomendada: Earth and Moon. Endereço eletrônico: https://phet.colorado.edu.
- Solar System Scope: Este site oferece uma visualização detalhada e interativa do Sistema Solar. Você pode explorar a rotação e translação da Terra, ver como os planetas se movem ao redor do Sol e entender os ciclos do ano e do dia. Ele também possui versões para dispositivos móveis. Endereço eletrônico: https://solarsystemscope.com.
- Time and Date - Earth's Rotation: O site oferece várias ferramentas e simulações que explicam os movimentos da Terra, incluindo a rotação e a translação. Ele também mostra como esses movimentos afetam o ciclo do dia e das estações do ano. Endereço eletrônico: https://timeanddate.com/astronomy/motion-of-earth.html.
- Universe Sandbox: Uma simulação mais avançada e em 3D, onde você pode simular o movimento da Terra, órbitas, rotação e translação. Embora seja uma ferramenta paga, existe uma versão demo com funcionalidades limitadas. É muito interessante para visualizações e explorações mais complexas dos movimentos celestes. ndereço eletrônico: https://universesandbox.com.
- Joseph Harari (Organizador). Noções de Oceanografia. Disponível no Portal de Livros abertos da Universidade De São Paulo.Endereço eletrônico: https://livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/1086/991/3666.
- Jorge. P. Castello e Luiz C. Krug (Organizadores). Introdução às Ciências do Mar. Disponível no Portal da Universidade Federal do Rio Grande. Endereço eletrônico: https://cienciasdomarbrasil.furg.br/images/livros/LivroIntroducaoCienciasDoMar.pdf.

- KHAN ACADEMY. Lição 1 - O movimento dos astros e a rotação da Terra. Disponível em: URL. Acesso em: https://pt.khanacademy.org/science/5-ano/terra-e-universo-o-tempo-e-suas-medidas/o-tempo-e-suas-medidas/v/a-rotacao-da-terra-e-o-dia-e-a-noite.
- KHAN ACADEMY. Lição 6 - A inclinação e o eixo de inclinação da Terra. Disponível em: URL. Acesso em: https://pt.khanacademy.org/science/6-ano/terra-e-universo-6-ano/inclinacao-do-eixo-de-rotacao/v/inclinacao-do-eixo-de-rotacao-da-terra.

Referências bibliográficas sugeridas

BETTS, B. (Autor). WERNER, C. (Tradutor). Meu livro de planetas: Tudo sobre o Sistema Solar para crianças. Ed. Caminho Suave. 2022.

COIMBRA, P.; TIBURCIO, J. A. A Terra em Movimento. 1. ed. São Paulo: Harbra, 2005.

WEESE, B (Autor). SHIPMAN, G. (Ilustrador). Earth, Sun and Moon: Rotation and Revolution. Ed. Evan-Moor Educational Publishers. 1994.

CAPÍTULO 21 - El Niño e La Niña

Gabriela Souza Gomes[1]

[1] Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon

1. Introdução: A força dos oceanos no clima

O clima da Terra é fortemente influenciado pelas interações entre o oceano e a atmosfera. Um dos fenômenos mais conhecidos e estudados que exemplifica essa relação é o El Niño–Oscilação Sul (ENOS), que se manifesta em duas fases opostas: El Niño e La Niña. Esses eventos correspondem a variações anômalas na temperatura da superfície do Oceano Pacífico equatorial e têm efeitos que se estendem muito além dessa região, afetando o clima de praticamente todo o planeta.

De forma simplificada, o El Niño é caracterizado pelo aquecimento anormal das águas do Pacífico tropical central e oriental, enquanto La Niña representa seu resfriamento. Essas alterações, ainda que pareçam pequenas, geralmente entre 1 °C a 3 °C, são suficientes para modificar os padrões de ventos, chuvas e temperaturas em diferentes partes do globo.

Compreender o funcionamento desses fenômenos é essencial para entender por que há anos de seca em algumas regiões e de chuva intensa em outras. O conhecimento científico sobre o El Niño e La Niña também ajuda a planejar ações para reduzir os impactos ambientais e sociais desses eventos.

2. O que são El Niño e La Niña

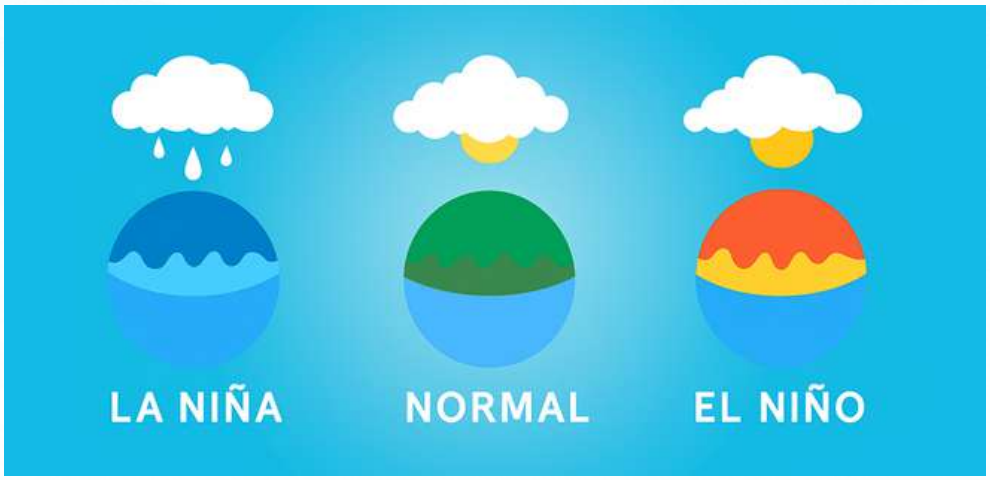
Durante o El Niño, as águas do Pacífico tornam-se mais quentes que o normal, o que enfraquece os ventos alísios, correntes de ar que normalmente sopram de leste para oeste, alterando a circulação atmosférica. Como consequência, há aumento de chuvas e tempestades em algumas regiões tropicais, enquanto outras sofrem com secas e calor intenso. No Brasil, o evento de 2015–2016 foi um dos mais intensos da história recente, resultando em seca na Amazônia e no Nordeste, além de temperaturas recordes.

Na fase La Niña, ocorre o oposto: as águas do Pacífico equatorial se tornam mais frias, reforçando os ventos alísios e intensificando a circulação atmosférica natural. Essa condição tende a provocar chuvas acima da média no Norte e Nordeste do Brasil e estiagens no Sul, criando um cenário inverso ao do El Niño.

Pesquisas recentes apontam que uma La Niña prolongada pode ser precedida por um El Niño forte, que deixa o sistema oceânico-atmosférico em desequilíbrio. Modelos climáticos mostram alta correlação entre eventos intensos de El Niño e a ocorrência subsequente de La Niña. A duração de cada fase depende do início e da intensidade dos ventos e da troca de calor entre o oceano e a atmosfera.

Em condições normais, os ventos alísios mantêm o equilíbrio térmico entre o oceano e a atmosfera no Pacífico equatorial. No entanto, esse equilíbrio pode ser temporariamente alterado, dando origem às fases quente (El Niño) e fria (La Niña) do fenômeno El Niño–Oscilação Sul (ENOS). Essas três condições normal, El Niño e La Niña estão representadas na Figura 1.

Figura 1 - Representação esquemática das fases do fenômeno El Niño–Oscilação Sul (ENOS).



Fonte: Ilustração criada por IA (ChatGPT, 2025), com base em WU (2018) e IWAKIRI & WATANABE (2021).

Para explicar de forma simples, podemos imaginar o oceano como uma grande panela de água morna. Às vezes, ele esquenta demais e o tempo muda. Quando isso acontece, chamamos de El Niño, que traz calor e seca em várias regiões. Quando esfria, chamamos de La Niña, que costuma trazer mais chuvas e temperaturas mais amenas. É como se fossem dois irmãos brincando com o clima da Terra: um gosta de calor (El Niño) e o outro prefere frio (La Niña).

3. Como esses fenômenos afetam o clima do Brasil

No Brasil, esses eventos estão associados a variações significativas no regime de chuvas, temperatura e produtividade agrícola, influenciando desde a ocorrência de secas severas na Amazônia até enchentes no Sul e Sudeste. Compreender seus mecanismos e monitorar sua evolução é fundamental para antecipar riscos, planejar safras agrícolas, proteger ecossistemas e reduzir prejuízos socioeconômicos, que são objetivos centrais de instituições como o INPE, a NOAA e a Organização Meteorológica Mundial, que atuam no monitoramento contínuo do ENOS em escala global.

Os impactos variam conforme a região e a fase do fenômeno:

● Durante o El Niño, o Sul do Brasil tende a registrar chuvas mais intensas e frequentes, enquanto o Norte e o Nordeste enfrentam estiagens prolongadas e temperaturas mais altas. Essas condições podem causar perdas agrícolas e aumento do risco de queimadas, como ocorreu no evento de 2015–2016, quando o país registrou temperaturas recordes, seca severa na Amazônia e expansão das áreas de fogo.

● Durante a La Niña, ocorre o oposto: o Sul passa a enfrentar períodos de estiagem e menor volume de chuva, enquanto o Norte e o Nordeste recebem precipitações acima da média. O episódio de La Niña em 2022 exemplificou esse padrão, com chuvas muito acima do normal no Norte e Centro-Oeste do país, provocando enchentes e atrasos no plantio agrícola.

Na geração de energia, mudanças no regime de chuvas afetam os níveis dos reservatórios hidrelétricos, comprometendo o abastecimento energético. Além disso, o aumento das temperaturas e a redução da umidade favorecem incêndios florestais e problemas respiratórios, impactando a saúde pública.

Em síntese, os efeitos do El Niño e da La Niña no Brasil demonstram como o país está vulnerável às variações climáticas globais. Monitorar esses fenômenos e compreender suas consequências regionais é fundamental para planejar políticas de adaptação, mitigar riscos ambientais e garantir segurança alimentar e energética em um cenário de mudanças climáticas cada vez mais intensas.

4. Como os cientistas fazem previsões desses eventos

Os cientistas utilizam modelos climáticos globais, programas de computador capazes de simular o comportamento da atmosfera e dos oceanos. Esses modelos recebem dados de satélites, boias oceânicas e navios, permitindo prever a temperatura do mar, ventos e chuvas para os próximos meses. Com base nesses dados, é possível calcular as probabilidades de ocorrência do El Niño ou da La Niña e estimar sua intensidade. Essas previsões são atualizadas mensalmente por centros de meteorologia, como a NOAA, o CPTEC/INPE e a WMO. O processo de coleta, integração e análise desses dados, desde a observação até a previsão final dos fenômenos, está representado na Figura 2.

Figura 2: Etapas de monitoramento e previsão dos fenômenos El Niño e La Niña.

Fonte: Ilustração criada por IA (ChatGPT, 2025), baseada em dados e procedimentos descritos pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2023) e pelo CPTEC/INPE (2024).

5. Conclusão

O El Niño e a La Niña mostram como o oceano e a atmosfera estão conectados. Esses fenômenos nos lembram de que o clima é um sistema dinâmico. Entender seu funcionamento é uma forma de aprender a cuidar melhor do planeta, usar os recursos naturais com responsabilidade e respeitar os ciclos da natureza.

Quando esses ciclos se desequilibram, os efeitos podem ser sentidos de forma intensa, dando origem a situações extremas que chamamos de desastres naturais. No próximo capítulo, veremos o que são esses desastres, por que acontecem e como o ser humano pode se preparar para enfrentá-los.

Saiba Mais

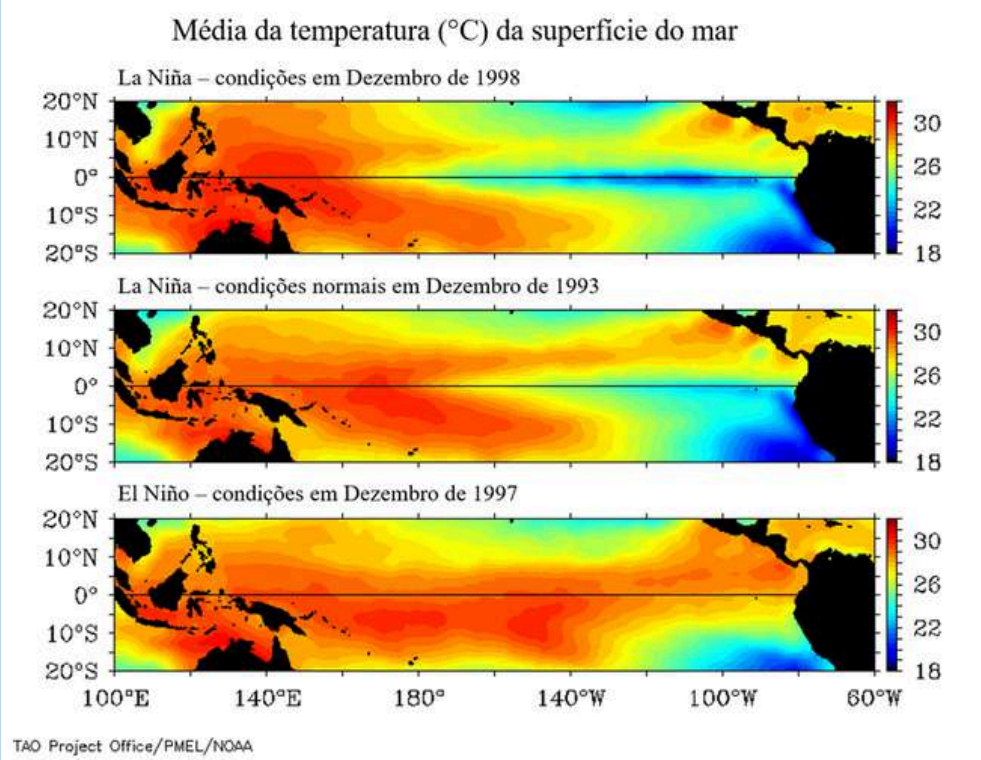
- Pesquisas recentes publicadas na Nature Climate Change, mostram que o aquecimento do Oceano Pacífico pode mudar o funcionamento de um grande "sistema de ventos" que existe sobre essa região, chamado célula de Walker. De forma simples, podemos imaginar esse sistema como uma gigantesca esteira de ar que sobe em um lado do Pacífico, viaja pelo alto da atmosfera e desce no outro lado, ajudando a organizar onde chove e onde faz mais calor.
- Quando o planeta aquece, essa "esteira" pode ficar mais fraca ou mudar de posição. Isso facilita o surgimento de El Niños muito fortes e também faz com que alguns episódios de La Niña durem mais tempo que o normal. Em outras palavras: o clima do Pacífico fica mais instável, e isso se reflete no clima de vários países, inclusive o Brasil.

As diferenças entre essas condições podem ser observadas claramente na Figura 3, que compara a temperatura média da superfície do mar durante eventos de La Niña, condições neutras e El Niño. Nas imagens, nota-se que:

- Durante a La Niña (topo), as águas frias se estendem pelo Pacífico equatorial, fortalecendo os ventos alísios e intensificando a célula de Walker.
- Em condições normais (centro), as temperaturas se distribuem de forma equilibrada, mantendo a circulação atmosférica estável.
- ● Durante o El Niño (base), ocorre o oposto: as águas quentes avançam para o leste, enfraquecendo os ventos alísios e alteram em profundidade a célula de Walker.

Essa redistribuição do calor oceânico é o motor que desencadeia mudanças climáticas globais, incluindo secas, enchentes, ondas de calor e perturbações nos ecossistemas.

Figura 3 - Temperatura média da superfície do mar em eventos de La Niña, condições normais e El Niño.



Fonte: TAO Project Office / PMEL / NOAA.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.

Promova um debate sobre como o clima afeta o dia a dia das pessoas, desde a agricultura até o consumo de energia.
Peça aos alunos que desenhem o oceano Pacífico com setas indicando correntes quentes e frias.

Faça um experimento simples com uma bacia de água morna e cubos de gelo para observar o movimento da água e discutir como o calor muda o clima.
Alguns estudos sugerem que o aquecimento global pode alterar a frequência e intensidade desses fenômenos, discutir em sala de aula como a mudança climática pode alterar esses fenômenos.

Assista a aula com o título de: 'Entenda o que é El Niño' - https://www.youtube.com/watch?v=_SaNsxrkieI&t=114sntenda

Recursos complementares sugeridos

Vídeos e Aulas Recomendadas

● “Entenda o que é El Niño” - Canal Ensino de Ciências
https://www.youtube.com/watch?v=_SaNsxrkieI
Explica de forma visual a relação oceano-atmosfera e mostra mapas animados.

● Documentário: “O Planeta em Transformação - O Efeito El Niño”
Produção acessível que aborda impactos globais e regionais do ENOS.

Livros Indicados

● “Clima e Oceano” - J. A. Marengo *et al.*
Explica o papel dos oceanos nas variações climáticas globais, com linguagem acessível.

● “Ocean–Atmosphere Interactions” - G. Philander

Referências bibliográficas sugeridas

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Impactos do El Niño e La Niña na agricultura brasileira. Brasília: Embrapa, 2023.

IWAKIRI, T.; WATANABE, M. Mechanisms linking multi-year La Niña with preceding strong El Niño. Scientific Reports, v. 11, 2021.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. et al. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during El Niño 2015–2016. Nature, v. 535, p. 46–50, 2016.

MARENGO, J. A. et al. Variabilidade climática e eventos extremos no Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 36, 2021.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. El Niño/La Niña updates. Washington, 2023.

PTEC/INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Boletim climático 2024. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2024.

WMO – World Meteorological Organization. State of the Global Climate Report. Geneva: WMO, 2023.

WU, X. What Controls the Duration of El Niño and La Niña Events? Journal of Climate, 2018.

CAPÍTULO 22 - Desastres Naturais

Gabriela Souza Gomes[1]

[1] Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon

1. O que são desastres naturais segundo a ciência

Os desastres naturais fazem parte da história da humanidade e revelam como a natureza, quando combinada a condições sociais vulneráveis, pode gerar impactos profundos sobre a vida e o território. De forma simples, um desastre natural ocorre quando um fenômeno natural, como uma enchente, seca, deslizamento de terra ou tempestade atinge uma população despreparada ou em situação de risco, causando perdas materiais, ambientais e humanas. Ou seja, o evento natural, por si só, não é o desastre: o desastre acontece quando há exposição e vulnerabilidade humana. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) e o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, desastres naturais são eventos físicos extremos ou severos que causam danos humanos, econômicos e ambientais significativos.

No Brasil, a classificação oficial desses eventos segue a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), que organiza os desastres em cinco grandes grupos: geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climáticos e biológicos (Figura 1).

Figura 1: Categorias de Desastres Naturais.

Fonte: Imagem criada por IA - ChatGPT, 2025, com base em Monte *et al*., 2020 e COBRADE.

Esses grupos englobam diferentes tipos de ocorrências que afetam o país, como enchentes, incêndios florestais, deslizamentos de terra e tempestades severas, exemplos ilustrados na Figura 2, que mostra alguns dos desastres naturais mais recorrentes no território brasileiro.

Figura 2 - Exemplos ilustrativos de desastres naturais recorrentes no Brasil, incluindo enchentes, incêndios florestais, deslizamentos de terra e tempestades severas.

Fonte: Imagem criada por IA - ChatGPT, 2025.

Essa categorização facilita o trabalho de monitoramento e gestão de riscos, permitindo que órgãos públicos identifiquem as causas, os impactos e as ações prioritárias em cada tipo de evento. Por exemplo, uma enchente é classificada como desastre hidrológico, enquanto uma seca extrema é considerada climática.

No Brasil, segundo o CEMADEN, os desastres naturais mais comuns são de origem hidrometeorológica, ou seja, relacionados à chuva, ventos, secas e enchentes, todos fortemente influenciados pelas condições climáticas regionais e globais. Entre os desastres naturais mais impressionantes e devastadores do planeta estão aqueles que se formam nas profundezas do oceano. Um pequeno movimento no fundo do mar pode gerar ondas gigantes que viajam milhares de quilômetros e chegam à costa com força destrutiva, denominados de tsunamis e maremotos.

2. Grandes desastres naturais registrados no Brasil

O Brasil é um país de dimensões continentais, com enorme diversidade climática e geográfica. Embora não sofra com furacões ou grandes terremotos como outros países, vive intensamente os efeitos de eventos climáticos extremos, que têm se tornado mais frequentes e severos nas últimas décadas (Tabela 1).

A ocorrência e a intensidade dos desastres naturais no Brasil estão fortemente relacionadas ao modo como as pessoas vivem e ocupam o território. O crescimento urbano desordenado, a ocupação de áreas de risco e a falta de infraestrutura de drenagem e saneamento ampliam a vulnerabilidade de muitas comunidades. Além disso, as mudanças climáticas vêm aumentando a frequência e a severidade de eventos extremos, como enchentes, secas e deslizamentos, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, onde a combinação de clima, pobreza e fragilidade ambiental intensifica os impactos.

Tabela 1 - Principais desastres naturais históricos no Brasil.

Ano	Evento	Local	Tipo	Impactos principais
1967	Deslizamentos e enchentes na Serra das Araras	RJ	Hidrometeorológico	Mais de 1.000 mortes; colapso de infraestrutura
2008	Enchentes e deslizamentos em Santa Catarina	SC	Hidrometeorológico	135 mortos e 1,5 milhão de afetados
2011	Deslizamentos na Região Serrana	RJ	Hidrometeorológico	918 mortos; maior tragédia climática do Brasil
2012–2015	Seca prolongada no Nordeste e Sudeste	NE/Sudeste	Climatológico	Crise hídrica em SP e perdas agrícolas severas
2019	Rompimento da barragem de Brumadinho (induzido)	MG	Geotécnico	270 mortos; desastre socioambiental
2022	Chuvas extremas na Bahia e em Petrópolis	BA/RJ	Hidrometeorológico	242 mortos; danos em centenas de municípios
2023–2024	Enchentes no Rio Grande do Sul (El Niño)	RS	Hidrometeorológico	Centenas de mortos e prejuízos bilionários

Fontes: CEMADEN (2024); IPCC (2021); Marengo *et al*. (2021); ANA (2023); WMO (2024).

Estudos recentes destacam que a Amazônia Oriental e o estado do Pará, por exemplo, vêm enfrentando uma intensificação dos desastres naturais ligados a períodos de chuva intensa seguidos por estiagens severas. Já em regiões como Santa Catarina, as chuvas extremas e o transbordamento de rios têm causado prejuízos recorrentes à infraestrutura urbana e ao setor agrícola. Esse panorama reforça a importância de compreender os mecanismos naturais e sociais que desencadeiam os desastres, promovendo políticas de adaptação e resiliência.

3. Estratégias de prevenção e educação

Segundo o CEMADEN (2023) e o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres, a prevenção passa por educação ambiental, planejamento urbano, alertas meteorológicos e infraestrutura resiliente.

O Brasil possui hoje redes de monitoramento integradas com o INPE, ANA e Defesa Civil, que emitem avisos antecipados e ajudam a reduzir perdas humanas e materiais.

Saiba Mais

- Aproximadamente 90% dos desastres no Brasil são hidrometeorológicos (enchentes, secas, vendavais).
- Big Data e sensoriamento remoto permitem mapear riscos com maior precisão, cruzando informações de chuva, relevo, ocupação humana e histórico de impactos.
- O Brasil possui um dos maiores sistemas de monitoramento do mundo, integrando INPE, ANA, CEMADEN e Defesas Civis estaduais.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF09CI13);

Monte uma linha do tempo com os principais desastres naturais no Brasil, destacando:

- O tipo de evento (seca, enchente, deslizamento, etc.); As regiões afetadas;

As medidas que poderiam ter reduzido os impactos.

- Assista ao vídeo da aula: O que é desastre natural? https://www.youtube.com/watch?v=TiPBuwQcmZE

Recursos complementares sugeridos

Vídeos e Documentários

● “O que é desastre natural?” - Canal Observatório Nacional
https://www.youtube.com/watch?v=TiPBuwQcmZE
Excelente para estudantes do ensino fundamental e médio.

● Documentário: “Tempestades Extremas” - National Geographic
Episódio que mostra como enchentes, secas e tempestades se intensificam com o clima.

● Série “Desastres Naturais” - Discovery Channel
Explica causas, impactos e como a ciência monitora esses eventos.

Livros Recomendados

● “Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir” - Defesa Civil Brasil
Material gratuito e excelente para escolas.

● “Gestão de Riscos e Emergências” - F. Calheiros
Introdução completa à mitigação e prevenção.

Referências bibliográficas sugeridas

ANA – Agência Nacional de Águas. Relatório de Desastres Naturais e Eventos Críticos no Brasil. Brasília: ANA, 2023.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Boletim Técnico Anual de Desastres Hidrometeorológicos. São José dos Campos: CEMADEN, 2023.

CORREIA, T. P.; CORSI, A.; QUINTANILHA, J. A. Big Data for Natural Disasters in an Urban Railroad Neighborhood: A Systematic Review. Smart Cities, 3(2), 1–20, 2020.

COSTA, S. C.; SILVA, V. N. V.; MAGNAGO, R.; LIBRELOTTO, L. I. A Global and Regional Analysis of Natural Disasters in the State of Santa Catarina. ENSUS 2024 – XII Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2024.

CRUZ, A.; FELIX, G. A. B.; MENDES, A. Occurrences of Disasters Involving Rains in the State of Tocantins. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 8(1), 1–10, 2021.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

MARENGO, J. A. et al. Variabilidade climática e eventos extremos no Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 36, 2021.

MONTE, B. E. O.; GOLDENFUM, J.; MICHEL, G. P.; CAVALCANTI, J. R. Terminology of Natural Hazards and Disasters: A Review and the Case of Brazil. International Journal of

Disaster Risk Reduction, 47, 101534, 2020.
RIBEIRO, M. S. M.; ANDRADE, L.; SPYRIDES, M.; SILVA, P. Aspectos sanitários, sociais e meteorológicos e desastres naturais na região Nordeste do Brasil. Mercator, 21, e21013, 2022.
SOUZA, E. D. de; FERREIRA, D.; ANJOS, L. J. S. et al. Intensification of Natural Disasters in the State of Pará and the Triggering Mechanisms Across the Eastern Amazon. Atmosphere, 15(1), 1–25, 2024.
UNDRR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva: UN, 2019.
WMO – World Meteorological Organization. State of the Global Climate 2024. Geneva: WMO, 2024.

CAPÍTULO 23 - Tsunamis e Maremotos

Gabriela Souza Gomes[1]

[1] Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon

1. Introdução: Quando o mar se levanta

Imagine estar em uma praia tranquila e, de repente, o mar recuar rapidamente, deixando a areia exposta. Poucos minutos depois, uma onda gigantesca se aproxima, avançando sobre a costa com enorme velocidade e força. Esse fenômeno é chamado de tsunami, uma das manifestações mais poderosas da natureza. Para compreender melhor esse processo, a Tabela 1 apresenta as principais etapas de formação de um tsunami, desde o maremoto inicial até a inundação da costa.

Tabela 1 - Etapas para formação de um tsunami e suas principais características.

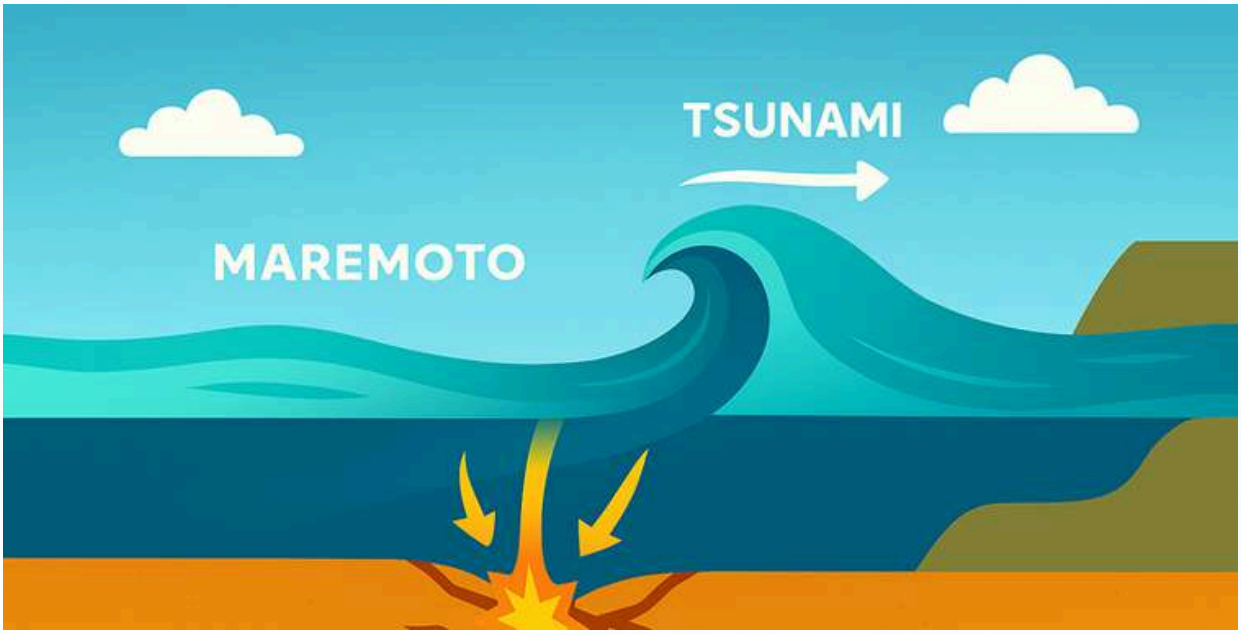
Etapa	Descrição
1. Maremoto	Um terremoto submarino ocorre e desloca o fundo do mar.
2. Geração da onda	A energia liberada empurra a água, criando ondas que se espalham em todas as direções.
3. Propagação	As ondas viajam pelo oceano chegando até 800 km/h, quase tão rápido quanto um avião.
4. Amplificação costeira	Ao chegar em águas rasas, a velocidade diminui, mas a altura aumenta.
5. Inundação	A onda invade o litoral, destruindo tudo em seu caminho.

Fonte: NOAA, 2023; USGS, 2023.

Essas ondas oceânicas gigantes e extremamente energéticas podem percorrer milhares de quilômetros e causar destruição ao atingirem áreas costeiras. Na maioria das vezes, elas são provocadas por maremotos, terremotos submarinos que deslocam grandes volumes de água e geram ondas que se propagam pelo oceano. Além dos terremotos, erupções vulcânicas, deslizamentos de massa submarinos ou até impactos de meteoros também podem originar esses fenômenos.

A Figura 6 ilustra de forma simplificada como um maremoto, causado pelo deslocamento do fundo oceânico, pode evoluir para um tsunami que se propaga e atinge a costa, liberando grande quantidade de energia.

Figura 1 - Formação de um tsunami atingindo a costa.



Fonte: Imagem criada por IA - ChatGPT, 2025.

Hoje, o estudo desses fenômenos tem avançado com o uso de tecnologia e monitoramento constante dos oceanos. Equipamentos como marégrafos (que medem a variação do nível do mar) e sensores de pressão ajudam a detectar rapidamente anomalias, permitindo a emissão de alertas em caso de risco. Mesmo que raros, tsunamis e meteotsunamis podem causar grandes impactos nas áreas costeiras, principalmente onde há muitas pessoas e construções próximas ao mar. Por isso, entender como esses fenômenos acontecem é fundamental para desenvolver sistemas de alerta, proteger vidas e evitar desastres.

2. Tsunamis históricos no mundo

Os tsunamis têm registros desde a Antiguidade. Um dos primeiros relatos é o da erupção do vulcão de Santorini, na Grécia (cerca de 1600 a.C.), que gerou ondas capazes de devastar cidades inteiras. Mais recentemente, alguns eventos se destacaram por sua magnitude e consequências globais (tabela 1).

Esses episódios impulsionaram o desenvolvimento de sistemas globais de monitoramento e alerta de tsunamis, capazes de detectar variações no nível do mar e emitir avisos preventivos em questão de minutos. Hoje, redes integradas de boias oceânicas, marégrafos e satélites operam em tempo real, enviando dados para centros internacionais de vigilância, como o Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) e o UNESCO-IOC, que coordenam a emissão de alertas e a comunicação entre os países costeiros, reduzindo significativamente o risco de novas tragédias.

Tabela 1 - Principais tsunamis registrados no mundo e seus impactos associados.

Ano	Local	Causa	Altura das ondas	Impactos
2004	Indonésia (Oceano Índico)	Terremoto 9,1 Mw	Até 30 m	230 mil mortos em 14 países
2011	Japão (Fukushima)	Terremoto 9,0 Mw	15 m	Destruição e vazamento nuclear
2018	Indonésia (Sulawesi)	Deslizamento submarino	6 m	4 mil mortos

Fonte: USGS, 2023; UNESCO-IOC, 2022.

Esses episódios impulsionaram o desenvolvimento de sistemas globais de monitoramento e alerta de tsunamis, capazes de detectar variações no nível do mar e emitir avisos preventivos em questão de minutos. Hoje, redes integradas de boias oceânicas, marégrafos e satélites operam em tempo real, enviando dados para centros internacionais de vigilância, como o Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) e o UNESCO-IOC, que coordenam a emissão de alertas e a comunicação entre os países costeiros, reduzindo significativamente o risco de novas tragédias.

3. E o Brasil, pode ter tsunami?

No Brasil, tsunamis de origem tectônica, ou seja, ligados a terremotos são muito raros, porque o país está longe das zonas onde acontecem os grandes choques de placas tectônicas. Mesmo assim, já houve registros de ondas vindas de outros lugares do planeta. Um exemplo foi o tsunami de 1755, provocado pelo terremoto de Lisboa, em Portugal. As ondas atravessaram o oceano Atlântico e chegaram ao litoral nordestino e sudeste do Brasil, com pequenas alterações no nível do mar. Outro caso foi o tsunami de 2004, que atingiu o Oceano Índico e, mesmo a grande distância, deixou sinais detectados por equipamentos na costa sudeste brasileira.

Além desses casos, o litoral do Brasil também pode sofrer com outro tipo de onda forte: os meteotsunamis. Diferente dos tsunamis provocados por terremotos, os meteotsunamis são causados por fenômenos do clima, como frentes frias, tempestades e quedas bruscas de pressão atmosférica. Essas mudanças no ar fazem o nível do mar oscilar de forma anormal, gerando ondas que podem ser perigosas em regiões costeiras. Pesquisas mostram que entre 1977 e 2020 ocorreram vários meteotsunamis no Brasil, principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro, onde provocaram inundações e danos em portos e embarcações.

Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o risco é considerado baixo, mas não nulo.

Modelagens indicam que uma erupção nas Ilhas Canárias (vulcão Cumbre Vieja, Espanha) poderia gerar ondas que poderiam atingir o Nordeste brasileiro após cerca de 8 horas de propagação.

4. Como os cientistas detectam e monitoram

Atualmente, existem centros de monitoramento global como o Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) e o Sistema de Alerta de Tsunamis do Atlântico Sul (INPE/CEMADEN). Eles utilizam alguns dados (Figura 2):

●**Sismógrafos**, que detectam abalos sísmicos;

● **Boias DART**, este sistema é composto por bóias que são instaladas no fundo do oceano em áreas estratégicas e fazem medições contínuas da altura das ondas e da pressão da água. Quando um tsunami é gerado, as alterações de pressão detectadas pelas bóias são enviadas para as estações de monitoramento.

-Vantagens: Monitoramento em tempo real, medição da onda e pressão no fundo do oceano.

● **Sistema de sensores acústicos submarinos**, esses sistemas usam sensores acústicos para medir a pressão no fundo do mar, especialmente em áreas profundas. Isso permite a detecção de movimentos e ondas submarinas que indicam a presença de tsunamis.

-Vantagens: Monitoramento contínuo em locais profundos e remotos, alta precisão.

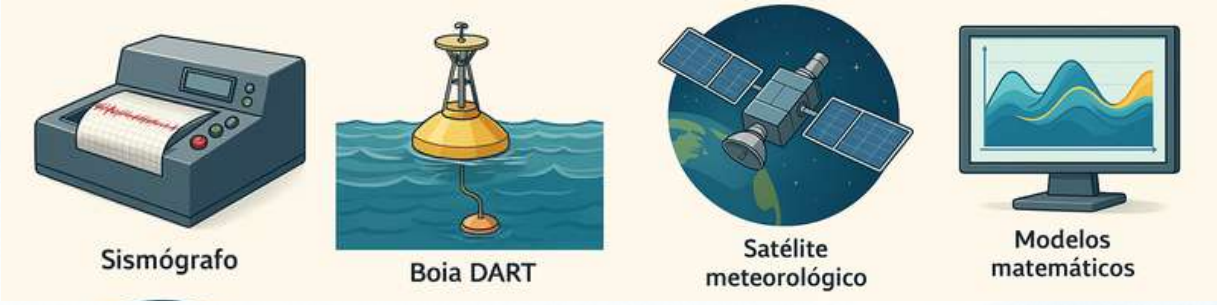
● **Medidores de maré (Tide gauges)**: Esses instrumentos são instalados em locais costeiros para medir variações no nível do mar. Embora eles não possam medir diretamente o tsunami no meio do oceano, eles são fundamentais para medir os impactos na costa, como o aumento do nível do mar devido à chegada das ondas.

-Vantagens: Monitoramento de eventos próximos à costa, medição de mudanças de longo prazo no nível do mar.

● Modelos computacionais de previsão de tsunamis, embora não sejam instrumentos físicos, esses sistemas baseados em dados históricos e medidos são usados para prever e modelar a propagação de tsunamis. Eles utilizam dados de instrumentos como as bóias DART, medidores de maré e outros, para gerar previsões e alertas.

-Vantagens: Previsão rápida, importante para alertas antecipados.

Figura 2 - Principais tecnologias utilizadas no monitoramento de tsunamis.



Fonte: ilustração gerada por IA - ChatGPT, 2025.

Essas informações são integradas para emitir alertas antecipados às regiões costeiras.

5. Conclusão

Os tsunamis e maremotos são lembretes poderosos de que a Terra está em constante transformação. Mesmo que esses fenômenos sejam raros no Brasil, eles revelam o quanto o planeta é dinâmico e como as forças naturais oceânicas, atmosféricas e geológicas estão profundamente conectadas. O estudo desses eventos mostra que monitorar, compreender e respeitar a natureza é essencial para garantir a segurança das pessoas e o equilíbrio ambiental.

Devido ao avanço da ciência e da tecnologia, hoje os cientistas conseguem detectar abalos sísmicos e alterações no nível do mar em poucos minutos, permitindo emitir alertas e salvar milhares de vidas. Sistemas globais de observação, como os de monitoramento sísmico, meteorológico e oceânico, são ferramentas fundamentais para reduzir os impactos de desastres e antecipar riscos. No entanto, a tecnologia por si só não é suficiente, ela precisa caminhar junto com educação ambiental, planejamento urbano e políticas públicas de prevenção.

Em resumo, compreender esses fenômenos é mais do que aprender sobre a natureza é entender que fazemos parte dela. Cada avanço científico, cada sistema de alerta e cada ação educativa nos aproxima de um futuro mais seguro e sustentável. A Terra é viva, e o clima, os mares e o solo estão em constante movimento. Cabe a nós aprendermos a conviver com essas transformações, unindo conhecimento, tecnologia e consciência ambiental para proteger o que temos de mais valioso: a vida em todas as suas formas.

Saiba Mais

- Tsunamis não têm relação com as marés, por isso, o termo “maremoto” pode causar confusão.

- Suas ondas podem atravessar oceanos inteiros quase sem perder energia.

- O tsunami de 2004, causado por um terremoto submarino de magnitude 9,1 na Indonésia, deslocou enormes volumes de água, gerando ondas de até 30 metros que devastaram 14 países e fizeram a Terra oscilar levemente em seu eixo.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF07CI15);

Faça uma maquete mostrando o fundo do mar, as placas tectônicas e como o movimento causa um tsunami.

Recursos complementares sugeridos

Vídeos e Documentários

● “A Física Cruel por trás dos tsunamis” - Ciência Todo Dia
https://www.youtube.com/watch?v=Io55BD7vRnM
Explicação clara usando simulações animadas.

● “O Terremoto Mais Poderoso do Século XXI” - History Channel
Episódio que reconstrói o tsunami de 2004 na Indonésia.

● Documentário: “Tsunami: The Wave That Shook the World” - PBS/NOVA
Um dos mais completos sobre o evento de 2004.

Livros Recomendados

●“Tsunamis: A História de Ondas Gigantes” - E. Bryant
Obra referência sobre causas e impactos dos tsunamis.

● “Earthquakes, Tsunamis and Nuclear Risks” - R. Steinberg
Relato detalhado sobre o tsunami de 2011 no Japão.

Referências bibliográficas sugeridas

ARAUJO, C. E. S.; BOLL, M. G.; GARBOSSA, L.; et al. Atmospherically induced large amplitude sea-level oscillations on October 29, 2019 at Santa Catarina, Brazil. Natural Hazards, 105, 1–18, 2020.

CANDELLA, R.; ARAUJO, C. E. S. Meteotsunamis in Brazil: an overview of known occurrences from 1977 to 2020. Natural Hazards, 104, 1–17, 2020.

DOURADO, F.; COSTA, P.; BAPTISTA, M.; et al. Possible evidence of the 1755 CE transatlantic tsunami in Brazil. Journal of South American Earth Sciences, 117, 103892, 2022.

FRANÇA, C.; MESQUITA, A. R. The December 26th 2004 Tsunami Recorded along the Southeastern Coast of Brazil. Natural Hazards, 39, 319–327, 2006.

LEVIN, B. W.; NOSOV, M. General Information on Tsunami Waves, Seaquakes, and Other Catastrophic Phenomena in the Ocean., 2015.

RABINOVICH, A. Twenty-Seven Years of Progress in the Science of Meteorological Tsunamis Following the 1992 Daytona Beach Event. Pure and Applied Geophysics, 176, 3781–3810, 2019.NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. Tsunami Science and Warning Systems. Washington, 2023.

UNESCO-IOC. Tsunami Ready Programme: Building Coastal Resilience. Paris: UNESCO, 2022.

USGS – United States Geological Survey. Understanding Tsunamis and Earthquakes. Washington, 2023.

WMO – World Meteorological Organization. State of the Global Climate Report 2022. Geneva: WMO, 2022.

CAPÍTULO 24 - Interação Onda–Costa

Ronaldo Medon[1]

[1] Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon

1.Introdução

As ondas no oceano podem ser definidas como uma perturbação ou oscilação que se propaga no tempo e no espaço, sem que as partículas se desloquem. As ondas superficiais são aquelas que ocorrem na interface oceano-atmosfera e que se propagam até chegarem a costa.

As ondas do mar são uma das principais forças que modelam o litoral, podendo modificar praias, falésias e restingas, influenciando ecossistemas e atividades humanas como pesca, turismo e ocupação urbana. Compreender a interação entre as ondas e a costa é essencial para prever transformações naturais, planejar o uso sustentável da zona costeira e mitigar possíveis impactos.

Em épocas de ressacas, por exemplo, as ondas podem avançar sobre a faixa de areia, causando erosão e destruindo estruturas construídas muito próximas do mar. Já em períodos de menor energia, a areia tende a ser reposta, reconstruindo as praias. Ao longo das últimas décadas, o aumento da urbanização costeira e as mudanças climáticas têm intensificado os problemas relacionados à erosão. O estudo das ondas e sua interação com a costa é, portanto, fundamental para garantir a segurança de comunidades e o equilíbrio ambiental.

A costa brasileira possui aproximadamente 10.000 km, considerando todas as reentrâncias e ilhas, e apresenta uma grande diversidade de ambientes: praias arenosas, costões rochosos, estuários e recifes. Cada um desses ambientes responde de forma diferente à energia das ondas. O foco, neste capitulo, é a interação entre as ondas e os processos que ocorrem na costa.

2. Conceitos Fundamentais

As ondas oceânicas superficiais se formam a partir da ação do vento sobre a superfície do oceano. A distância e o tempo sobre os quais o vento sopra determinam o tamanho das ondas, chamado de área de formação das ondas. As principais características de uma onda são sua altura (distância entre crista e cava), comprimento (distância entre cristas), período (tempo entre duas cristas sucessivas) e direção de propagação (Figura 1).

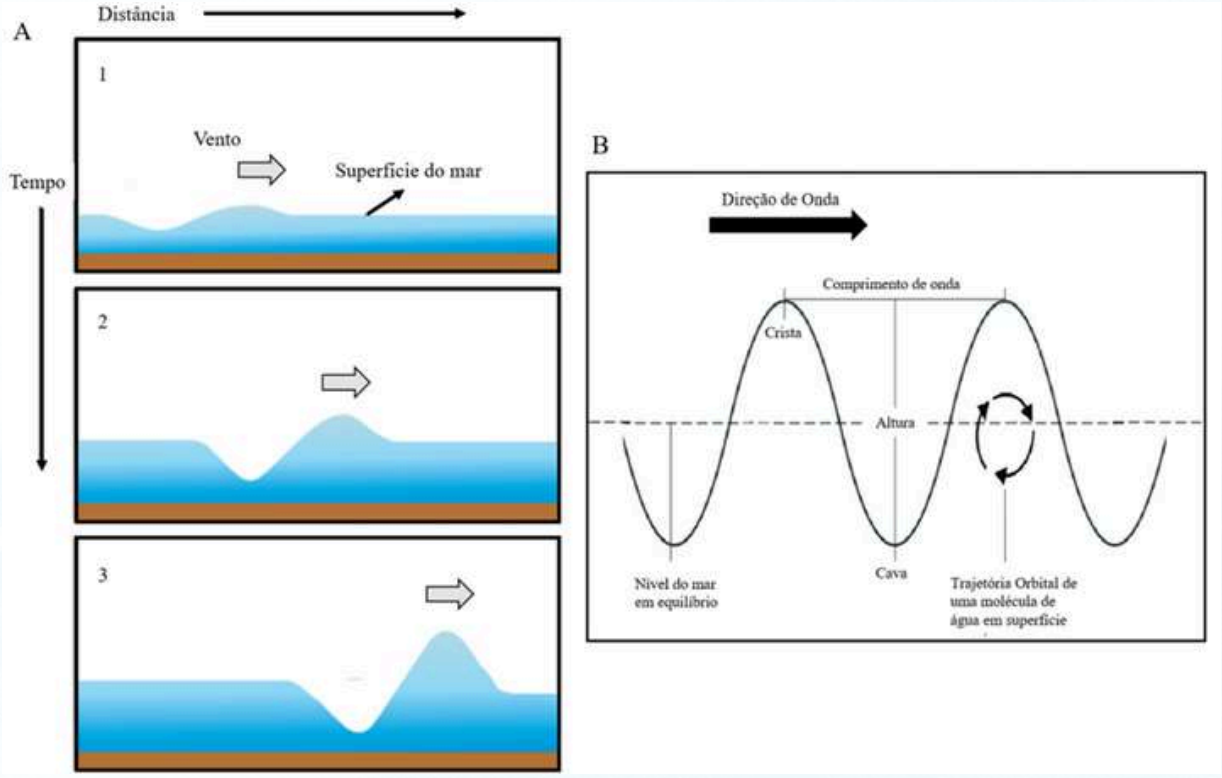
Ao se aproximarem da costa, as ondas podem sofrer transformações (Figura 2):

· Refração faz com que mudem de direção, concentrando energia em certas áreas;

· Difração permite que a energia contorne obstáculos, como ilhas e espigões;

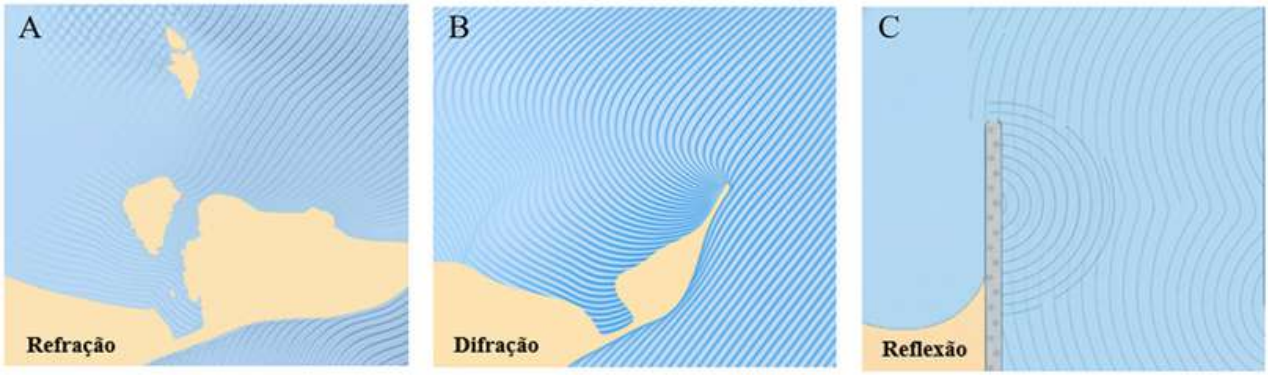
· Reflexão ocorre quando as ondas encontram barreiras verticais, retornando ao mar; e a arrebentação representa a liberação da energia, responsável por movimentar os sedimentos costeiros.

Figura 1. A) Esquema ilustrando o processo de geração das ondas pelo vento, mostrando a deformação progressiva da superfície do mar conforme o vento transfere energia para a água, resultando na formação das cristas e cavas. (B) Representação esquemática de uma onda idealizada, destacando suas principais características: altura, comprimento de onda, nível do mar em equilíbrio e trajetória orbital das partículas de água na superfície, que se movem em trajetórias circulares conforme a passagem da onda.



Fonte: modificado de FERNANDES *et al.* (2017).

Figura 2. Três mecanismos fundamentais de modificação das ondas ao interagirem com diferentes feições costeiras: **(A) Refração**, causada pela variação da profundidade, que altera a direção de propagação das frentes de onda; **(B) Difração**, caracterizada pelo espalhamento das ondas ao contornar obstáculos ou aberturas; e **(C) Reflexão**, onde as ondas incidem sobre estruturas rígidas (como molhes) e retornam ao mar, formando padrões de interferência.



Fonte: elaborado pelo autor.

Outro conceito importante é o de corrente de deriva litorânea, responsável por transportar sedimentos paralelamente à costa. Esse processo é essencial para a manutenção das praias, mas pode ser alterado por construções humanas, como molhes e quebra-mares, resultando em erosão de um lado e deposição do outro. Para aprofundar o entendimento dos fluxos que controlam esse transporte, consulte o capítulo 18 - Circulação oceânica e Correntes Marinhas.

3. Processos de Interação Onda–Costa

As ondas exercem papel preponderante na morfodinâmica costeira, modelando continuamente as praias e demais feições litorâneas. O impacto das ondas depende de sua altura, período e direção de incidência, bem como da geologia local e disponibilidade de sedimentos. A tipologia das praias é bastante diversa, resultado da complexa interação entre o clima de ondas, as correntes litorâneas, a fisiografia da costa e as propriedades dos sedimentos disponíveis

No momento em que as ondas chegam na costa e ocorre a interação, ou seja, descarga de energia na interface terra-mar, diversos processos de modificação acontecem. Em condições normais o ambiente tende a manter um equilíbrio, os sedimentos da praia vão se equilibrar entre erosão e deposição. Porém em alguns momentos, devido a alguma força externa como uma tempestade, ocorre a chegada de mais energia que o comum e faz com que o equilíbrio seja rompido e a costa sofra mais modificações.

Essa dinâmica de energia é frequentemente controlada por fenômenos meteorológicos e oceanográficos de larga escala. As variações do clima de ondas são um reflexo de padrões que ocorrem a milhares de quilômetros, como a migração de frentes frias e ciclones extratropicais. Em outras regiões do globo, o clima de ondas é dominado por teleconexões climáticas, como a influência do El Niño (ENSO) no Pacífico, que pode aumentar a frequência e a intensidade de ressacas em costas como a da Califórnia ou Peru, demonstrando a interligação global dos sistemas oceânicos e atmosféricos. Para entender como a circulação de larga escala no Atlântico Sul influencia a geração e propagação dessas ondas, consulte o capítulo 18 - Circulação Oceânica e Correntes marinhas.

O litoral do Espírito Santo, com sua extensão e diversidade de ambientes, serve como um excelente exemplo local da manifestação desses processos. A costa capixaba está exposta ao clima de ondas da porção sudoeste do oceano Atlântico Sul, caracterizado majoritariamente por ondas de origem no quadrante sudeste. Estudos de reanálise e modelagem de longo período confirmam que a região adjacente à costa capixaba apresenta predominância de ondas provenientes de sudeste (SE), com altura significativa típica entre 1,0 e 2,0 m e períodos médios de 7 a 8 s. Essas características são consistentes com climatologias de alta resolução que apontam o setor sudeste da costa brasileira como dominado por sistemas de ondas de SE-SSE gerados por ventos e tempestades no Atlântico Sudoeste.

As variações sazonais de ondas observadas no litoral capixaba, com ondas mais energéticas no inverno, são um reflexo de padrões meteorológicos de larga escala, como a migração de frentes frias e ciclones extratropicais no Atlântico Sul. Durante o verão e outono, é comum a incidência de ondas de leste a nordeste, geralmente de período mais curto (ondas de vento locais), enquanto no inverno e primavera aumentam as ondas de sul e sudeste, associadas às frentes frias e ciclones extratropicais que se deslocam pelo Atlântico Sul. Essas ondas de inverno tendem a ser mais energéticas e de maior altura, intensificando os processos costeiros nessa época.

No Espírito Santo o transporte de sedimentos é influenciado pela orientação da linha de costa e pela direção predominante dos ventos. Na região sul do estado, as ondas provenientes de sudeste tendem a deslocar areia em direção ao norte, enquanto no norte capixaba as correntes costeiras atuam em sentido oposto, influenciando a dinâmica das praias e estuários. De fato, o transporte de sedimentos induzido pelas ondas atinge seu máximo no inverno, refletindo a maior energia das ondas de sul nesse período. Para compreender como a variação do nível do mar modula a arrebentação das ondas e a faixa de atuação na praia, consulte o capítulo 27 - Marés e fases da lua.

A interferência humana, através da construção de estruturas costeiras, é outro fator que altera drasticamente a dinâmica natural do transporte de sedimentos, um princípio que se aplica a qualquer litoral do mundo. Estruturas como molhes, espigões e quebra-mares são obras projetadas para proteger a costa ou auxiliar a navegação, mas que, ao interferir na corrente de deriva litorânea, causam deposição de sedimentos de um lado e erosão acentuada do outro (Figura 3).

Figura 3. Exemplos de estruturas costeiras (molhes ou espigões).

Fonte: Google Imagens.

4. Importância Socioambiental da Zona Costeira Capixaba

A zona costeira abriga ecossistemas de grande valor ecológico, como manguezais, recifes e restingas. Esses ambientes atuam como barreiras naturais contra o avanço do mar, abrigam biodiversidade e sustentam comunidades tradicionais de pescadores. A degradação costeira, provocada pela erosão e pela ocupação desordenada, coloca em risco esses serviços ecossistêmicos e a qualidade de vida das populações locais.

Nesse cenário, a preservação e a gestão adequada da costa capixaba são cruciais. O litoral do Espírito Santo possui cerca de 400km de extensão, apresentando uma rica

diversidade de ambientes, desde falésias e praias arenosas a extensos manguezais. Proteger a integridade física desses trechos é um pilar não apenas ambiental, mas também socioeconômico, garantindo a sustentabilidade dos recursos marinhos e costeiros que são vitais para a região.

Além disso, o turismo é uma das principais atividades econômicas do estado. As praias de Guarapari, Itaúnas e Vila Velha atraem milhares de visitantes todos os anos. Manter essas áreas estáveis e limpas é fundamental não apenas para o lazer, mas também para a economia regional.

5. Exemplos e Estudos de Caso

Em Vila Velha, as ressacas recorrentes causam o recuo da faixa de areia e danos em calçadões e quiosques. Medidas como a instalação de quebra-mares submersos e o engordamento artificial de praias têm sido testadas para reduzir os impactos. Em Guarapari, a interação entre ondas e rochas cria um ambiente único, onde pequenas enseadas são moldadas de forma constante pela energia do mar. Exemplos desses impactos são apresentados na figura 4.

Figura 4. Exemplos dos impactos da erosão costeira em Vila Velha (esquerda) e Guarapari (direita), um fenômeno intensificado por ressacas e pela ocupação desordenada do litoral.

Fonte: A Gazeta e TV Gazeta.

No norte do Espirito Santo, em Pontal do Ipiranga (Linhares) e no sul, em Itaipava (Itapemirim), episódios de erosão severa levaram à perda de trechos de praia e à destruição de casas. Esses fenômenos estão associados tanto à intensificação das ressacas quanto à falta de gestão adequada do litoral.

Esses exemplos mostram a importância do monitoramento contínuo e de políticas públicas integradas de gerenciamento costeiro, capazes de equilibrar desenvolvimento e conservação.

Saiba Mais

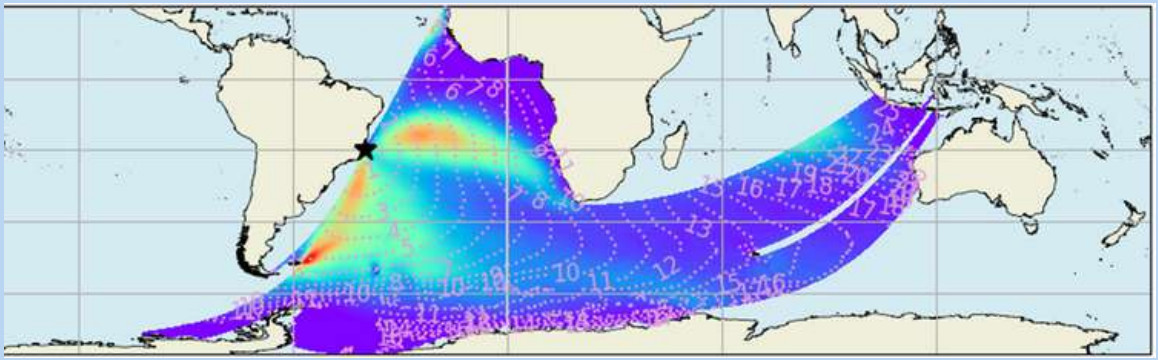
Os cientistas estudam o comportamento das ondas por meio de boias de medição (Figura 5), radares costeiros e modelos numéricos que simulam o movimento do mar. O Centro de Hidrografia da Marinha, centros de pesquisas e universidades capixabas realizam monitoramentos que ajudam a prever ressacas e orientar defesas civis municipais ao longo do litoral do Espirito Santo.

Figura 5. Boia de medição oceanográfica utilizada para monitoramento do comportamento das ondas.

Fonte: GHISOLFI, 2023.

Curiosidade: uma onda típica que chega às praias capixabas pode ter viajado milhares de quilômetros, formando-se em tempestades no Atlântico Sul e até mesmo no Oceano indico. Mesmo longe da costa, essas ondas carregam energia suficiente para moldar o litoral ao longo do tempo (Figura 6).

Figura 6. Propagação de ondas mostrando as trajetórias potenciais até um ponto no Oceano Atlântico Sul. As cores representam a intensidade relativa da energia de onda ao longo do percurso, enquanto as curvas indicam linhas de tempo/período de viagem das ondas. O ponto marcado com estrela identifica a região-alvo na costa do Espirito Santo.



Fonte: elaborado pelo autor.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:
(EF07CI07); (EM13CNT203);

Público: Ensino Fundamental II / Ensino Médio

Monte uma maquete de praia com areia, uma bacia e um ventilador representando o vento. Observe o formato da praia quando o vento é suave e quando é mais forte. Discuta: o que acontece com a areia? O que isso representa no mundo real? Em seguida, adicione pequenas barreiras (como pedrinhas ou palitos) simulando espigões e observe como a direção da corrente muda. Relacione com os efeitos das construções humanas na costa.

Recursos complementares sugeridos

Site: https://www.marinha.mil.br/chm – Boletins de ondas

Mapa Interativo da Zona Costeira do Espírito Santo – IEMA (https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/GEOMATICA/2016.12.14%20-%20MAPA_Zona_Costeira_ES.pdf)

YouTube
- https://www.youtube.com/watch?v=o-a5bpsGCt4
- https://www.youtube.com/watch?v=KAECdiE4INs
- https://www.youtube.com/watch?v=v1rGp_WGkRU

http://biblioteca.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20161017_aj18717_bairro_pontadafruta_vv_erosao.pdf

Referências bibliográficas sugeridas

ALBINO, Jacqueline; PAIVA, Denise Sousa; MACHADO, Giseli Modolo. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. Geografares, n. 2, 2001.
CANDELLA, Rogério Neder; SOUZA, Shirley Marques Lima. Ondas oceânicas extremas na costa Sul-Sudeste brasileira geradas por ciclone com trajetória anormal em maio de 2011. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 28, p. 441-456, 2013.
CIRANO, Mauro et al. A circulação oceânica de larga-escala na região oeste do Atlântico Sul com base no modelo de circulação global OCCAM. Revista Brasileira de Geofísica, v. 24, p. 209-230, 2006.

COTRIM, Camila de Sa; SEMEDO, Alvaro; LEMOS, Gil. Brazil wave climate from a high-resolution wave hindcast. Climate, v. 10, n. 4, p. 53, 2022.
FERNANDES, Elisa Helena Leão; MÖLLER JUNIOR, Osmar Olinto; CUCHIARA, Débora Copstein. ONDAS. In: CASTELLO, Jorge P.; KRUG, Luiz C.. INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS DO MAR. Pelotas, Rs: Editora Textos, 2017. p. 196-225.
GHISOLFI, Renato. Sistema para monitoramento oceânico e climático é instalado na foz do Rio Doce. 2023. Disponível em: https://www.ufes.br/conteudo/sistema-para-monitoramento-oceanico-e-climatico-e-instalado-na-foz-do-rio-doce. Acesso em: 20 nov. 2025.
KOMAR, Paul D. Beach Processes and Sedimentation. Prentice Hall, 1998. 544 p.
MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. Geografia Marinha. In: PGGM ABEQUA. 2020.
OLIVEIRA, Tiago Castro Alves; ALBINO, Jacqueline; VENANCIO, Igor. Transporte longitudinal de sedimentos no litoral da planície deltaica do Rio Doce. Quaternary and Environmental Geosciences, v. 6, n. 1, 2015.

PILKEY, Orrin H.; COOPER, J. Andrew G. The Last Beach. Duke University Press, 2014. 256 p.
PIUMBINI, Prussia Pestana. Clima de Ondas de Gravidade e Estado de Agitação Marítima em Ambientes Marinhos no Espírito Santo. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo.
SILVA, Karlany Nascimento Brandão da. Classificação dos impactos biofísicos e sociais de uma orla em diferentes níveis de urbanização. 2023.

CAPÍTULO 25 - Massas d'água

Tayná Rosa Martins Paiva[1]

[1] Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon

Introdução e contextualização

O oceano é um imenso sistema interligado que cobre cerca de 70% da superfície do planeta. Ele não é um corpo de água uniforme — em seu interior, existem grandes volumes de água com características próprias, chamados massas d'água. Essas massas não possuem limites definidos, mas apresentam transições graduais entre si, formando um ambiente dinâmico e contínuo.

O oceano é verticalmente estratificado: as massas d'água se organizam em camadas sobrepostas, da superfície até o fundo, de acordo com sua densidade. Essa estrutura tridimensional faz do oceano uma verdadeira "colcha de retalhos" em movimento, na qual cada massa de água tem uma origem, uma história e um papel essencial no clima, na vida marinha e na circulação global.

A maioria das massas d'água adquire suas propriedades na superfície, geralmente em regiões de altas latitudes, onde o contato com a atmosfera está associado a ganhos ou perdas de calor e sal, resultantes de processos como evaporação, precipitação, congelamento e derretimento do gelo, que modificam a densidade da água. À medida que se deslocam, essas massas mantêm suas propriedades originais, transportando calor, nutrientes e gases por grandes distâncias. Assim, atuam como veículos de energia e matéria, fundamentais para o equilíbrio climático e para os ecossistemas marinhos. Dependendo de suas propriedades, essas massas podem favorecer ou limitar a vida marinha, influenciando a produtividade biológica e a distribuição de espécies nos oceanos.

Uma massa d'água é, portanto, um grande volume de água do oceano que apresenta características físicas e químicas relativamente homogêneas, como temperatura, salinidade, densidade, oxigênio dissolvido e nutrientes. Essas propriedades permitem identificar a origem e a trajetória de cada massa no interior do oceano, funcionando como uma espécie de "assinatura" única.

A densidade isoladamente não é suficiente para distinguir uma massa d'água, pois diferentes combinações de temperatura e salinidade podem gerar o mesmo valor de densidade. Por isso, a relação entre temperatura e salinidade é amplamente utilizada em oceanografia para reconhecer e classificar as massas d'água. A temperatura e a salinidade são propriedades conservativas, pois variam apenas quando há mistura com outras águas, enquanto as propriedades não conservativas, como o oxigênio dissolvido e os nutrientes (nitrato, fosfato e silicato), mudam devido a processos biológicos e químicos,

por exemplo, pela fotossíntese, respiração e decomposição de organismos marinhos.

As massas d'água não são correntes oceânicas: as correntes funcionam como "rios dentro do mar", que transportam essas massas de um lugar para outro. Uma única corrente pode carregar mais de uma massa d'água, e uma mesma massa pode ser movimentada por diferentes correntes ao longo do tempo.

Embora mantenham suas propriedades principais, as massas d'água podem se misturar gradualmente entre si, tanto ao longo das superfícies de densidade (horizontalmente) quanto em diferentes profundidades (verticalmente). Essa mistura forma novas combinações de características físicas e químicas, tornando o oceano um sistema dinâmico e em constante transformação.

Compreender o que são as massas d'água é essencial para entender como o oceano se movimenta, como troca calor com a atmosfera e como distribui nutrientes e gases. O estudo dessas massas também ajuda a explicar fenômenos climáticos globais, como El Niño e La Niña (Para mais informações sobre esses fenômenos, consulte o Capítulo 21 - El Niño e La Niña), e as variações de temperatura que influenciam a pesca, o clima e a biodiversidade.

Do ponto de vista científico, conhecer a distribuição e a variação das massas d'água é importante para diversas áreas da oceanografia, como a circulação termohalina global e o monitoramento das mudanças climáticas. Além disso, o conceito de massas d'água é essencial para estudos biogeoquímicos e ecológicos, pois as transformações químicas e biológicas que ocorrem no interior dos oceanos estão diretamente relacionadas às suas propriedades físicas e aos caminhos que essas águas percorrem.

Trabalhar esse tema em sala de aula contribui para que os estudantes compreendam a importância dos oceanos no equilíbrio do clima e na manutenção da vida no planeta, desenvolvendo uma visão integrada da Cultura Oceânica e das relações entre o oceano e a sociedade.

Massas de água do Oceano Atlântico Sul

De todos os oceanos, o Atlântico é o que apresenta o sistema mais complexo de massas de água. Suas diferentes camadas são amplamente conhecidas e estudadas que se destacam pela variedade de origens e características físicas. A Tabela 1 apresenta as principais massas de água do Oceano Atlântico Sul, com suas propriedades e posição na coluna d'água.

Em áreas costeiras de baixas latitudes e com grande aporte fluvial (drenagem de águas continentais), são observadas as Massas de Água Costeiras (AC), que apresentam altas temperaturas e baixas salinidades. Essas águas são rasas, quentes e pouco salinas, influenciadas diretamente pela atmosfera e pelos rios que deságuam no oceano.

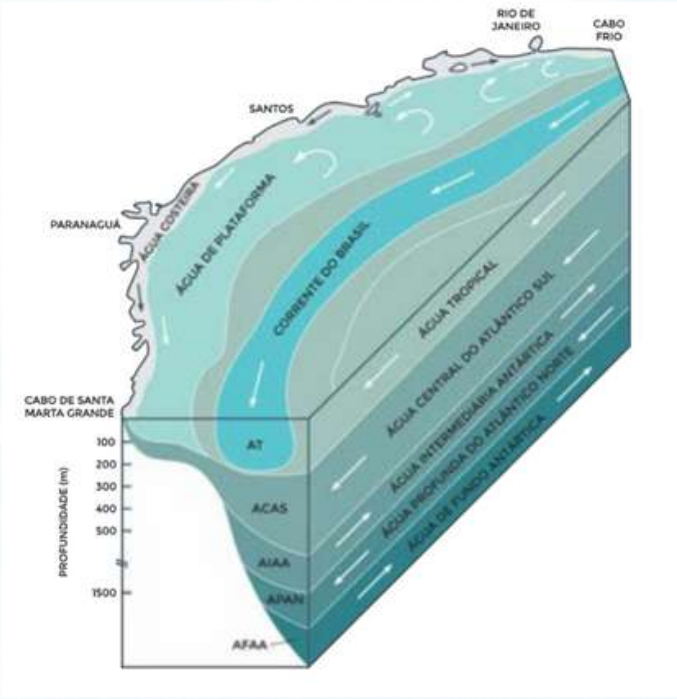
Tabela 1 – Principais massas de água do Oceano Atlântico Sul.

Camada	Massa de Água	Características Gerais	Formação
Superficial (0–200 m)	Água Tropical (AT)	Quente, salina e pobre em nutrientes.	Formada nas regiões tropicais do Atlântico Sul; resultado da intensa radiação solar e da elevada evaporação, sendo transportada para o sul.
Superficial (até ~500 m)	Água Central do Atlântico Sul (ACAS)	Água da termoclina, com grande variação de temperatura e salinidade.	Formada por afundamento das águas na Convergência Subtropical do Atlântico Sul.
Intermediária (500–1000 m)	Água Intermediária Antártica (AIA)	Fria e menos salina; é a água menos salina do Atlântico.	Formada na Convergência Subantártica e fluem para o norte sob a ACAS e sobre a APAN.
Profunda (1000–4000 m)	Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)	Fria e relativamente salina; caracterizada por um máximo de salinidade para águas frias e profundas.	Originada no Atlântico Norte, nas regiões próximas à Groenlândia, onde ventos frios e secos intensos promovem perda de calor por condução e evaporação. Flui para o sul.
De fundo (>4000 m)	Água Antártica de Fundo do Atlântico (AAFA)	Mais fria e densa, rica em nutrientes; apresenta os valores mínimos de temperatura e máxima densidade.	Formada no Mar de Weddell, na Antártica, durante o processo de formação do gelo, quando os sais são expulsos da água do mar, aumentando sua salinidade e densidade. Afunda e se desloca em direção ao Equador.

Fonte: Adaptado de Harari (2021).

A Figura 1 apresenta um esquema das principais massas de água que se deslocam em camadas, associadas às correntes de grande escala ao largo da costa sul–sudeste brasileira. Do fundo para a superfície, observa-se que a Água Antártica de Fundo (AAFA) flui em direção ao Equador, enquanto a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) desloca-se rumo ao polo Sul. Acima dela, a Água Intermediária Antártica (AIA) também se movimenta para o Equador. Próximo à superfície, a Água Tropical (AT) e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) deslocam-se em direção ao polo Sul, transportadas pela Corrente do Brasil.

Figura 1 - Esquema básico das massas d'água e da circulação, de superfície e em profundidade, ao largo da Bacia de Santos.



Fonte: Harari, 2021.

Diagrama T–S

As massas de água podem ser identificadas e diferenciadas pela combinação de suas propriedades físicas, especialmente a temperatura e a salinidade. Em oceanografia, a principal ferramenta usada para essa finalidade é o diagrama T–S (Temperatura–Salinidade), um gráfico que permite representar e comparar as características das diferentes massas de água de uma região.

A Figura 2 apresenta um exemplo de diagrama T–S (Temperatura–Salinidade) para o Oceano Atlântico Sul, no qual estão representadas as principais massas de água descritas na Tabela 1.

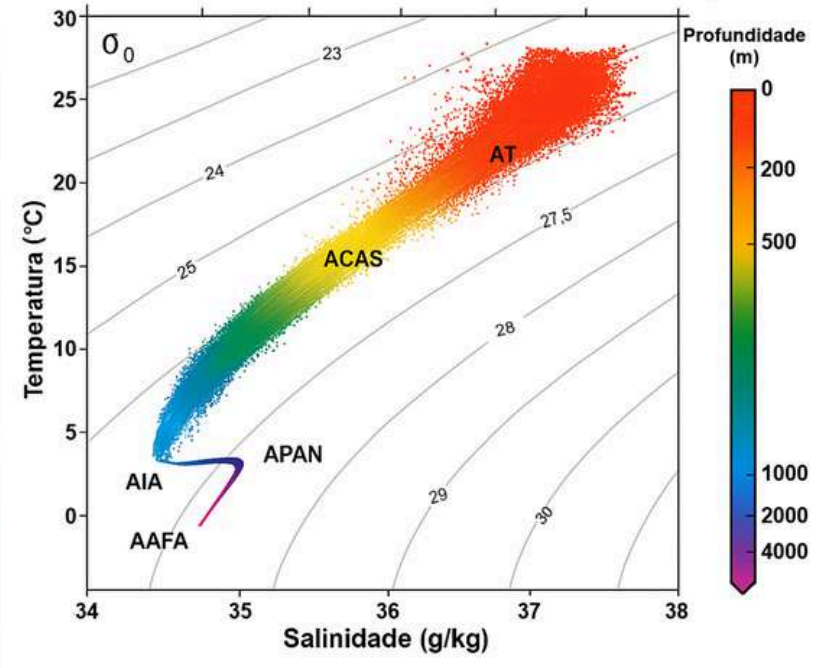
Neste diagrama T-S, a temperatura (°C) é exibida no eixo vertical e a salinidade absoluta (g/kg) no eixo horizontal. Cada ponto colorido corresponde a uma amostra de água coletada em diferentes profundidades, e a escala de cores à direita indica a profundidade da amostragem, desde a superfície (em vermelho) até as camadas mais profundas (em tons de violeta).

Quando os pontos são conectados, formam curvas contínuas que revelam o comportamento da temperatura e da salinidade ao longo da coluna d'água. Cada curva no diagrama T–S possui uma "assinatura" característica, correspondendo a uma massa d'água específica. Isso permite reconhecer e comparar massas diferentes, mesmo em regiões muito distantes umas das outras.

Além disso, o diagrama mostra linhas de densidade igual (linhas cinzas curvas), chamadas isopicnais (σ_0), que indicam quais águas são mais leves (menor densidade) e quais são mais densas. Essas linhas ajudam a visualizar a estratificação vertical do oceano e os possíveis processos de mistura entre as camadas.

No gráfico, é possível observar uma sequência ordenada de massas d'água ao longo do gradiente vertical:

Figura 2 – Diagrama T–S (Temperatura–Salinidade) representando as principais massas de água do Oceano Atlântico Sul: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e Água Antártica de Fundo do Atlântico (AAFA). As cores indicam a profundidade (m), e as linhas cinzas representam as isopicnais (σ_0).



Fonte: Elaborada com o auxílio do ChatGPT.

- Água Tropical (AT): ocupa a porção superior direita do gráfico (vermelho e laranja), apresentando altas temperaturas (22–27 °C) e elevadas salinidades (36–37,5 g/kg).
- Água Central do Atlântico Sul (ACAS): localizada logo abaixo da AT (tons amarelados e esverdeados), exibe temperaturas intermediárias (10–20 °C) e salinidades entre 35 e 36,5 g/kg. No diagrama T–S, aparece como uma reta devido ao amplo intervalo desses valores.
- Água Intermediária Antártica (AIA): identificada como um mínimo de salinidade no gráfico (34,3–34,4 g/kg) e temperaturas entre 3 e 5 °C, aparece em tons azulados.
- Água Profunda do Atlântico Norte (APAN): visível logo abaixo da AIA, apresenta salinidade próxima de 35 g/kg e temperaturas em torno de 3–4 °C.

• Água Antártica de Fundo do Atlântico (AAFA): ocupa a base do diagrama (tons violetas), caracterizada por temperaturas próximas de 0 °C e salinidade entre 34,6 e 34,8 g/kg.

Além disso, é possível observar que as águas superficiais (AT e ACAS) apresentam grande variabilidade de temperatura e salinidade, enquanto as águas profundas (AIA, APAN e AAFA) são mais homogêneas e estáveis. Essa estrutura revela o equilíbrio dinâmico entre os processos de aquecimento e resfriamento, evaporação e precipitação, e mistura vertical, que determinam o comportamento físico do oceano Atlântico Sul.

O diagrama T–S é, portanto, uma ferramenta essencial para o estudo da circulação oceânica, permitindo compreender a origem, a estrutura e a dinâmica das massas d'água. Ele também ajuda a visualizar como a temperatura e a salinidade controlam a densidade, o afundamento e a distribuição vertical das águas no oceano.

Saiba Mais

As massas de água na costa capixaba

Na costa do Espírito Santo, a interação entre as massas de água exerce forte influência sobre o ambiente marinho e as atividades humanas. A Corrente do Brasil, que flui para o sul ao longo do litoral sudeste, transporta as Águas Tropicais (AT) — quentes e salinas — e as Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS) — mais frias e ricas em nutrientes.

Durante o verão, os ventos norte-nordeste predominantes favorecem o processo de ressurgência, que traz para a superfície as águas frias e nutritivas da ACAS (Figura 3). Esse fenômeno aumenta a produtividade biológica, beneficiando espécies como sardinhas, corvinas e lulas, além de impulsionar a pesca artesanal e a biodiversidade local.

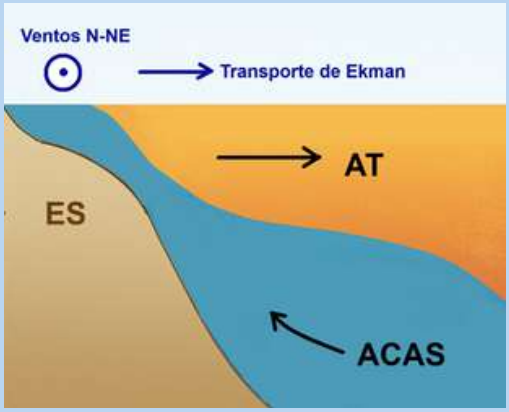


Figura 3 - Esquema representando o processo de ressurgência na costa do ES. Fonte: Elaborada com o auxílio do ChatGPT.

A ressurgência é observada especialmente entre Guarapari e Anchieta, regiões em que o contraste entre águas quentes e frias é mais evidente. Esse fenômeno demonstra como as massas de água influenciam diretamente os ecossistemas costeiros e as atividades econômicas da região.

Para saber mais sobre esse processo, consulte o Capítulo 19 - Ressurgência.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.

Densidade e o movimento das massas de água

As massas de água nos oceanos se movimentam em função de suas diferenças de densidade, determinadas principalmente pela temperatura e pela salinidade. Esse princípio físico pode ser demonstrado de forma simples por meio de dois experimentos curtos, disponíveis em vídeos no YouTube, ideais para serem reproduzidos ou exibidos em sala de aula.

Esses vídeos podem ser utilizados para introduzir o conceito de densidade e estratificação nas aulas de Ciências, Geografia ou Física. O experimento pode ser facilmente reproduzido com materiais simples (água, corante e sal), estimulando a observação, a formulação de hipóteses e a discussão sobre os processos que ocorrem no oceano real.

Experimento 1 — Água quente e água fria

https://youtube.com/shorts/_iBTT9JwNts?si=sDmJdzEBnxGPEcMR

Neste vídeo, o professor mistura água quente pigmentada de vermelho com água fria pigmentada de azul em um mesmo recipiente. Observa-se que as duas águas não se misturam imediatamente, mas se organizam em camadas:

●a água quente, menos densa, permanece na superfície;

●a água fria, mais densa, ocupa o fundo do recipiente.

A diferença de densidade entre as águas é causada pela temperatura — quanto maior a temperatura, menor a densidade. Esse comportamento é o mesmo que ocorre nos oceanos, onde a estratificação térmica separa as águas superficiais (quentes e leves) das águas profundas (frias e densas).

Experimento 2 — Água salgada e água doce

https://youtube.com/shorts/Sw_kIBzTi2k?si=NuwwvO4gxNVILYwx

Neste segundo experimento, as águas têm a mesma temperatura, mas uma delas é mais salgada, representada pela cor azul. Ao serem misturadas, nota-se que a água salgada (mais densa) se acumula no fundo, enquanto a água doce (menos densa) permanece na superfície.

A adição de sal aumenta a densidade da água, o que também ocorre no oceano quando há alta evaporação ou formação de gelo, que retira água doce e deixa o sal concentrado. Esse processo influencia o afundamento das massas de água e a formação de correntes profundas.

Os dois experimentos ajudam os alunos a visualizar os princípios físicos que controlam o movimento das massas de água no oceano:

- o primeiro demonstra a influência da temperatura (diferença térmica → estratificação vertical);
- o segundo mostra o papel da salinidade (aumento de sal → aumento de densidade → afundamento).

Juntos, esses fenômenos explicam a circulação termohalina, que movimenta as massas de água em escala global — da superfície às profundezas —, conectando regiões tropicais e polares.

Vídeo complementar — A circulação termohalina global
https://youtu.be/jOVvXDI0KbY?si=rgQJI9JQPtwKFEN1

Este vídeo mostra, em escala global, como as massas d'água se interligam em uma circulação tridimensional complexa: as águas quentes e superficiais se deslocam das regiões tropicais para as altas latitudes, onde esfriam, aumentam sua densidade e afundam, retornando pelas camadas profundas dos oceanos. Esse movimento contínuo, conhecido como circulação termohalina, conecta todos os oceanos do planeta e é responsável por redistribuir calor, gases e nutrientes — o que influencia diretamente o clima global e os ecossistemas marinhos. Para saber mais sobre a Circulação Termohalina, consulte o Capítulo 37.

Recursos complementares sugeridos

UNIFESP – Universidade Federal de São Paulo. Massas de Água – Oceanografia Física e Química. YouTube, 2023.
https://youtu.be/4v-tUoejgpM?si=ZwFxl1dt6nCgdlBU

Referências bibliográficas sugeridas

CASTELLO, J. P; KRUG, C. P. Introdução às Ciências do Mar. Editora Textos. 2017. Disponível em: https://cienciasdomarbrasil.furg.br/18-livros/56-link-introducao-as-ciencias-do-mar.Acesso em 10 novembro. 2025.

HARARI, J. Noções de oceanografia. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, 2021. DOI: https://doi.org/10.11606/9786599585401. Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1086. Acesso em 10 novembro. 2025.

LIU, M.; TANHUA, T. Water masses in the Atlantic Ocean: characteristics and distributions. Ocean Science, v. 17, p. 463–486, 2021.

CAPÍTULO 26 - Dinâmica dos Estuários

Isana Souza Barreto[1]

[1] Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon

1. Introdução

Os estuários sempre despertaram o interesse de pesquisadores por apresentarem zonas de transição entre o ambiente continental e o marinho, onde processos físicos, químicos e biológicos se interligam de forma complexa. A dinâmica das marés, o fluxo de nutrientes e a diversidade de organismos tornam os estuários áreas fundamentais para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas aquáticos e para o manejo sustentável das regiões litorâneas.

O estudo dos estuários é de fundamental importância, pois esses ambientes estão entre os ecossistemas mais produtivos e dinâmicos do planeta. Localizados na zona de transição entre o continente e o mar, os estuários atuam como berçários naturais, abrigando uma grande diversidade de peixes, crustáceos e moluscos que, em diferentes fases do ciclo de vida, dependem desses ambientes para reprodução, crescimento e alimentação.

Além de sua relevância biológica, os estuários desempenham um papel essencial como filtros ecológicos, retendo sedimentos e poluentes transportados pelos rios antes que atinjam o oceano, contribuindo assim para a qualidade da água e o equilíbrio dos ecossistemas costeiros. Além disso, possuem grande valor econômico e social, sustentando atividades como a pesca, o turismo e o transporte marítimo, e oferecendo proteção natural contra tempestades, inundações e processos erosivos nas zonas costeiras.

Diante de sua complexidade e vulnerabilidade, compreender o funcionamento dos estuários é essencial para promover a conservação da biodiversidade, o uso sustentável dos recursos costeiros e a redução dos impactos causados pela poluição e pelas mudanças climáticas.

2. Conceitos Básicos

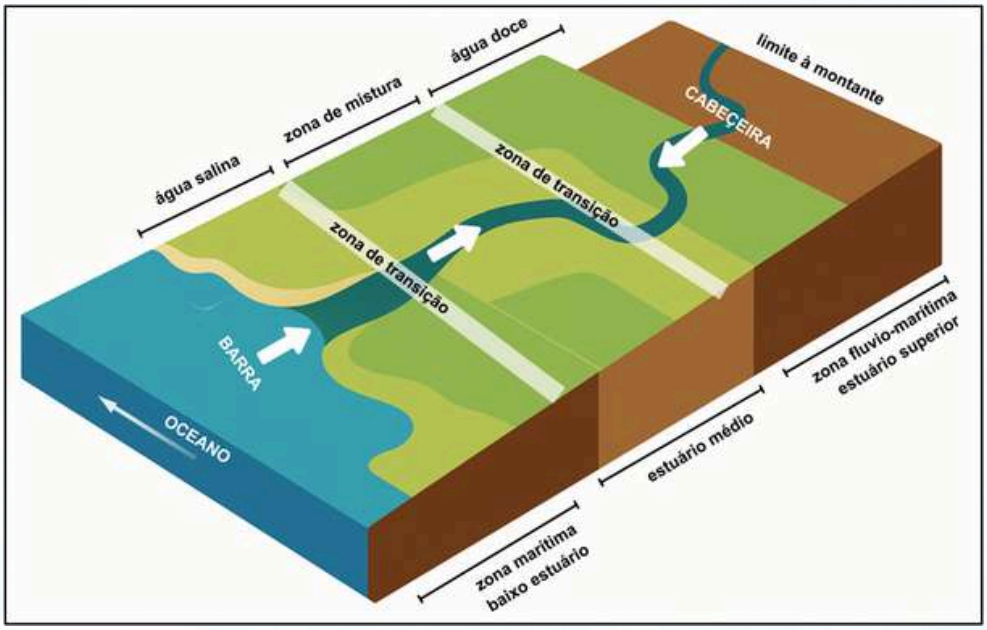
Os estuários são áreas costeiras onde o rio encontra o mar, formando um ambiente semifechado, mas com ligação livre com o oceano. Nesses locais, a água doce vinda do continente se mistura com a água salgada do mar, criando uma zona de transição com variações naturais de salinidade. Essa mistura é influenciada pelo movimento das marés e costuma ser dividida em três partes (Figura 1):

- **Zona marítima**: mais próxima do mar, onde predomina a água salgada;
- **Zona de mistura**: onde ocorre a mistura;

- **Zona fluvio-marítima**: onde a água é majoritariamente doce, mas ainda sofre a influência das marés.

O ponto mais interno do estuário é chamado de cabeceira, e a abertura para o mar é conhecida como barra (Figura 1).

Figura 1- Esquema ilustrativo de um estuário e de seus compartimentos.



Fonte: Adaptado de Fairbridge (1980), ilustração original de Leandro Coelho.

As marés influenciam fortemente a circulação e a mistura das águas nos estuários. Nas **marés de sizígia** (lua nova e cheia) ocorrem as maiores amplitudes, com preamares mais altas e baixa-mares mais baixas. Nas **marés de quadratura** (lua crescente e minguante), as amplitudes são menores, resultando em preamares mais baixas e baixa-mares mais altas.

Os estuários podem também podem ser classificados de diferentes formas, de acordo com sua formação, características das águas e condições ambientais.

Quanto à origem, podem ser:

- **De planície costeira**: rasos e com fundo suave;
- **Fiordes**: profundos e com encostas íngremes, comuns em regiões glaciais;
- **Associados a barras**: formados entre o continente e uma barra de areia criada pela ação das ondas.

Quanto à influência dominante na circulação das águas, podem ser:

- **Controlados por rios**, quando o fluxo de água doce é mais forte;
- **Controlados pela maré**, quando as correntes de maré predominam;
- **Controlados pelo vento**, quando o vento é o principal fator de mistura.

O ponto mais interno do estuário é chamado de cabeceira, e a abertura para o mar é conhecida como barra (Figura 1).

De acordo com a salinidade, podem ser classificados em:

- **Positivos ou de cunha salina**: quando há mais entrada de água doce que evaporação;
- **Negativos ou evaporito**: quando a evaporação é maior;
- **Neutros**: quando há equilíbrio entre ambos;
- **Sazonais ou intermitentes**: variam sua característica de acordo com as estações do ano.

Quanto à qualidade ambiental, são avaliados fatores como:

- **Aspecto visual**: ligado à presença de resíduos;
- **Qualidade sanitária**: medida por microrganismos;
- **Estado trófico**: relacionado à quantidade de nutrientes (baixo, médio ou alto);
- **Presença de poluentes tóxicos**: que afetam a vida aquática.

Em função do grau de estratificação, quanto à salinidade e à mistura da água, podem ser:

- **Verticalmente homogêneos**: a água é bem misturada em toda a profundidade, apresentando salinidade uniforme do fundo à superfície. O fluxo segue em direção ao mar e ocorre, geralmente, em estuários rasos e controlados pelas marés.
- **Moderadamente estratificados**: a salinidade é maior próximo ao mar e há duas camadas de água, uma mais doce na superfície e outra mais salgada no fundo. O fluxo de água sai pela superfície e entra pelo fundo, comum em estuários rasos influenciados pelos rios.
- **Fortemente estratificados**: apresentam grande diferença de salinidade entre a superfície e o fundo, separadas por uma camada de transição (haloclina). Ocorrem, em geral, no verão e em regiões de fiordes, com forte descarga de rios.
- **Do tipo cunha salina**: a água salgada do mar penetra sob a água doce do rio, formando uma camada fina e quase horizontal. Esse tipo é típico de rios com grande volume de água e apresenta estrutura semelhante à dos fortemente estratificados, porém sem variação de salinidade na superfície.

Os estuários também abrigam organismos de diferentes origens (marinha, de água doce e de água salobra), adaptados a variações de salinidade. Eles podem ser classificados como:

- **Estenoalinos**: não toleram grandes mudanças na salinidade, como o peixe-espada (marinho) e o mandi (de água doce);
- **Eurialinos**: suportam amplas variações, como a corvina e o siri-azul, sendo típicos dos estuários.

Os manguezais constituem ecossistemas costeiros típicos de regiões estuarinas, desenvolvendo-se em áreas sujeitas à influência das marés, onde ocorre a mistura entre águas doces fluviais e águas salgadas marinhas. Sua formação depende diretamente da dinâmica estuarina, que controla fatores como salinidade, sedimentação e disponibilidade de nutrientes, criando condições favoráveis ao estabelecimento de espécies vegetais halófitas e à elevada produtividade biológica característica desses ambientes.

A maioria das espécies estuarinas têm origem marinha e se adaptaram ao ambiente salobro ao longo do tempo. Poucas espécies conseguem viver permanentemente nesses locais, pois o ajuste constante à salinidade exige alto gasto de energia.

A vegetação dos estuários é relativamente restrita, pois a turbidez da água e o fundo lamoso dificultam o desenvolvimento de plantas submersas e macroalgas. Mesmo diante dessas condições, é possível encontrar algas verdes, como *Ulva* e *Enteromorpha*, especialmente nas áreas mais rasas e iluminadas.

Nas zonas entremarés, podem ocorrer marismas ou manguezais, compostos por espécies como *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*. Também são comuns cianobactérias filamentosas, que flutuam ou aderem às plantas.

Embora apresentem baixa diversidade específica, os estuários são ambientes de elevada produtividade, atuando como importantes áreas de criação para peixes e crustáceos. A variação na salinidade e na turbidez exerce influência direta sobre a abundância e a composição dos organismos presentes. Em períodos de menor turbidez e maior tempo de residência da água, observa-se um aumento na produtividade e na diversidade biológica, favorecendo o desenvolvimento das comunidades aquáticas.

3. Exemplos de Estuários

O Brasil está entre os 3 países com as maiores extensões de manguezais do mundo (Tabela 1). Somados, Indonésia, Brasil e Nigéria abrigam mais de um terço da extensão global de manguezais.

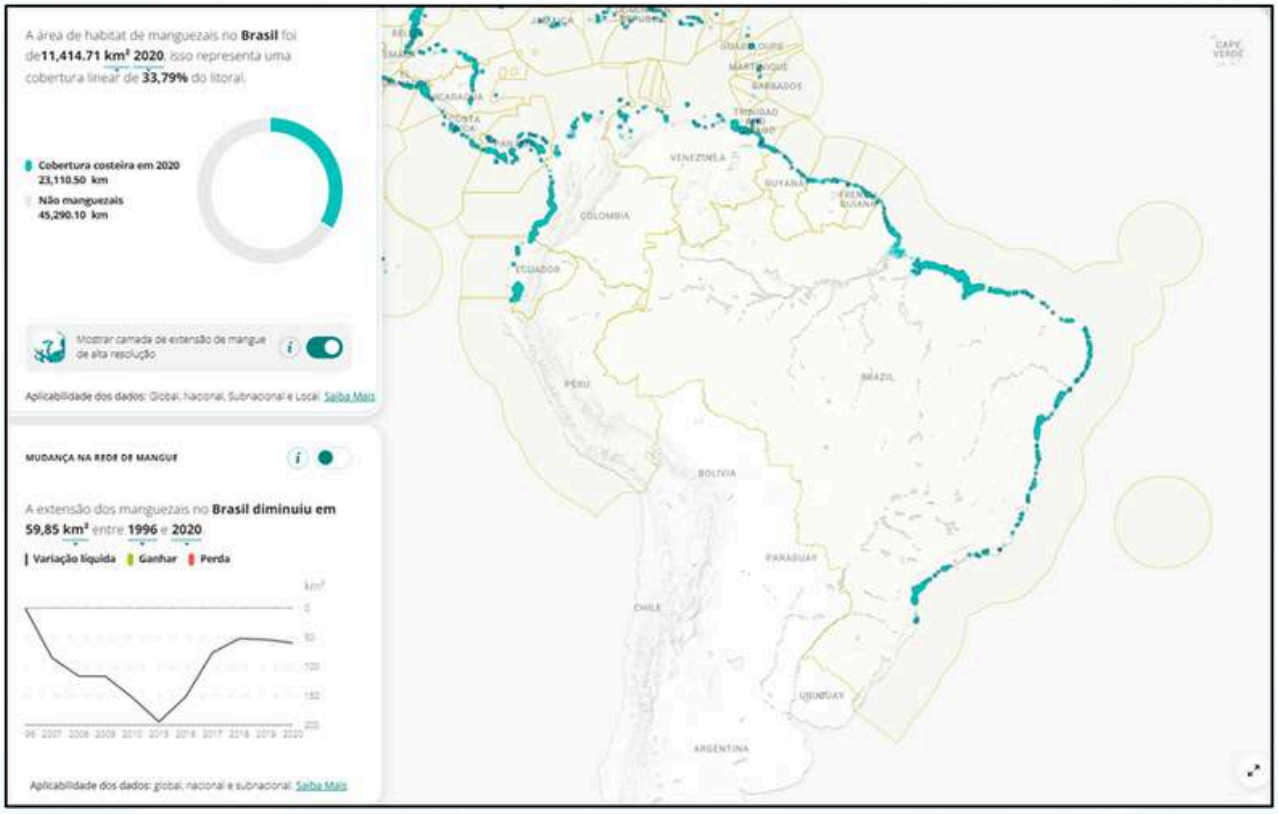
Tabela 1- Países com as maiores extensões de manguezais do mundo.

Posição	País	Área de Manguezais (ha)	Percentual global
1º	Indonésia	~3.300.000	~20%
2º	Brasil	~1.300.000	~8%
3º	Nigéria	~1.100.000	~7%

Fonte: Global Mangrove Watch, 2023.

No Brasil, aproximadamente 1,3 milhão de hectares de manguezais ocupam toda a faixa costeira tropical e subtropical, desde o Amapá até Santa Catarina (Figura 2). Com base em dados do Global Mangrove Watch (2023), o mapa da Figura 2 ilustra a distribuição dos manguezais na costa brasileira e a redução líquida observada em sua extensão entre 1996 e 2020.

Figura 2- Distribuição e variação da cobertura de manguezais no Brasil (1996–2020).



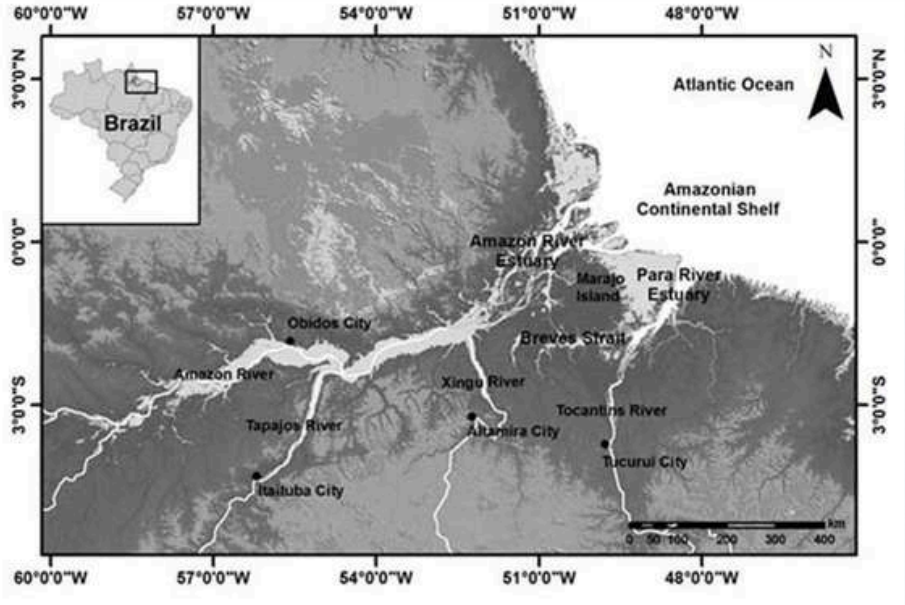
Fonte: Global Mangrove Watch (2023).

O litoral brasileiro abriga numerosos estuários, resultantes da interação entre as descargas fluviais e a ação das marés ao longo da costa. Considerando sua extensão, volume de descarga e relevância ecológica, o estuário do Rio Amazonas e o Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, destacam-se como os dois maiores sistemas estuarinos do país.

Estuário do Rio Amazonas:

- Localizado entre os estados do Pará e Amapá (Figura 3);
- É um estuário do tipo fluvial-marinho de grande descarga;
- É o maior estuário do mundo em volume de água doce e área de influência (>300 km de influência oceânica);
- Recebe uma vazão média de cerca de 209 mil m³/s, diluindo a salinidade oceânica por centenas de quilômetros mar adentro;
- A pluma do Amazonas forma uma zona de mistura que se estende até o Caribe, influenciando a biogeoquímica do Atlântico equatorial;
- Abrange uma ampla planície costeira, canais de maré e ilhas, como a do Marajó.

Figura 3- Localização do Sistema Estuarino do rio Amazonas e os principais corpos hídricos.



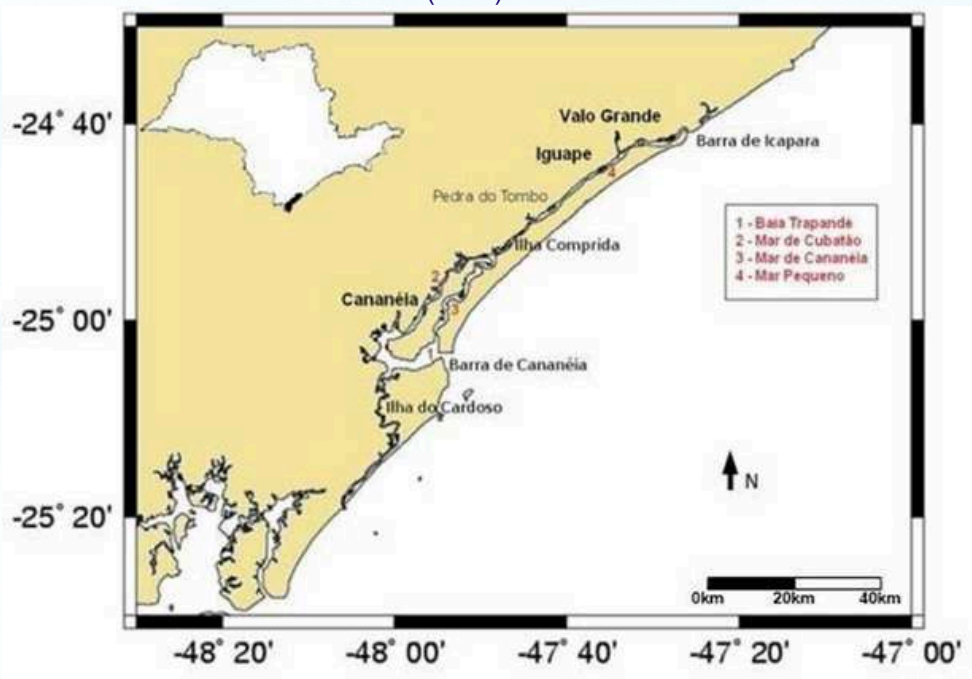
Fonte: Borba (2016).

Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape:

- Localizado no estado de São Paulo (Figura 4);
- É do tipo estuarino-lagunar;
- Possui aproximadamente 100 km de extensão, abrangendo áreas de maré e ilhas costeiras, e é reconhecido como Reserva da Biosfera pela UNESCO;
- Formado por quatro ilhas: Cardoso, Cananéia, Comprida e Iguape, as quais estão separadas entre si por sistemas de canais lagunares influenciados por rios e marés;

Composto por canais, lagunas e manguezais conectados ao mar.

Figura 4- Localização do sistema Estuarino-lagunar de Cananéia–Iguape, São Paulo. Adaptado de Alves (2009).



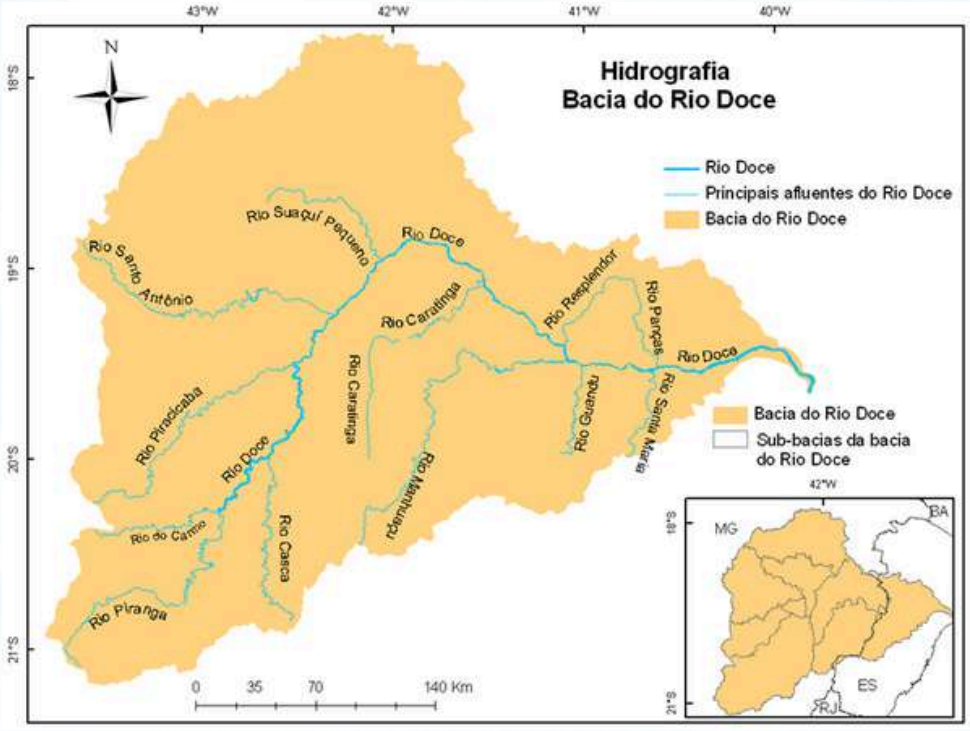
Fonte: Italiani (2014).

Além desses citados, o estuário do Rio Doce, no Espírito Santo, destaca-se pela relevância científica e ambiental, especialmente após o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (Minas Gerais), em 2015. O desastre resultou no transporte e deposição de grandes volumes de sedimentos e rejeitos de mineração ao longo do curso do rio, atingindo sua zona estuarina e alterando significativamente as condições físico-químicas, sedimentares e biológicas do sistema.

Estuário do Rio Doce:

- Localizado em Linhares, no estado do Espírito Santo (Figura 5);
- É um estuário do tipo fluvial-marinho de mistura parcial;
- Percorre cerca de 850 km desde a Serra da Mantiqueira (MG) até desaguar no Oceano Atlântico;
- Apresenta uma forte influência fluvial e é caracterizado por uma mistura parcial entre as águas doces do rio e as águas salgadas do mar, controlada principalmente pela maré, descarga fluvial e regime de ventos;
- Sua morfologia inclui canais meandrantes, bancos arenosos e áreas alagáveis, cercadas por manguezais e restinga;
- Abriga uma das mais ricas biodiversidades da costa brasileira, com 255 espécies de aves, 47 de anfíbios, 54 de répteis e 54 de mamíferos.

Figura 5- Localização da Hidrografia com os principais cursos d'água da bacia do Rio Doce.



Fonte: Marcuzzo (2011).

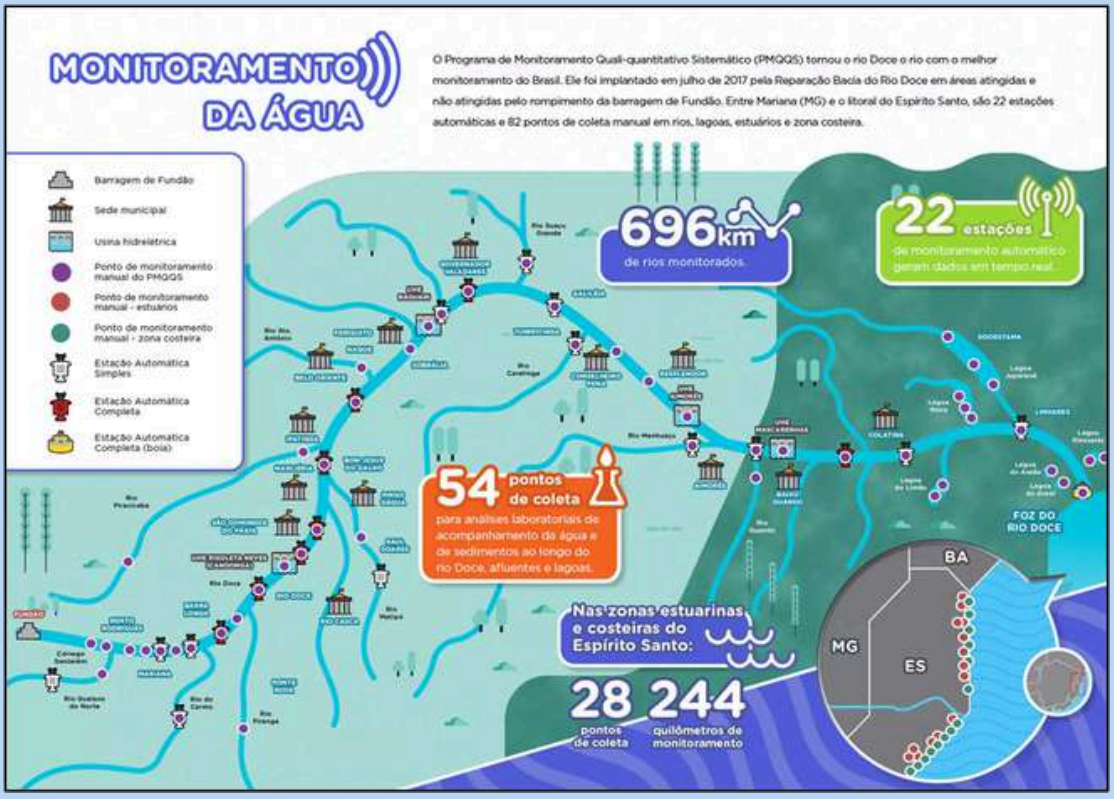
Saiba Mais

Você sabia que o estuário do Rio Doce se tornou uma das áreas mais monitoradas do país após o rompimento da barragem de Fundão?

Atualmente, o estuário do Rio Doce constitui uma área prioritária de monitoramento e recuperação ambiental em decorrência do desastre de 2015. Desde então, o local tem sido foco de programas contínuos de avaliação e mitigação de impactos, conduzidos por universidades, instituições de pesquisa, órgãos ambientais e pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA–ES).

Criado em 2017, o Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimento (PMQQS) tem como principal objetivo gerar dados contínuos sobre a qualidade da água e dos sedimentos, contribuindo para o monitoramento da recuperação da Bacia do Rio Doce e das regiões estuarinas e costeiras afetadas pelo rompimento da barragem (Figura 6). Todos os dados gerados pelo PMQQS estão disponíveis no portal Monitoramento do Rio Doce.

Figura 6- Rede de monitoramento da água na Bacia do Rio Doce.



Fonte: Monitoramento Rio Doce - PMQQS.

Para mais informações sobre os dados do monitoramento, acesse o site do programa de monitoramento: https://monitoramentoriodoce.org/

Atividade Sugerida

Atividade prática:
Habilidades BNCC:

- (EF07CI07); (EM13CNT203);

Assista ao vídeo “Importância dos Manguezais para a Proteção das Áreas Costeiras” (Acesso em: https://www.youtube.com/watch?v=Gm6OS6bau70 e, em seguida, participe de uma discussão em grupo sobre regiões costeiras estuarinas com e sem a presença de manguezais.

O objetivo da atividade é mostrar como os manguezais contribuem para a proteção da linha de costa, reduzindo os impactos do aumento do nível do mar, tempestades, ressacas, processos erosivos e eventos de inundação.

Recursos complementares sugeridos

Vídeos Educativos:
1º) Mangue, a primeira vegetação protegida do Brasil - Canal: MapBiomas Brasil
2º) Manguezal | Biomas do Brasil - Canal: Paulo Jubilut
3º) Por que é importante preservar os manguezais? - Canal: Filmes no Ensino de Biologia USP

Referências bibliográficas sugeridas

BORBA, T. A. C.; ROLLNIC, M. Runoff quantification on Amazonian Estuary based on hydrodynamic model. In: VILA-CONCEJO, A.; BRUCE, E.; KENNEDY, D. M.; McCARROLL, R. J. (eds.). Proceedings of the 14th International Coastal Symposium (Sydney, Australia). Journal of Coastal Research, Special Issue, n. 75, p. 43–47, 2016. Disponível em: https://www.jcronline.org/doi/pdf/10.2112/SI75-009.1.

CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (orgs.). Introdução às Ciências do Mar. Pelotas: Ed. Textos, 2017. 602 p. il. color. ISBN 978-85-68539-00-2.

GLOBAL MANGROVE WATCH. Global Mangrove Extent and Change 1996–2020. 2023. Disponível em: https://www.globalmangrovewatch.org.

HARARI, J. (org.). Noções de Oceanografia. São Paulo: Instituto Oceanográfico, 2021. PDF. ISBN 978-65-995854-0-1.

HU, C.; MONTGOMERY, E. T.; SCHMITT, R. W.; MULLER-KARGER, F. E. The dispersal of the Amazon and Orinoco River water in the tropical Atlantic and Caribbean Sea: Observation from space and S-PALACE floats. Deep-Sea Research Part II, v. 51, n. 10–11, p. 1151–1171, 2004.

ITALIANI, D. M.; MAHIQUES, M. M. O registro geológico da atividade antropogênica na região do Valo Grande, Estado de São Paulo, Brasil. Quaternary and Environmental Geosciences, v. 5, n. 2, p. 33–44, 2014.
MARCUZZO, F. F. N. et al. Detalhamento hidromorfológico da bacia do Rio Doce. 2011.
MILLIMAN, J. D.; MEADE, R. H. World-wide delivery of river sediment to the oceans. Journal of Geology, v. 91, n. 1, p. 1–21, 1983.
MONITORAMENTO RIO DOCE. Portal do Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimento (PMQQS). Disponível em: https://monitoramentoriodoce.org.
NITTROUER, C. A.; DEMASTER, D. J. The Amazon shelf setting: Tropical, energetic, and influenced by a large river. Continental Shelf Research, v. 16, n. 5–6, p. 553–573, 1996.

CAPÍTULO 27 - A Maré e as Fases da Lua

Sabrina Aparecida Ramos da Fonseca[1] e Ariana P. B. Silva[2]

[1] Laboratório de Oceanografia Física da UFES - Poseidon
[2] Doutoranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo

1. Introdução

Você já reparou como o nível do mar sobe e desce todos os dias? Sabe o que causa essa variação? Às vezes, quando você está na praia precisa caminhar uma distância maior para alcançar a água, enquanto em outros momentos a faixa de areia praticamente desaparece, consegue me explicar o porquê disso? Já ouviu falar em maré? E se eu te dissesse que as marés são influenciadas pela Lua e pelo Sol? E que essas variações do nível da água não são iguais em todos os lugares do mundo?

Assim como no capítulo sobre os movimentos de rotação e translação, sugerimos que o professor desperte a curiosidade do aluno a respeito da maré com perguntas semelhantes às que acabamos de apresentar. O entendimento das marés é essencial para diversas atividades econômicas, como pesca, turismo e até a geração de energia renovável. No cotidiano, as pessoas que vivem em áreas litorâneas dependem desse conhecimento para planejar atividades como o transporte marítimo e construção de infraestruturas costeiras, por exemplo. Ambientalmente, as marés desempenham um papel crucial no equilíbrio dos ecossistemas marinhos, afetando a dinâmica dos habitats de várias espécies e contribuindo para a saúde do meio ambiente. Assim, dada a importância da maré, entenderemos neste capítulo suas causas, implicações e como abordar este assunto em sala de aula.

2. Definição de maré

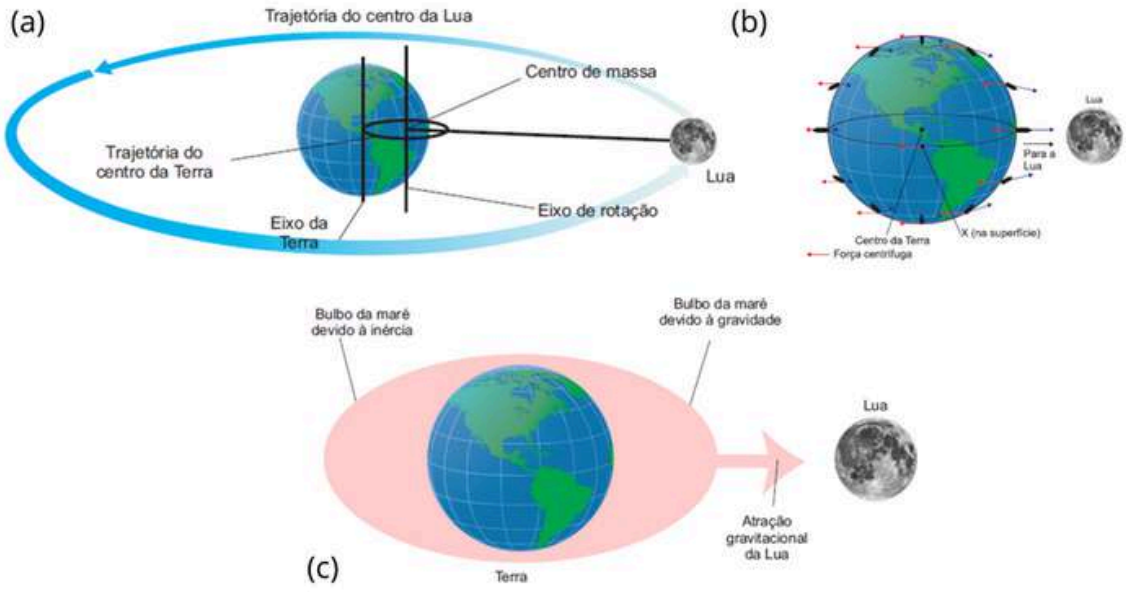
Marés são oscilações periódicas verticais e horizontais do nível do mar geradas a partir da interação de forças de atração gravitacional existentes entre a Terra, a Lua e o Sol, e pela força centrífuga gerada a partir do movimento de rotação da Terra.

Inicialmente, o movimento das marés foi explicado por Isaac Newton, que apenas considerou o sistema Terra-Lua (Teoria do Equilíbrio da Maré). A Terra e a Lua giram em torno de um centro de massa comum, localizado em torno de 4700 km do centro do planeta, sendo necessário cerca de 27,3 dias para que este sistema dê uma volta completa (Figura 1a). Este movimento gera uma força centrífuga que atua de maneira uniforme em toda a superfície do planeta Terra e tende a empurrar a água do planeta para longe da Lua (Figura 1b).

A força centrífuga é, em média, equilibrada pela força de atração gravitacional existente entre a Terra e a Lua. Sobre a intensidade da força de atração gravitacional, é importante

importante destacar que esta não é igual em todos os pontos do planeta, uma vez que é maior na parte do planeta voltado para a Lua e menor no lado oposto. Logo, a resultante entre as forças de atração gravitacional e a força centrífuga, denominada de força trativa de maré, também varia em diferentes pontos do planeta. O resultado desta variação, ao se considerar a Terra idealmente esférica, sem continentes e com profundidades constantes nos oceanos, é a formação de um elipsóide que contém dois bulbos (Figura 1c), um localizado do lado da Lua e o outro localizado no lado diametralmente oposto.

Figura 1: (a) Representação esquemática do sistema Terra-Lua, mostrando a localização do centro de massa do sistema, a trajetória do centro de massa da Lua e do centro de massa da Terra. (b) Esquema das forças que atuam sobre a superfície da Terra. As setas pretas finas indicam as forças gravitacionais, as setas vermelhas referem-se a força centrífuga do sistema Terra-Lua e as setas pretas grossas indicam a força trativa da maré, que é a resultante entre as forças gravitacionais e centrífugas em cada ponto do planeta. (c) Representação do bulbo de maré gerado devido à atração gravitacional da Lua.



Fonte: Material adaptado por Camargo e Harari (2017) de Open University (1989) disponível em Jorge P. Castello e Luiz C. Krug (2017).

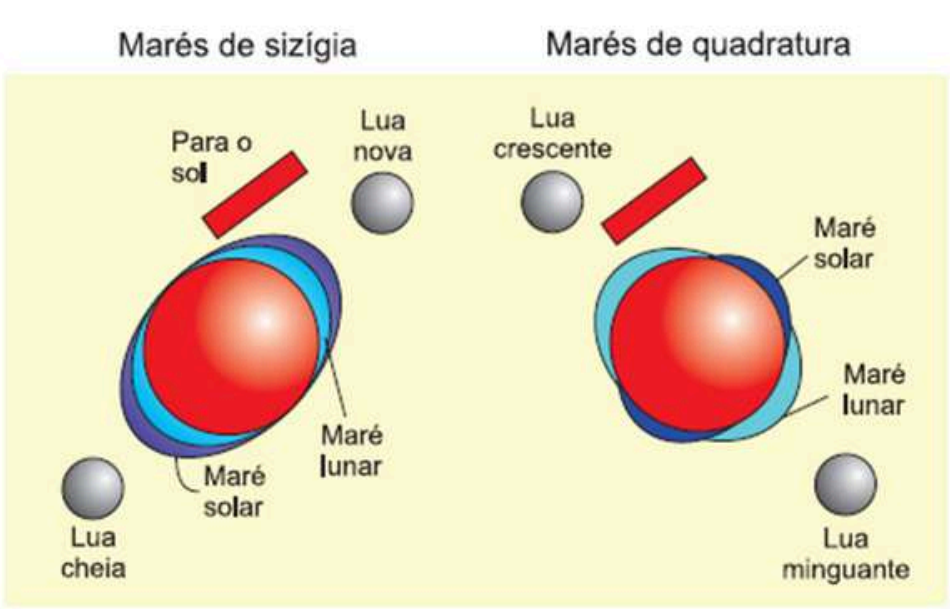
No geral, à medida que a Terra gira, um ponto localizado na costa ao girar com o planeta, passa por dois bulbos, ou seja, duas marés altas, assim como também passa por duas regiões intermediárias, que constituem as duas marés baixas. Esse ciclo acontece a cada rotação relativa da Lua, visto que a Lua não está parada, move-se, inclusive, cerca de 50 minutos mais rápido que a Terra. É por isso que as marés altas e baixas não ocorrem na mesma hora todos os dias, mas ocorrem cerca de 50 minutos mais tarde a cada dia solar. O ciclo lunar tem duração de 24h e 50 minutos.

A influência do Sol na geração das marés é menor do que a influência da Lua, mesmo existindo a atuação das mesmas forças descritas anteriormente neste sistema. Este fato se deve à maior distância entre a Terra e o Sol, do que a distância existente entre a Terra e a Lua. O Sol gera no planeta Terra uma maré com ciclo de 12 horas exatas, acompanhando o dia solar que possui 24 horas.

2.1 Relação entre as fases da Lua e as Marés

O ciclo das marés está intimamente relacionado às fases da Lua, visto que estas afetam diretamente as intensidades das correntes de maré e as amplitudes observadas ao longo do mês. Durante as Luas Cheia e Nova ocorrem as chamadas **marés de sizígia** (ou marés vivas) que são os períodos em que as preamares ficam mais altas e as marés baixas ficam mais baixas, devido ao alinhamento entre a Terra, a Lua e o Sol. Durante as fases Quarto Crescente e Quarto Minguante da Lua, ocorrem as denominadas **marés de quadratura** (ou marés mortas). Este período é caracterizado por apresentar preamares menos altas e baixa-mares menos baixas do que as observadas durante as marés de sizígia, uma vez que a Lua e o Sol formam um ângulo de 90° visto da Terra, de modo que as forças se contrapõem. O ciclo entre as marés de sizígia e quadratura repete-se a cada duas semanas, mais ou menos, visto que o mês lunar dura cerca de 29,5 dias. Caracteristicamente, durante as marés de sizígia (Lua Nova e Lua Cheia), as correntes de maré são mais intensas do que as observadas durante as marés de quadratura (Quarto Crescente e Quarto Minguante) (Figura 2).

Figura 2: (a) Representação esquemática da combinação dos bulbos de maré gerados devido à Lua e ao Sol formando às chamadas marés de sizígia e de quadratura.



Fonte: Material adaptado por Camargo e Harari (2017) de Open University (1989) disponível em Jorge P. Castello e Luiz C. Krug (2017).

2.2 Classificação das marés

As marés podem ser classificadas de duas maneiras principais: quanto ao padrão de ocorrência (quantas marés altas e baixas acontecem por dia) e quanto à amplitude (o quanto o nível do mar sobe ou desce).

Os ciclos diários da maré variam de acordo com a latitude das diferentes regiões. Deste modo as marés podem ser classificadas como diurnas, semidiurnas e mistas, de acordo com o período dominante de oscilação. A maré diurna caracteriza-se por apresentar um ciclo de aproximadamente 24 horas, ou seja, quando ocorre uma preamar e uma baixa-mar em um dia lunar (24h e 50 min). A maré semidiurna, apresenta duas preamares e

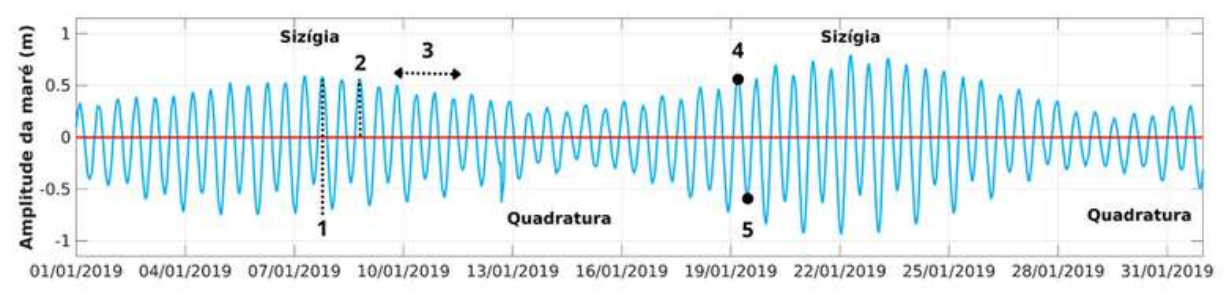
duas baixa-mares durante um dia lunar, apresentando assim um ciclo de aproximadamente 12 horas e 25 min. Já a maré mista, é aquela que ocorre quando as alturas são muito diferentes entre si, resultando em duas marés altas e duas marés baixas com grandes diferenças de altura entre elas.

As marés também podem ser classificadas como sendo de micro, meso e macromaré, de acordo com sua amplitude. Em ambientes onde as amplitudes das marés são inferiores a 2 metros, ocorrem as chamadas micromarés, como as observadas no litoral do estado do Espírito Santo (Brasil). Nos ambientes em que a maré varia entre aproximadamente 2 e 4 metros, ocorrem as chamadas mesomarés, que são observadas na Baía de Arcachon, localizada na França. Já as marés que apresentam amplitudes superiores a 4, como as que acontecem na Baía de Fundy, são um exemplo típico de macromarés.

Saiba Mais

A representação matemática da onda de maré pode ser realizada a partir de uma função senoidal (linha azul, Figura 3), que reflete o caráter periódico e regular do fenômeno. Na Figura 3, observa-se que a amplitude e a altura da maré variam nos períodos de maré de sizígia e de quadratura. Para um determinado local, a descrição da curva de maré é realizada considerando os seguintes termos específicos:

Figura 3: Representação matemática da curva de maré para uma região hipotética.



- Nível médio do mar: calculado a partir das médias de alturas de maré observadas num período. Representado pela linha vermelha na Figura 2;
- Amplitude da maré: diferença entre os níveis de maré alta e baixa. Na Figura 2 a amplitude da maré pode ser observada a partir do eixo y. O número **1** indica a amplitude de maré em um determinado ponto da curva de maré;
- Altura da maré: corresponde a metade da amplitude da maré (**2**), ou seja, é a diferença entre a maré alta e o nível médio da maré e/ou entre a maré baixa e o nível médio da maré.
- Maré Alta (ou preamar): que é alcançado quando o nível da água sobe e atinge o ponto mais alto da curva de maré (**4**);
- Maré Baixa (ou baixa-mar): ocorre quando o nível da água desce e atinge o ponto mais baixo da curva de maré (**5**);

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF03CI08); (EF04CI11); (EF05CI12);

Aulas práticas: Organizar observações da Lua e do nível do mar para que os estudantes compreendam a relação entre as fases da Lua e as variações no nível do mar, desenvolvendo habilidades de observação científica. O ideal é que essa atividade seja desenvolvida em um período de pelo menos duas semanas (para abranger uma mudança significativa na fase lunar).

Atividades em grupo: Estudo das marés em diferentes locais do mundo, com o objetivo de mostrar que as marés variam não só em função da Lua e do Sol, mas também com a geografia local, ampliando a visão global do fenômeno. Sugere-se que a classe seja devida em grupos, de no máximo 5 alunos, e que eles pesquisem sobre o comportamento da maré em locais como: Baía de Fundy (Canadá), Mediterrâneo, Costa do Japão ou o Litoral do Espírito Santo, Califórnia e o Nordeste do Brasil.

Debates: Organizar discussões a respeito dos ciclos lunares e sobre como as marés afetam as atividades humanas.

Recursos complementares sugeridos

A NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), dos Estados Unidos, é uma das instituições mais importantes do mundo no estudo dos oceanos, clima e atmosfera. No que diz respeito às marés, a NOAA disponibiliza uma série de materiais educativos, dados reais e ferramentas interativas que podem enriquecer o ensino de Ciências, Geografia e Física. Esses recursos são especialmente úteis para professores que desejam trabalhar fenômenos astronômicos e oceanográficos de forma mais atualizada, visual e contextualizada. Abaixo constam endereços eletrônicos onde podem ser acessados materiais desta natureza.

1. NOAA – Tides and Water Levels Tutorial: https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_tides/welcome.html
2. NOAA – Tides & Currents Education: https://tidesandcurrents.noaa.gov/education.html
3. NOAA – Tide Predictions User Guide (PDF): https://tidesandcurrents.noaa.gov/education/tech-assist/training/user-guides/assets/pdfs/Tide_Predictions_User_Guide_v4.pdf
4. NOAA – Tides and Currents (portal principal) - https://tidesandcurrents.noaa.gov/

O YouTube é uma ferramenta poderosa para complementar o ensino de Ciências e Geografia, especialmente quando se trata de fenômenos naturais como as marés. A plataforma reúne uma grande variedade de vídeos educativos que explicam, de forma visual e acessível, como funcionam as marés, quais forças estão envolvidas e como a Lua e o Sol influenciam o nível do mar ao longo do tempo. A seguir são mostrados links para acesso de vídeos, em portugues, que falam sobre este assunto.

1. https://www.youtube.com/watch?v=tYQcsKP3DFo
2. https://www.youtube.com/watch?v=FIWWjkAngmE
3. https://www.youtube.com/watch?v=t_B0zBv3eXo
4. https://www.youtube.com/watch?v=GjF-N_VHxgE

A **Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)**, órgão da Marinha do Brasil, é a instituição responsável pela produção e divulgação das informações hidrográficas e oceanográficas utilizadas em todo o país. Entre suas diversas atribuições, destaca-se a elaboração das **Tábuas de Maré**, documentos essenciais que indicam diariamente os horários e as alturas das marés em diferentes portos e regiões costeiras. Além das tábuas, a DHN mantém, por meio de sua estrutura digital, o **Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO)**. O BNDO é um repositório oficial que reúne um vasto conjunto de dados coletados por embarcações, boias, estações maregráficas, sensores e programas de pesquisa espalhados pela costa e pela Zona Econômica Exclusiva brasileira. Para acessar as tábuas de maré e repositório do BNDO, acesso os endereços abaixo:

1. https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-publicacoes/tabuas-das-mares
2. https://www.marinha.mil.br/chm/intercambio-de-dados-marinhos/banco-nacional-de-dados-oceanograficos

Referências bibliográficas sugeridas

CASTELLO, J. P; KRUG, C. P. Introdução às Ciências do Mar. Editora Textos. Disponível em: https://cienciasdomarbrasil.furg.br/18-livros/56-link-introducao-as-ciencias-do-mar.Acesso em 10 novembro. 2025.

HARARI, Joseph. Noções de oceanografia. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, 2021. DOI: https://doi.org/10.11606/9786599585401. Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1086. Acesso em 10 novembro. 2025.

OPEN UNIVERSITY, Waves, Tides and Shallow-water Processes. 1999.

POND, Stephen.; PICKARD, George L. Introductory dynamical oceanography. 2nd. ed. -. Oxford: Pergamon Press, 1983.

CAPÍTULO 28 - Variabilidade Climática

Will Ferreira[1] e Guilherme Machado Goldmam[2]

[1] [2] Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES

O que é Variabilidade Climática?

O sistema climático consiste nas dinâmicas físicas, químicas e biológicas que ocorrem entre a atmosfera, a hidrosfera, a criosfera, a biosfera e a superfície terrestre. A principal fonte de energia advém da radiação solar. Para entendermos as condições climáticas, precisamos identificar alguns conceitos importantes. Na meteorologia e na climatologia, embora os termos tempo e clima sejam comumente associados em contextos gerais, descrevem escalas distintas do comportamento da atmosfera. O conceito de "tempo" pode ser atribuído às condições atmosféricas de um lugar em um determinado momento, como a presença de nuvens, a temperatura ou a ocorrência de chuva. O clima, por sua vez, resulta da observação e análise dessas condições ao longo de períodos mais longos, revelando padrões e tendências. Assim, quando olhamos para o céu e percebemos que vai chover, estamos observando o que pode ser chamado de "tempo", enquanto que, quando comparamos as características do verão e inverno ou as diferenças entre o que é comumente observado e sentido nas regiões Norte e o Sul do Brasil, estamos analisando o clima.

A variabilidade climática pode ser caracterizada por oscilações naturais que podem ocorrer num curto período de tempo, como variações na temperatura do ar, volume de chuva ou velocidade do vento, mas também pode estar presente a longo prazo em meses, anos ou décadas, permitindo a diferenciação entre estações e/ou a percepção de alterações em relação às características das próprias estações. Não é anormal que observemos anos mais quentes ou mais chuvosos em relação a outros. Diferentes fenômenos e modos de variabilidade climática somados podem ocasionar essas diferenças. Entretanto, o que preocupa é a frequência e a intensidade ampliada dessas modificações.

Atualmente, são estudados e monitorados diversos modos de variabilidade climática que induzem alterações em aspectos climáticos em diversas partes do globo; tais modos podem desencadear fenômenos climáticos que podem ser observados pelos seres humanos no seu dia a dia; um dos fenômenos mais populares é o El Niño - Oscilação Sul, com suas fases "El Niño" e "La Niña".

O El-Niño-Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno natural que induz mudanças na interação Oceano-Atmosfera a partir de uma região específica do Oceano Pacífico Equatorial e seus efeitos são observados em diferentes partes do globo. Para que seja

identificada a ocorrência de um El Niño (La Niña), a porção central leste do Oceano Pacífico Equatorial mencionada deve ter um aquecimento (resfriamento) de 0,5 graus acima da média por pelo menos cinco trimestres consecutivos, aproximadamente cinco meses. Este aquecimento ou resfriamento induz uma interação entre a superfície oceânica e a atmosfera alterando a circulação dos ventos em diversas partes do globo e consequentemente afetando a distribuição de chuvas e alterando a média de temperatura do ar e das outras bacias oceânicas.

No Brasil, os impactos do El Niño são observados durante os meses de primavera e verão nas seguintes regiões:

- Região Sul - há uma tendência a chuvas acima da média
- Região Sudeste - há uma tendência a temperaturas acima da média
- Região Nordeste - há uma tendência a chuvas abaixo da média

Durante os meses de outono e inverno, os impactos do El Niño são observados nas seguintes regiões:

- Região Sul - tendência de chuvas acima da média
- Região Nordeste - tendência a temperaturas acima da média

Já os impactos da ocorrência do fenômeno La Niña no Brasil são observados da seguinte forma durante os meses de primavera e verão:

- Região Sudeste - tendência de temperaturas abaixo da média
- Região Norte-Nordeste - tendência de chuvas acima da média

Durante os meses de outono e inverno os impactos da La Niña são observados da seguinte forma:

- Região Sul - tendência de chuvas abaixo da média.

As figuras 1 e 2 representam os efeitos comumente observados durante os eventos de El Niño e La Niña em escala global.

Figura 1: Influências globais do El Niño.

Fonte: CPTEC/INPE.

Figura 2: Influências globais da La Niña.

Fonte: CPTEC/INPE.

Sobre as Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas não se definem apenas como mudanças pontuais detectadas por meteorologistas e pesquisadores, são alterações significativas e de escala global que modificam o funcionamento de todo o sistema climático. Essas alterações podem modificar a dinâmica natural do planeta, ampliando ou modificando a variabilidade climática.

Após a publicação do 4º artigo do IPCC no ano de 2007, há consenso científico de que as mudanças climáticas atuais são causadas pela ação humana, sendo denominado como Antropoceno por alguns autores. O Antropoceno remete ao período atual do planeta que leva em conta o ser humano como grande causador das mudanças climáticas no planeta que impactam diretamente a vida como é conhecida atualmente. No Brasil, tais mudanças também já estão sendo observadas, como por exemplo, os eventos meteorológicos extremos recentes no Rio Grande do Sul e na Região Norte. Entre os anos de 2012 e 2017, boa parte da região do semiárido nordestino sofreu com a estiagem mais prolongada já registrada. Foram necessárias diversas medidas emergenciais para garantir o fornecimento de água e insumos para a população e produção agrícola. Em maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul vivenciou uma catástrofe climática que resultou em vítimas fatais e prejuízos em diversos setores da economia.

Os impactos das mudanças climáticas afetam diretamente os seres humanos, na saúde, agricultura, economia e lazer. Entretanto, essas mudanças não afetam todos da mesma forma. A população mais vulnerável é aquela que vive mais próxima desses ambientes e que está mais exposta a riscos relacionados à variação do nível do mar, deslizamentos, enchentes e aumento do volume de chuvas.

Esta realidade reforça ainda mais a importância do desenvolvimento de pesquisas e de métodos de mitigação para efeitos decorrentes de eventos climáticos extremos. Dessa forma, a implementação de políticas públicas eficazes é fundamental para reduzir a desigualdade socioeconômica e a injustiça climática, especialmente em contextos em que populações vulneráveis são diretamente afetadas por eventos extremos. Além disso, a educação ambiental e climática desempenha um papel essencial ao sensibilizar a sociedade, ampliar o acesso à informação e promover comportamentos políticos e ambientais mais responsáveis.

Saiba Mais

Entendendo o tempo e o clima na América do Sul:
Acesse: https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v8-1/pdf81/s3.pdf?utm_source=chatgpt.com

Este artigo apresenta as características de tempo e clima e descreve conceitos como o de circulação atmosférica planetária, efeito orográfico, as características da climatologia de chuvas em todas as regiões do Brasil e na América do Sul, e a descrição dos sistemas meteorológicos atuantes como frentes frias, ciclones, zonas de convergência, sistemas convectivos e linhas de instabilidade.

Eventos extremos no Brasil:
Portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) acesse: https://portal.inmet.gov.br/noticias/eventos-extremos-chuva-acima-da-m%C3%A9dia-marcam-maio-de-2024

O INMET é o instituto responsável por previsões de tempo, alertas meteorológicos, monitoramento climático e coleta de dados em estações meteorológicas do Brasil. Nesse artigo, é relatado o caso de chuvas intensas em maio de 2024 nos estados do Rio Grande do Sul, Roraima, Sergipe e Rio Grande do Norte.

E no **Portal de notícias da UOL sobre Meio Ambiente** acesse: https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2018/03/03/seca-de-2012-a-2017-no-semiarido-foi-a-mais-longa-da-historia.htm

O portal de notícias do UOL é um dos maiores em notícias pelo público no Brasil. Nesse artigo, é relatada uma longa seca ocorrida no semiárido entre 2012 e 2017 atingindo principalmente o Nordeste e porções do Norte de Minas Gerais e do Espírito Santo.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.

Atvidade 1 - Gameficação

O objetivo dessa dinâmica é fazer os alunos estudarem sobre variabilidade climática e mudanças climáticas através do documento proposto. Essa atividade pode ser realizada através de leitura dos próprios alunos ou exposição em sala de aula através do professor. Em seguida, para a dinâmica será utilizada as perguntas fornecidas pelos autores do Em seguida, para a dinâmica será utilizada as perguntas fornecidas pelos autores do capítulo de variabilidade climática disponível no link

https://www.canva.com/design/DAG5uMIyXBQ/d6ZPB1D0sFSrEy15-RRFig/edit?utm_content=DAG5uMIyXBQ&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton, podendo ser utilizada a própria apresentação durante a aula. Os passos para a dinâmica estão listados abaixo:

1) Numa turma, dividir os alunos em 6 grupos;
2) Cada grupo possui direito a escolher um número de 1 a 18, escolhendo a pergunta que o grupo terá que responder.
3) Cada grupo terá 1 minuto para responder a pergunta.

Opcional: para deixar a dinâmica mais interessante para os alunos, cada pergunta pode gerar pontos para a média do trimestre. Dessa forma, cada acerto pode equivaler a 1 ponto ou a quantidade de pontos que achar mais interessante. O grupo que tiver maior quantidade de pontos, ganha 2 pontos extras no semestre.

Atividade 2 - Projeto investigativo: "Extremos na minha região"

O objetivo deste projeto é desenvolver pensamento científico e vínculo com realidade local para alunos do 7º ano até o ensino médio. Os passos para o projeto estão listados abaixo:

1) Em grupos, alunos coletam:
   - notícias locais de eventos climáticos extremos (chuvas torrenciais, tornados, queda de granizo, enchentes, ondas de calor, estiagens, ventania, etc)
   - relatos de amigos, vizinhos
   - fotos de antes/depois (quando houver)

2) Cada grupo identifica:
   - tipo de evento
   - frequência
   - impactos (quais transtornos a população daquela região enfrentou)
   - possível relação com variabilidade ou mudanças climáticas (EL NIÑO)

3) Apresentação em formato de um pôster

Recursos complementares sugeridos

Que Clima é esse? - Podcast sobre como as mudanças climáticas fazem parte do nosso dia-a-dia e quais ações estão sendo tomadas para ocorrer alguma mudança neste cenário.

Vozes do Sul - Podcast com diversas entrevistas com acadêmicos e detentores do saber ancestral, buscando entender como as ciências e as questões climáticas lidam com problemas ambientais já existentes.

Referências bibliográficas sugeridas

Berlato, M. A.; Cunha, G. R.; Fontana, D. C. El Niño Oscilação Sul: Clima-Vegetação-Agricultura. Ed. dos Autores, 2024.

IPCC. Climate change 2001: The Scientific Basis. Cap 1. The Climate System: an Overview. 2001.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Condições Atuais dos ENOS: Caracterização do El Niño. 2025. Acesso em: <https://clima1.cptec.inpe.br/enos#>.

Ferreira, M.L. Extreme rain event highlights the lack of governance to face climate change in the Southeastern coast of Brazil. Geography and Sustainability, 2024.

Vianna, D. L.; Oliveira, J. E. L.; Hazin, F. H. V.; Souza, M. A. C. Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao nordeste do Brasil. Volume 1: Oceano, Clima, Ambientes e Conservação. Design publicações, 2021.

CAPÍTULO 29 - ONDAS OCEÂNICAS NA ZONA COSTEIRA

Maria Eduarda Bissoli Andolphi[1] e Nicoly Barcelos Ferraz[1]

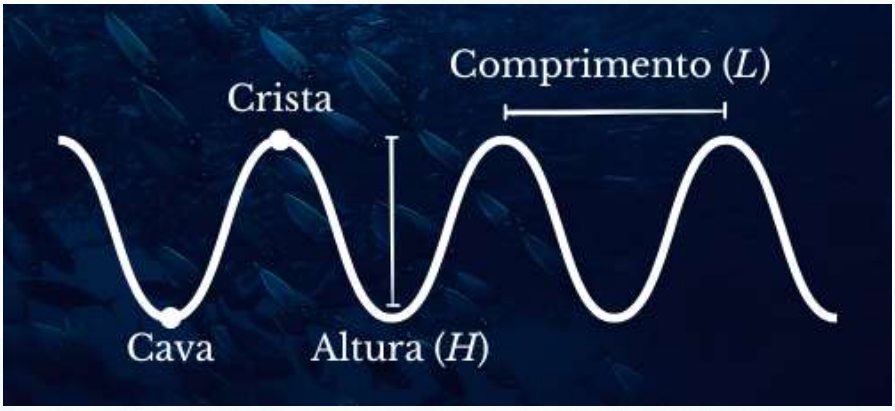
[1] Grupo de Pesquisa ESOLab - Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES
[2] Graduanda do Curso de Pedagogia

A gente olha para o mar e nem imagina o tanto de coisa acontecendo por trás do vai-e-vem das ondas. Cientificamente, uma onda é um 'empurrão' que viaja pelo espaço e pelo tempo, levando energia de um lugar para outro.

Existem diversos tipos de ondas oceânicas, classificadas de acordo com suas características físicas, como seu mecanismo gerador (força que inicia o deslocamento da parcela de água, como o vento), ou a partir do mecanismo restaurador (força que tenta devolver as moléculas de água à sua posição de equilíbrio, como a gravidade).

Ademais, para descrever visualmente uma onda, utilizamos alguns parâmetros (Figura 1). A crista corresponde ao ponto mais alto da onda, enquanto a cava (ou cavado) representa seu ponto mais baixo. A altura da onda (H) é definida como a distância vertical entre a crista e a cava. Já o comprimento de onda (L) refere-se à distância horizontal entre duas cristas sucessivas. O período (T) é o intervalo de tempo necessário para que duas cristas passem pelo mesmo ponto, sendo o único parâmetro da onda que não se altera com a profundidade. Por fim, a celeridade (C) corresponde à velocidade com que a onda se desloca.

Figura 1 - Principais componentes de uma onda



Fonte: Elaborado pelo autor

O tipo de onda mais comumente observado na zona costeira é a onda de gravidade gerada pelo vento. Chamamos de vagas (*sea*) aquelas que estão sendo formadas pelo vento no local. Quando essas ondas se formam longe da costa e se propagam sem a influência do vento, são chamadas de ondulações (*swell*). Ondulações podem viajar milhares de quilômetros, perdendo pouca energia. Estas são as ondas ideais para esportes como surf, por serem mais organizadas e regulares que as vagas, que possuem comportamento "caótico".

Tabela 1- Classificação de Ondas por forças Geradoras e Restauradoras.

Tipo de onda	Período	Força Geradora	Força Restauradora
Ondas Capilares	0,1s	Vento	Tensão Superficial
Ondas de Gravidade	1 a 30s	Vento	Gravidade
Ondas de Longo Período	5 minutos	Tempestades e Terremotos	Gravidade
Marés	12 a 24 horas	Atração Gravitacional (Sol e Lua)	Gravidade
Ondas planetárias	> 24 horas	Força de Coriolis	Gravidade

Fonte: Elaborado pelo autor

As características destas ondas são alteradas significativamente com a aproximação da costa. A interação com a morfologia do fundo marinho (a profundidade do fundo do mar) é o que define as características das ondas em menores profundidades. As principais alterações são:

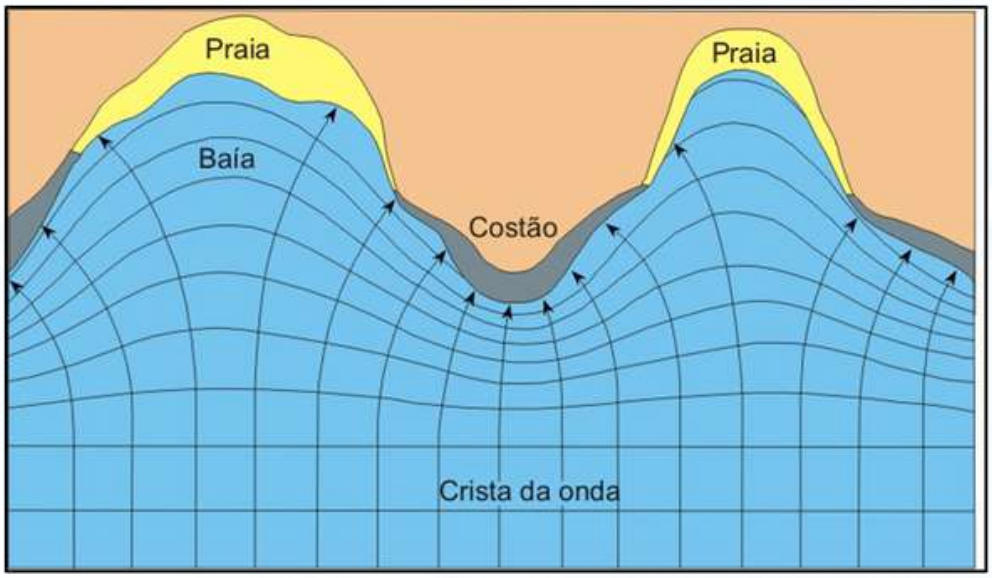
1. EMPINAMENTO (SHOALING)

O empinamento ocorre porque a onda começa a "sentir" o fundo. Conforme a profundidade diminui, a velocidade (C) e o comprimento (L) de onda diminuem, e para compensar, a altura (H) aumenta.

2. REFRAÇÃO

A refração (Figura 2) é o que faz as ondas se curvarem e alinharem sua direção com a linha de costa. Este fenômeno é um princípio fundamental da Física, regido pela Lei de Snell, que se aplica a qualquer onda que altera sua velocidade ao mudar de meio. No oceano, essa mudança de velocidade ocorre quando a onda encontra uma variação de profundidade oblíqua. Se o fundo do mar não for uniforme (por exemplo, mais raso de um lado da frente de onda do que do outro), a parte mais lenta da onda freia, enquanto a parte mais rápida continua avançando. Isso faz com que a frente de onda mude de direção, tendendo a ficar paralela à costa. O desvio do rumo de propagação é visualizado pela curvatura das ortogonais (linhas perpendiculares às cristas).

Figura 2 - Fenômeno da Refração



Fonte: Silva, A. B.; Souza, C. D., “Comportamento morfológico e sedimentológico do litoral de Itaipuacú, Maricá e Piratininga (Niterói-RJ) nas últimas três décadas”, 2016. © 2016 por Silva *et al.*

3. ARREBENTAÇÃO

A arrebentação é o momento em que a onda finalmente dissipa toda a sua energia. Isso acontece porque a relação entre a altura (H) e o comprimento (L) da onda se torna muito inclinada. Assim como na refração, o fundo “freia” a base da onda, mas o topo continua rápido e, então, a crista cai. Os principais tipos de quebra dependem da inclinação da praia. A arrebentação Progressiva, por exemplo, ocorre em praias “suaves”, com a crista se desfazendo gradualmente em espuma. Já a quebra Mergulhante ocorre em declividades mais acentuadas (ou em ondas longas/*swell*). A crista se curva e cai violentamente, formando o famoso "tubo".

É de extrema importância lembrar, que justamente na zona de arrebentação, é formada a principal causa de afogamento em praias: as Correntes de Retorno. Também conhecidas como “valas” ou “boca”, elas se formam quando as ondas quebram na zona de arrebentação e empurram muita água para a faixa rasa, e essa água retorna ao mar por gravidade. Essas correntes podem chegar a velocidades muito altas e arrastam rapidamente os banhistas para regiões mais profundas.

Figura 3 - Correntes de retorno.

Fonte: Brasil Mergulho.

4. OUTROS FENÔMENOS: REFLEXÃO E DIFRAÇÃO

• **Reflexão**: Ocorre quando uma onda atinge uma superfície vertical rígida (como um paredão ou quebra-mar) e é enviada de volta, alterando sua direção de propagação.

• **Difração**: Ocorre quando a onda contorna um obstáculo (como uma ilha ou uma entrada estreita de um porto), espalhando a energia lateralmente para a área atrás dele.

Saiba Mais

A MARÉ É UMA ONDA!

As marés são classificadas como ondas, sendo as mais "longas" do oceano. Elas são geradas principalmente pela atração gravitacional do Sol e da Lua e têm períodos característicos de 12 a 24 horas. O nível máximo da água do mar no ciclo da maré é definido como Preamar, e o mínimo, Baixa-mar. São de extrema importância em zonas costeiras. Nos estuários, por exemplo, as correntes de maré juntamente com o fluxo de água doce são as principais forçantes que influenciam o tempo de residência das comunidades planctônicas e o ingresso e saída de espécies, o que é crucial para seu crescimento e desenvolvimento. Em ambientes de costões rochosos, a maré é o fator abiótico mais importante, pois determina a diversidade, a abundância dos organismos e a zonação, uma vez que as espécies precisam se adaptar aos períodos de submersão e exposição.

Atividade Sugerida

Atividade 1 - "O que causa um Tsunami? Tem a possibilidade de acontecer no Brasil?"

Habilidades BNCC:

- (EF04MA28) Realizar pesquisa envolvendo variáveis categóricas e numéricas e organizar dados coletados por meio de tabelas e gráficos de colunas simples ou agrupadas, com e sem uso de tecnologias digitais.

Público**:** Ensino Fundamental I - Anos Iniciais

Objetos de Conhecimento: Diferenciação entre variáveis categóricas e variáveis numérica; Coleta, classificação e representação de dados de pesquisa realizada

O objetivo da atividade seria compreender o que é um tsunami, suas causas e discutir a probabilidade de ocorrência no Brasil, utilizando dados reais para a coleta, com gráficos de barras simples e imagens.

Em grupos, os alunos realizariam pesquisas utilizando os recursos disponíveis (jornais, internet ou textos) sobre três registros de tsunamis em diferentes países, coletando dados como local do evento (incluindo a placa tectônica onde ocorreu), ano e altura das ondas. Em seguida, organizariam essas informações em tabelas e construiriam gráficos de colunas simples para comparar quais países foram mais atingidos. Por fim, analisariam os resultados e discutiriam por que o Brasil, situado na Placa Sul-Americana, apresenta baixíssima probabilidade de sofrer com tsunamis.

Atividade 2 - "Por que em alguns países as ondas do mar são bem maiores enquanto em outros elas são bem pequenas"

Habilidades BNCC:

- (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.

Público: Ensino Fundamental II

A atividade utilizará tecnologias acessíveis, como Google Earth e Ventusky, para observar em tempo real a altura das ondas, padrões globais de ventos e áreas de aquecimento oceânico. Os alunos, organizados em grupos, comparam regiões do planeta (Havaí, Indonésia, Atlântico Sul, Mediterrâneo e costa brasileira) e identificam fatores como força dos ventos, tempestades, fetch, localização geográfica e influência do aquecimento das águas na intensidade dos ventos. Após a exploração, discutem como a circulação atmosférica e oceânica, afetada pelo clima, influencia o tamanho das ondas, alinhando-se à habilidade. Para sistematizar, cada grupo produz um slide contendo prints dos mapas, a altura das ondas observada, características dos ventos, comparação entre duas regiões e uma resposta final explicando por que as ondas variam de tamanho ao redor do planeta, incluindo a possível relação com o aquecimento global.

Atividade 3 - "Consegue resumir como oceanógrafos conseguem identificar o comportamento de ondas antes mesmo delas chegarem a um local específico?"

Habilidades BNCC :

- (EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

Público**:** Ensino Médio

Os alunos iniciariam a aula assistindo a um vídeo curto sobre como os oceanógrafos monitoram o comportamento das ondas através do vento. Em seguida, em grupos, pesquisam as possibilidades, assim como os desafios de tecnologias que convertem

a energia das ondas em eletricidade, como a Usina de Ondas do Porto de Pecém (CE), pioneira na América Latina, atualmente desativada.

Depois, cada grupo escolhe uma região litorânea brasileira (como Ceará, Rio Grande do Norte ou Santa Catarina) e avalia se seria possível implantar essa tecnologia, considerando aspectos como intensidade das ondas, impactos ambientais e custo-benefício.

Recursos complementares sugeridos

https://www.youtube.com/watch?v=O8eQeKn-atw
https://www.youtube.com/watch?v=Z3-XSnPB0sQ
https://youtu.be/CefOxG9l_Bg
https://www.youtube.com/watch?v=lSO2VO42tlI
https://globoplay.globo.com/v/11825095/
https://www.oceanoparaleigos.com/
https://olharoceanografico.com/
https://www.ventusky.com/
https://earth.google.com/web/@0,-1.15685043,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggBSg0I_____ARAA
https://www.windy.com/?-20.31
https://alociencia.com.br/podcast/129-ondas-do-mar/

Referências bibliográficas sugeridas

CRIVELLARO, Carla Valéria Leomini; MARTINEZ NETO, Ramirez; RACHE, Rita Pilla. Ondas que te quero mar: educação ambiental para comunidades costeiras: mentalidade marítima: relato de uma experiência. 1. ed. Porto Alegre: Gestal Editora, 2001. 72 p

BEIRÃO, A. P.; MARQUES, M.; RUSCHEL, R. R. O Valor do mar: uma visão integrada dos recursos do oceano do Brasil. 2. ed. São Paulo: Essential Idea Editora, 2020. 260p.

CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (org.). Introdução às Ciências do Mar. Pelotas: Ed. Textos, 2017

GARRISON, T. Fundamentos de Oceanografia. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

GHILARDI-LOPES, N. P. et al.. Oceano como tema interdisciplinar na educação básica brasileira. Ambiente & Sociedade, v. 26, p. e0134, 2023.

Referências

As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 29–44, 2012. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4229. Acesso em: 14 nov. 2025.

NOAA. Rip Currents. JetStream – An Online School for Weather. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Acesso em: 15 nov. 2025.
GARRISON, T. Fundamentos de Oceanografia. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.
CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (org.). Introdução às Ciências do Mar. Pelotas: Ed. Textos, 2017
BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.
Rodrigues, Luciano. “Energia ondomotriz: por que a usina de ondas para geração de eletricidade não vingou no Ceará.” Diário do Nordeste, 19 set. 2023. (diariodonordeste.verdesmares.com.br)

CAPÍTULO 30 - Introdução à Meteorologia: Principais conceitos meteorológicos para estudos no oceano

Ariana Pereira Barboza da Silva[1]

[1] Doutoranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo

1. Introdução

A atmosfera e o oceano estão em uma troca constante e mútua naquilo que chamamos de interface oceano-atmosfera. É através desta camada que ocorrem as trocas de calor, água (vapor) e gases (como o CO_2). E tudo que acontece neste processo dita o comportamento de ambos os sistemas.

Desta forma, neste capítulo, serão abordados os conceitos meteorológicos fundamentais que formam a base essencial para o entendimento do oceano em seus aspectos físico, químico, geológico e biológico, bem como do sistema global de circulação atmosférica e oceânica.

1.1 O Motor Primário: Radiação Solar

Todo o sistema climático é movido por uma única fonte de energia: o Sol. A Radiação Solar, especificamente a radiação de ondas curtas (luz visível, UV), é o combustível que inicia todos os processos que se seguem. A Radiação Solar é a fonte de energia primária que alimenta o clima da Terra e a circulação oceânica. É a energia eletromagnética emitida pelo Sol, que viaja pelo espaço e atinge o nosso planeta. Meteorologicamente, dividimos essa energia em duas categorias principais descritas no quadro 1:

Quadro 1. Tipos de Radiação.

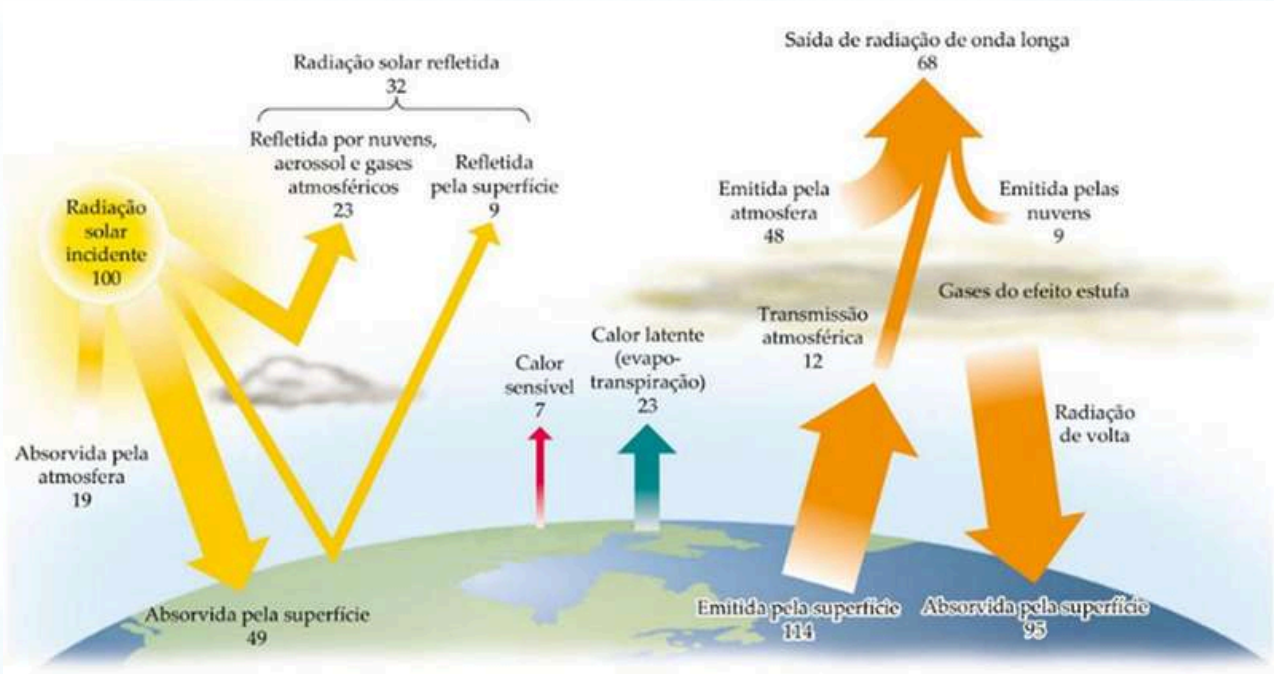
Tipo de Radiação	Descrição
Radiação de Ondas Curtas (Entrada)	Energia de alta frequência recebida diretamente do Sol (luz visível e ultravioleta-UV). É a energia
Radiação de Ondas Longas (Saída)	Energia de baixa frequência (calor infravermelho) emitida pela Terra e pelo oceano de volta ao

O equilíbrio entre a energia que entra e a energia que sai é o que determina a temperatura do planeta, um conceito conhecido como **Balanço de Radiação**.

A energia solar que chega ao topo da atmosfera não aquece o planeta uniformemente. Devido à inclinação da Terra e sua esfericidade, os trópicos recebem muito mais energia por metro quadrado do que os polos. Este aquecimento diferencial é a causa fundamental para a existência de ventos e correntes oceânicas, cuja disparidade na distribuição de energia impulsiona o planeta na busca por um equilíbrio

constante, resultando no movimento do excesso de calor dos trópicos para as regiões polares. Na figura 1, pode ser observado o diagrama da radiação solar incidente sobre a Terra, e a quantidade de radiação que são absorvidas e/ou devolvidas (refletidas).

Figura 1. Diagrama esquemático do balanço energético global média da Terra em percentagem.



Fonte: M.L. Cain, B.D. Bowman e S.D. Hacker, Ecologia (Artmed Editora, Porto Alegre 2018), p. 691.

O balanço de energia pode ser entendido da seguinte forma: se cem unidades de energia solar atingem o topo da atmosfera terrestre aproximadamente 32% dessa radiação volta para o espaço como radiação de onda curta (albedo planetário) – 23% refletida pelas nuvens e outros; 9% refletida pela superfície da Terra. A atmosfera absorve 19% da radiação solar, restando 49% dessa radiação para ser absorvida pela superfície terrestre, ou seja, aproximadamente metade da radiação solar foi transmitida através da atmosfera, conseguindo atingir a superfície. Quando a radiação solar atinge a superfície do planeta e o oceano, dois processos principais ocorrem:

1. Reflexão (Albedo)

A reflexão é o processo pelo qual parte da radiação eletromagnética incidente (neste caso, a luz solar) é devolvida diretamente para o espaço ou para a atmosfera, sem ser absorvida pela superfície. O Albedo é a medida quantitativa dessa refletividade, expresso como uma porcentagem ou fração da energia solar total recebida.

Exemplos no Sistema Oceânico:

- O oceano aberto, sendo escuro, tem um albedo muito baixo, significando que ele absorve a maior parte da energia que recebe (tipicamente mais de 90%).
- Em contraste, o gelo marinho, por ser branco, tem um albedo alto e reflete a maior parte da energia.

2. Absorção e Penetração

A absorção ocorre quando a radiação solar que não é refletida é retida pela substância (a água, neste caso) e convertida em calor, aquecendo o meio. A penetração descreve a profundidade a que a luz consegue atingir antes de ser totalmente absorvida.

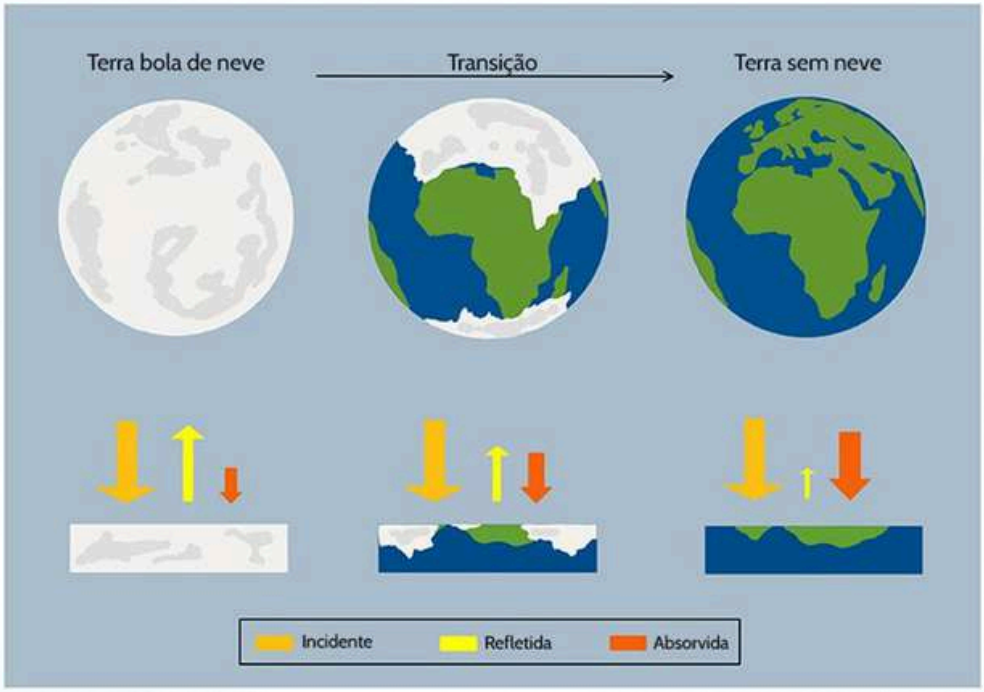
Exemplos no Sistema Oceânico:

- Diferente da terra, cujo calor fica restrito aos primeiros centímetros, a radiação solar penetra na coluna d'água.
- Esta absorção é seletiva: a luz vermelha é absorvida rapidamente nos primeiros metros, enquanto a luz azul penetra mais fundo.
- Esta penetração cria a zona fótica (a camada superficial onde a fotossíntese é possível) e aquece a camada mais superficial, conhecida como camada de mistura.

Na figura 2, observamos que se toda a superfície estivesse coberta por gelo e neve, o albedo seria extremamente elevado. Nesses casos, a maior parte da radiação solar incidente seria simplesmente refletida de volta para o espaço, impedindo um aquecimento significativo do planeta. No entanto, o inverso também é verdadeiro e ainda mais crítico: quando áreas de gelo dão lugar a superfícies mais escuras – como o oceano aberto ou o solo – o albedo diminui drasticamente. Isso significa que uma parcela maior da luz solar é absorvida pela Terra, resultando em um aumento da temperatura. Este aquecimento, por sua vez, intensifica o derretimento do gelo remanescente, expondo ainda mais superfícies de baixo albedo. É um processo em cadeia, uma retroalimentação positiva conhecida como o ciclo gelo-albedo. Esse mecanismo pode acelerar o aquecimento global, potencializando o derretimento do gelo até um ponto, cuja cobertura glacial da Terra seja drasticamente reduzida ou mesmo eliminada. O albedo desempenha um papel crucial na regulação da temperatura do nosso planeta.

O sistema climático da Terra busca constantemente o equilíbrio energético entre a energia solar recebida e a energia infravermelha devolvida ao espaço. Quando esse equilíbrio é rompido por um aumento desproporcional de gases de efeito estufa na atmosfera, o mecanismo de regulação natural é alterado. Como ilustra a Figura 3, o CO_2, um dos principais gases desse processo, é essencial para manter o planeta aquecido – o que é um fenômeno natural e vital. No entanto, o acúmulo excessivo desses gases, majoritariamente decorrente de atividades humanas, aprisiona calor adicional no sistema, tornando-se a principal causa dos atuais problemas climáticos.

Figura 3. A figura demonstra o balanço de radiação solar na Terra. A energia solar é refletida (albedo) ou absorvida pela superfície. A Terra reemite calor (radiação infravermelha), que é parcialmente absorvido e reemitido pelos gases de efeito estufa (CO_2), ilustrando o mecanismo natural do efeito estufa.



Fonte: Junges e colaboradores. Efeito Estufa e Aquecimento Global: Uma Abordagem Conceitual a partir da Física para Educação Básica, 2018.

1.1 Temperatura do Ar

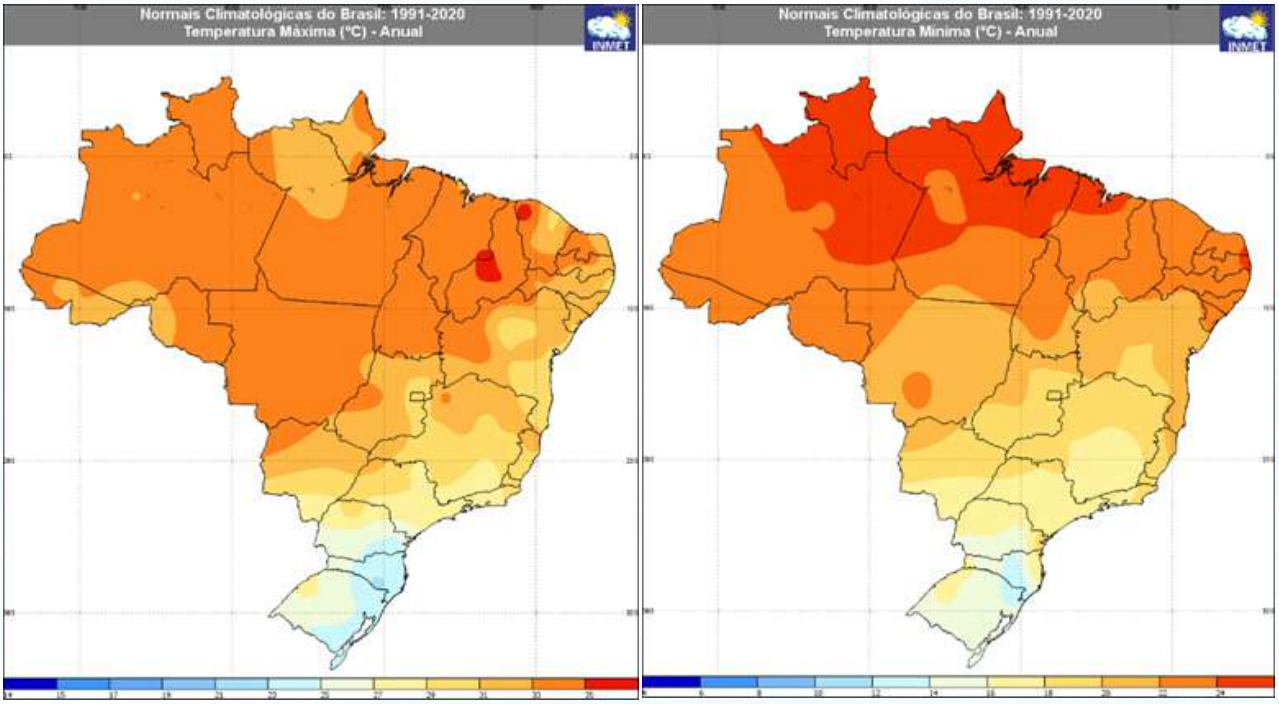
A temperatura mede a quantidade de calor sensível de um corpo, refletindo a intensidade da vibração de suas partículas. Seu valor mínimo, o zero absoluto (0 K ou −273,15 °C), corresponde ao ponto em que a energia cinética média é nula. Na superfície terrestre, a temperatura depende do saldo de radiação, variando com a latitude, a hora do dia, o período do ano (que influenciam a altura do Sol e a intensidade da radiação), a cobertura de nuvens (que altera o fluxo de radiação solar e terrestre) e as características da superfície, como albedo e capacidade de absorção de radiação para aquecimento sensível e latente.

A Temperatura do Ar é uma grandeza física fundamental, definida como a medida da energia cinética média das moléculas que compõem a atmosfera em um determinado local e momento. Do ponto de vista meteorológico, sua medição é padronizada a 1,5 ou 2 metros de altura acima da superfície, dentro de um abrigo meteorológico. Esse cuidado é essencial para se obter uma leitura padronizada, minimizando a influência direta e imediata da radiação proveniente do solo, da água ou de superfícies artificiais. Esta variável é um dos pilares do tempo e do clima, influenciando diretamente a sensação de conforto térmico, a formação de nuvens e precipitação, e a intensidade dos ventos.

Com base nas normais climatológicas do Brasil referentes ao período de 1891 a 2020, a Figura 4 apresenta as temperaturas máximas e mínimas médias anuais do ar no país. A análise da série temporal evidencia uma tendência consistente de aquecimento, com aumento significativo tanto das temperaturas máximas quanto das mínimas ao longo das

últimas décadas. Esse padrão é particularmente acentuado a partir da segunda metade do século XX, refletindo as mudanças climáticas relatadas na atualidade. A distribuição geográfica das temperaturas segue os padrões climáticos esperados para o território brasileiro, com maiores valores nas regiões Norte e Nordeste e menores nas áreas de maior altitude do Sul e Sudeste. Contudo, observa-se que o aquecimento tem sido generalizado, afetando todas as regiões do país em diferentes intensidades. Essa elevação térmica possui implicações diretas para diversos setores, incluindo a agricultura, os recursos hídricos, a biodiversidade e a saúde pública, reforçando a importância de políticas de adaptação e mitigação frente às mudanças climáticas.

Figura 4. Máxima e Mínima anual de Temperatura do Ar no Brasil entre 1991 e 2020.



Fonte: INMET, 2025.

1.2.1 A Interação Oceano-Atmosfera: O Motor das Trocas de Energia

Embora a temperatura do ar seja uma medida atmosférica, sua dinâmica é profundamente modulada pela interação com a superfície terrestre, e o oceano desempenha um papel protagonista nesse processo. Para estudos oceânicos e de clima, o valor absoluto da temperatura do ar (T_a) é frequentemente menos significativo do que a diferença (gradiente) entre ela e a Temperatura da Superfície do Mar (TSM ou T_s).

Este gradiente térmico (T_s - T_a) é o motor direto de uma das formas mais importantes de transferência de energia na interface oceano-atmosfera: o Fluxo de Calor Sensível.

1.2.2 O Campo de Batalha Térmica na Interface

A interface oceano-atmosfera pode ser vista como uma zona de constante ajuste térmico, onde a direção do fluxo de calor é determinada por qual sistema está mais quente.

- **Quando o Oceano aquece a Atmosfera** ($T_s > T_a$): Este cenário é típico no inverno ou quando massas de ar frio continental (ex.: ar polar) se deslocam sobre águas oceânicas relativamente mais quentes. O oceano, funcionando como uma reserva de calor, transfere energia diretamente para a camada de ar adjacente. Esse ar aquecido torna-se menos denso e sobe, iniciando movimentos convectivos que carregam o calor oceânico para as camadas mais altas da atmosfera.
- **Quando a Atmosfera aquece o Oceano** ($T_a > T_s$): Esta situação é mais comum em dias quentes de verão, especialmente quando ventos transportam ar aquecido sobre o continente para cima de uma superfície oceânica mais fria. Neste caso, o calor flui da atmosfera para o oceano.

Na prática: O conceito-chave para os alunos é a **INÉRCIA TÉRMICA** do oceano (seu alto calor específico).

● **Analogia**: Pense no oceano como um "peso-pesado" térmico e no ar como um "peso-leve". O ar muda de temperatura muito rapidamente (fica quente de dia, frio à noite). O oceano (a temperatura de superfície do mar - TSM) muda de temperatura muito lentamente (mal muda do dia para a noite).

● **Consequência**: Na maior parte do tempo, é a temperatura do oceano que dita a temperatura do ar logo acima dele, e não o contrário. O oceano age como um "ar-condicionado" (ou aquecedor) gigante para o planeta.

Um ótimo exemplo visual é a "névoa de vapor" que se forma em dias muito frios quando o ar polar (ex: -10°C) se move sobre o oceano (ex: +5°C). A evaporação e a transferência de calor do oceano são tão intensas que o ar próximo satura e condensa imediatamente, parecendo que o mar está "fumegando".

Essa troca de calor sensível é um dos principais mecanismos pelos quais o oceano libera o calor (que ele absorveu da radiação solar) de volta para a atmosfera, regulando o clima.

Para não confundir, apresentamos no quadro 2 as diferenças entre calor sensível e calor latente:

Quadro 2. Diferença entre calor sensível e calor latente.

Critério	**Calor Sensível**	**Calor Latente**
Definição	Altera a temperatura.	Altera o estado físico sem mudar a temperatura.
Mecanismo	Transferência de energia por diferença de temperatura.	Energia usada em mudança de fase (evaporação/condensação).
Exemplo no Clima	Aquecimento do ar sobre o oceano.	Evaporação da água e liberação de calor ao formar nuvens.
Importância	Controla o gradiente térmico local.	Transporta energia e umidade na atmosfera.

Conclusão

A radiação solar é o ponto de partida para todos os processos meteorológicos que influenciam o oceano. É ela que aquece a superfície, gera diferenças de temperatura e coloca o ar e a água em movimento, controlando a formação de ventos, nuvens e precipitação. A forma como esse calor é distribuído determina desde a temperatura do mar até a intensidade de fenômenos climáticos. Assim, compreender como a radiação e a temperatura atuam na atmosfera é essencial para entender a resposta do oceano e sua dinâmica, servindo de base para estudos mais aprofundados sobre circulação, clima e interações oceano-atmosfera.

Saiba Mais

O Efeito Estufa é um processo natural e essencial para a vida. Gases na atmosfera, como CO_2, retêm parte do calor do Sol, mantendo a Terra aquecida. A ação humana, no entanto, tem liberado quantidades excessivas desses gases, intensificando o efeito e causando o aquecimento global.

Atividade Sugerida

Simulação do Efeito Estufa

Habilidades BNCC:

- (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.

Plataforma: PhET Colorado - Simulação "Efeito Estufa"

Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/greenhouse-effect/latest/greenhouse-effect_pt_BR.html

Objetivo: Compreender como os gases afetam a temperatura terrestre através de simulação interativa.

Execução:

1. Acesse a simulação
2. Experimente adicionar/remover nuvens e gases
3. Observe as mudanças de temperatura
4. Registre as descobertas

Tarefa: Cada aluno anota como a temperatura muda ao:

●Variar concentração de gases

●Adicionar/remover nuvens
●Alterar camadas de gelo
Tarefa Adaptável: Cada aluno registra descobertas conforme seu nível.

Recursos complementares sugeridos

Livros e obras impressas:

1. MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil. Oficina de Textos, 2007.
2. CAVALCANTI, Iracema F. A. et al. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos, 2009.

Materiais online e vídeos:

1. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Ocean Fact: The Ocean and Climate. Material educativo online. Disponível em: https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-fact-the-ocean-and-climate

2.Aula Geocosteira / UFF. Videoaula. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=1wYY1EvbVpA

3.Albedo – vídeos sobre albedo e aquecimento global. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=cf2C87suKPA e https://parajovens.unesp.br/o-que-e-albedo-e-o-que-ele-tem-a-ver-com-o-aquecimento-global/

4.PHET – Interactive Simulations (simulações educativas, podem ser usadas em português). Disponível em: https://phet.colorado.edu/en/simulations/browse?subjects=biology&type=html

5.PHET – Testando Energias. Energy Forms and Changes. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html

6.NASA – Space Place. Plataforma de atividades e conhecimentos. Disponível em: https://spaceplace.nasa.gov/menu/earth/ e https://spaceplace.nasa.gov/menu/parents-and-educators/

7.Efeito Estufa – vídeo. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=bMlrU9SxEj0

8.Os elementos e fatores climáticos – vídeo. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Lim5ksImlWY

Referências bibliográficas sugeridas

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Normais Climatológicas. Disponível em: https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990/. Acesso em: [1/11/2025].

STEWART, R. H. Introduction to Physical Oceanography. College Station: Texas A&M University, 2008. (Disponível online).

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Versão Digital 2. Recife, PE: [s.n.], 2006.
YNOUE, R. Y., REBOITA, M. S., AMBRIZZI, T., & DA SILVA, G. A. M. Meteorologia: noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
JUNGES, A. L.; SANTOS, V. Y.; MASSONI, N. T.; SANTOS, F. A. C. Efeito Estufa e Aquecimento Global: Uma Abordagem Conceitual para a Educação Básica a partir da Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 40, n. 1, e1604, 2018.
CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. Ecologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2018. 691-696 p.

CAPÍTULO 31 - Pressão Atmosférica e Ventos

Ariana Pereira Barboza da Silva[1]

[1] Doutoranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo

1.Introdução

A pressão atmosférica e os ventos são elementos essenciais para explicar o comportamento da atmosfera. A pressão determina o movimento do ar, e os ventos distribuem calor, umidade e influenciam diretamente o clima em diferentes regiões, incluindo o Brasil.

1.1 Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica é formalmente definida como o peso (ou força) que a coluna de ar exerce sobre uma determinada área de superfície. Matematicamente, pode ser expressa por (Quadro 1):

Quadro 1.Medida de Pressão

Elemento	Descrição
Fórmula	$P=\rho \cdot g \cdot h$
Onde:	P = pressão atmosférica (Pa) ϱ = densidade do ar (kg/m³)

No contexto meteorológico, raramente estamos interessados no valor absoluto da pressão, mas sim nas diferenças de pressão entre diferentes locais. Essas diferenças, representadas em mapas sinóticos por linhas isobáricas (linhas de igual pressão), são o principal fator que governa o movimento do ar.

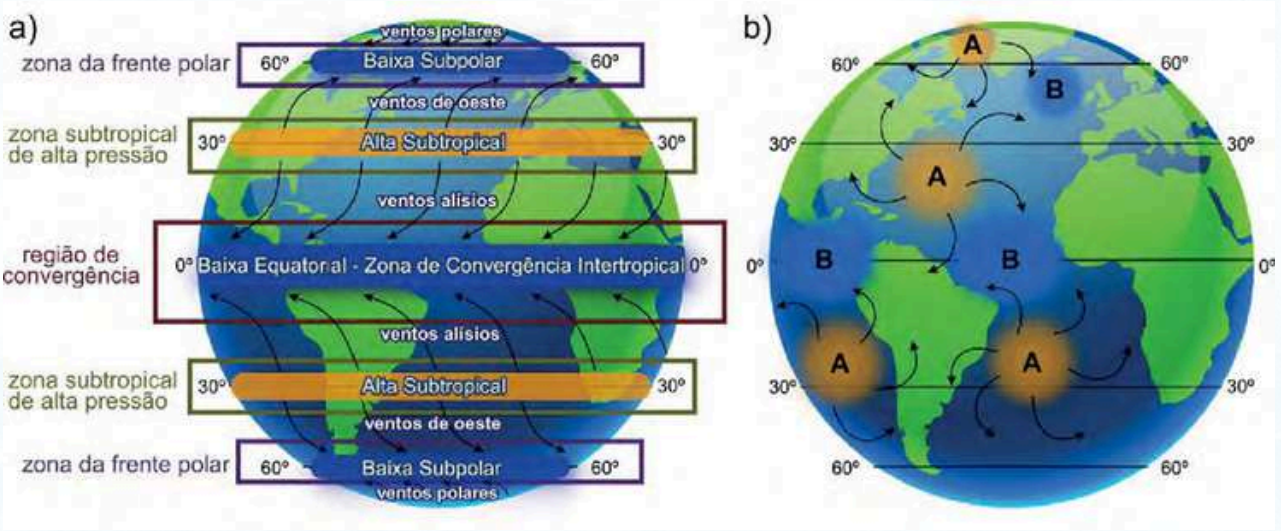
O ar tende a se deslocar de áreas de alta pressão (regiões com maior peso de ar, geralmente associadas a massas frias e densas descendo) para áreas de baixa pressão (regiões com menor “peso” de ar, normalmente associadas a ar quente e leve ascendendo).

Se a Terra não girasse, o ar fluiria diretamente de regiões de alta para baixa pressão. Entretanto, devido à rotação terrestre, o movimento do ar sofre o desvio causado pelo Efeito Coriolis: para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul (Figura 1). Como resultado, os ventos não seguem trajetórias diretas, mas circulam ao redor dos centros de pressão, formando sistemas ciclônicos e anticiclônicos.

A Figura 1 ilustra o padrão global de circulação atmosférica, destacando áreas de alta e baixa pressão. No Equador, a Zona de Convergência Intertropical (0°) configura uma

região de baixa pressão contínua, onde o ar converge e sobe, favorecendo a instabilidade e precipitação. Nas latitudes subtropicais (cerca de 30° N/S), localizam-se as altas pressões subtropicais, caracterizadas pela descida do ar, que gera condições climáticas estáveis e secas. Já nas latitudes subpolares (próximas a 60° N/S), observam-se zonas de baixa pressão, onde o ar ascende novamente, resultando em maior formação de nuvens e precipitação. Por fim, nas regiões polares, predominam sistemas de alta pressão, associados ao ar frio e denso. Esse arranjo de células de circulação é fundamental para a distribuição global de ventos, umidade e temperatura.

Figura 1. Padrão de circulação horizontal na troposfera. A) representado de forma idealizada. B) representado de forma real. Ilustração: Gianfrancisco Schork.



Fonte: Castello, X., & Calliari, L. (2015), adaptado de Talley (2011).

1.1.1 Os Grandes "Organizadores" do Clima Marinho

Para os estudos oceânicos, a pressão atmosférica (Figura 2) é vital por dois motivos principais:

1. **Geração de Vento**: Os padrões de vento em escala global são ditados por grandes sistemas de pressão semi-permanentes que se formam sobre os oceanos. Estes são verdadeiros organizadores do clima.
2. **Efeito Físico Direto**: A pressão do ar empurra fisicamente a superfície do mar para baixo.

Na prática: Um conceito importante para os alunos é o efeito barométrico inverso (ou maré barométrica).

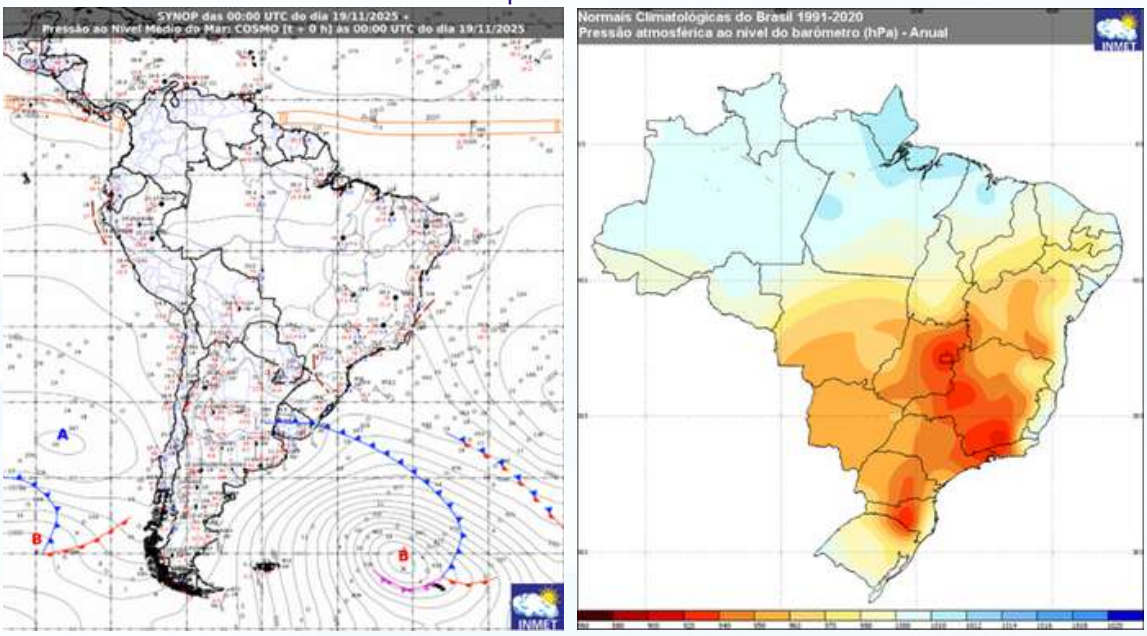
Uma forma eficaz de visualizar é imaginar um "peso" invisível sobre a água:

- Em um sistema de **baixa pressão** (menos peso), a superfície do oceano se eleva ligeiramente.
- Em um sistema de **alta pressão** (mais peso), a superfície do oceano é pressionada para baixo.

Embora essa variação seja pequena (cerca de 1 cm para cada 1 milibar de mudança na pressão), ela é fundamental em extremos. Durante tempestades ou furacões (sistemas de pressão extremamente baixa), essa elevação da superfície, combinada com o vento,

contribui significativamente para a ressaca e inundações costeiras. Em eventos de grande intensidade, como um furacão, a combinação da elevação por baixa pressão (efeito de pressão) e do empilhamento de água pelo vento (efeito de vento), que juntos constituem a ressaca (*storm surge*), pode elevar o nível do mar em vários metros, demonstrando de forma dramática e direta como os sistemas atmosféricos comandam respostas oceânicas de grande magnitude. Cabe esclarecer que o fenômeno total observado na costa durante uma tempestade, denominado maré de tempestade (*storm tide*), corresponde à soma desta ressaca com a maré astronômica preexistente, sendo este último conceito fundamental para a previsão de inundações costeiras.

Figura 2. Duas representações de Pressão Atmosférica – A: Carta Sinótica que representa a América do Sul, com ênfase no Brasil e no Oceano Atlântico. No qual A – zonas de alta pressão atmosférica; B – zonas de baixa pressão atmosférica.



Fonte: Fornecida online pela Marinha do Brasil em: https://www.chm.mb/dados-do-bndo/acesso-dados-e-produtos; B: Pressão Atmosférica ao nível do barômetro (hPa) anual entre 1991 a 2020. Disponibilizado pelo site do Inmet.

1.5.1 Vento

O vento é o ar em movimento, fluindo de áreas de alta pressão para áreas de baixa pressão. Na oceanografia, ele é um dos conceitos meteorológicos mais impactantes, pois transfere energia cinética e acelera a troca de calor e umidade entre atmosfera e oceano. Além de sua influência sobre o mar, os ventos desempenham papel central na atmosfera: transportam massas de ar quente, frio, úmido ou seco, redistribuindo energia e determinando o clima regional e global; contribuem para a formação de sistemas meteorológicos, como nuvens, frentes e tempestades; e sustentam a circulação geral da atmosfera, incluindo os ventos alísios, os ventos de oeste e as correntes de jato, que influenciam padrões climáticos e a variabilidade do tempo no Brasil e no mundo. Sobre o oceano, a tensão do vento arrasta a camada superficial da água, gerando ondas e impulsionando grandes correntes, funcionando como motor da circulação oceânica superficial. Nos quadros 2 e 3, observa-se as principais atuações da força dos ventos no oceano e na atmosfera.

Quadro 2. Principal Atuação dos Ventos sobre o Oceano

Atuação do Vento na Atmosfera	
Transporte de Umidade e Calor	Os ventos atuam como canais transportadores globais, redistribuindo calor das regiões tropicais para os polos e levando umidade do oceano para os continentes, influenciando o clima.
Circulação Geral da Atmosfera	Os ventos são a manifestação do movimento da atmosfera em resposta às diferenças de pressão e temperatura, formando sistemas como os Ventos Alísios, do Oeste e Polares.
Formação de Sistemas Meteorológicos	A força dos ventos é fundamental para a formação e movimentação de sistemas de alta e baixa pressão, frentes, tempestades, furacões e outros fenômenos climáticos.
Dispersão de Poluentes	O vento é um agente fundamental na dispersão e diluição de poluentes e partículas na baixa atmosfera, influenciando a qualidade do ar.

Quadro 3. Principal Atuação dos Ventos sobre o Oceano

Atuação do Vento no Oceano	
Tensão do Vento (Wind Stress)	Quando o vento sopra sobre a superfície, o atrito entre o ar e a água arrasta a camada superficial do oceano. Essa força é a tensão de cisalhamento
Geração de Ondas	A tensão do vento transfere energia para a água, gerando ondas de superfície.
Geração de Correntes	A tensão do vento persistente, como os Ventos Alísios tropicais, impulsiona grandes correntes de superfície (ex.: Corrente Sul Equatorial). Este é o

Conclusão

A compreensão da pressão atmosférica e dos ventos permite relacionar os fenômenos atmosféricos com seus efeitos sobre os oceanos e o clima. Sua atuação explica a formação de sistemas meteorológicos, a geração de correntes superficiais e a redistribuição de energia e umidade, tornando-se indispensável para estudos de meteorologia, oceanografia e previsões climáticas, especialmente no contexto brasileiro.

Atuação no Brasil no Estudo Meteorologia

No Brasil, o monitoramento dos parâmetros meteorológicos, essencial para a pesquisa científica e para o uso por entidades públicas e privadas, é realizado por uma rede de atuação que envolve diversos órgãos nos níveis federal e estadual. O principal responsável

por este monitoramento é o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Estações Meteorológicas Automáticas (EMA-INMET). Além do INMET, destacam-se o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), que faz parte do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), atuando principalmente na previsão de tempo e na geração de modelos climáticos. A Marinha do Brasil (MB), através do Centro de Hidrografia e Navegação (CHM), é responsável pela meteorologia marítima, fornecendo dados e previsões cruciais para a navegação e para o monitoramento costeiro. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) opera a Rede Hidrometeorológica Nacional, fornecendo dados essenciais para o gerenciamento de recursos hídricos. Por fim, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) utiliza dados meteorológicos e hidrológicos para emitir alertas preventivos de risco de desastres.

Saiba Mais

Você sabia que os ventos podem viajar muito rápido e muito longe? O furacão mais rápido já registrado teve ventos que ultrapassaram 380 km/h, e esses ventos conseguem transportar nuvens, chuva e até poeira do outro lado do oceano!

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.

O professor pode levar pipas, cata-ventos ou pedaços de papel leve para a sala ou pátio. Pode também ser uma pequena bandeira ou até mesmo a bandeira da escola no mastro. A intenção é mostrar em diferentes dias para que seja observado a intensidade e as mudanças de direção.

Os alunos observam para onde o vento sopra e discutem como ele se relaciona com áreas de alta e baixa pressão que podem ser obtidas no site do INPE/ CEPTEC https://clima.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt.

Recursos complementares sugeridos

1 Livros Diversos:
https://cienciasdomarbrasil.furg.br/documentos/livros

2 Séries Temporais:
Mapbiomas https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/atmosphere

3 Monitoramento Meteorológico no Brasil
https://www.cptec.inpe.br/
https://clima.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt
https://portal.inmet.gov.br/
https://www.gov.br/ana/pt-br
https://www.gov.br/cemaden/pt-br

4 Eventos de Escala Global
https://www.climate.gov/enso
https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/soi

5 Material Extra – sobre Biomas e Recursos Terrestres e Aquáticos
https://brasil.mapbiomas.org/downloads/
https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/

6 Cartas sinóticas:
https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas

Referências bibliográficas sugeridas

ANDRADE, C.; BASCH, G. Hidrologia e Clima: Linhas Mestras de uma Inter-Relacao. 1. ed. Évora: Universidade de Évora, 2017. Disponível em: https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/7715/1/Livro%20Hidrologia_Clima.pdf. Acesso em: [1/11/2025].

BRASIL. Marinha do Brasil. Centro de Hidrografia da Marinha - Dados e Produtos. Disponível em: https://www.chm.mb/dados-do-mundo/acesso-dados-e-produtos. Acesso em: [1/11/2025].

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Normais Climatológicas. Disponível em: https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990/. Acesso em: [1/11/2025].

IANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia Básica e Aplicações. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

STEWART, R. H. Introduction to Physical Oceanography. College Station: Texas A&M University, 2008.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Versão Digital 2. Recife, PE: [s.n.], 2006.
YNOUE, R. Y., REBOITA, M. S., AMBRIZZI, T., & DA SILVA, G. A. M. Meteorologia: noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

CAPÍTULO 32 - Precipitação, Umidade do Ar e Evaporação.

Ariana Pereira Barboza da Silva[1]

[1] Doutoranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo

1.Introdução

A precipitação, a umidade do ar e a evaporação são processos centrais no ciclo hidrológico e na dinâmica atmosférica. Eles determinam a disponibilidade de água, influenciam o clima e regulam o balanço energético da atmosfera, impactando diretamente os ecossistemas e as atividades humanas, inclusive em diferentes regiões do Brasil.

1.1 Precipitação

A Precipitação refere-se a qualquer forma de água, líquida (chuva) ou sólida (neve, granizo), que se forma na atmosfera e cai em direção à superfície. O processo é uma consequência direta do movimento vertical do ar. Para que a precipitação ocorra, são necessárias duas condições observadas no Quadro 1.

Quadro 1. Fatores Essenciais para a Formação de Precipitação

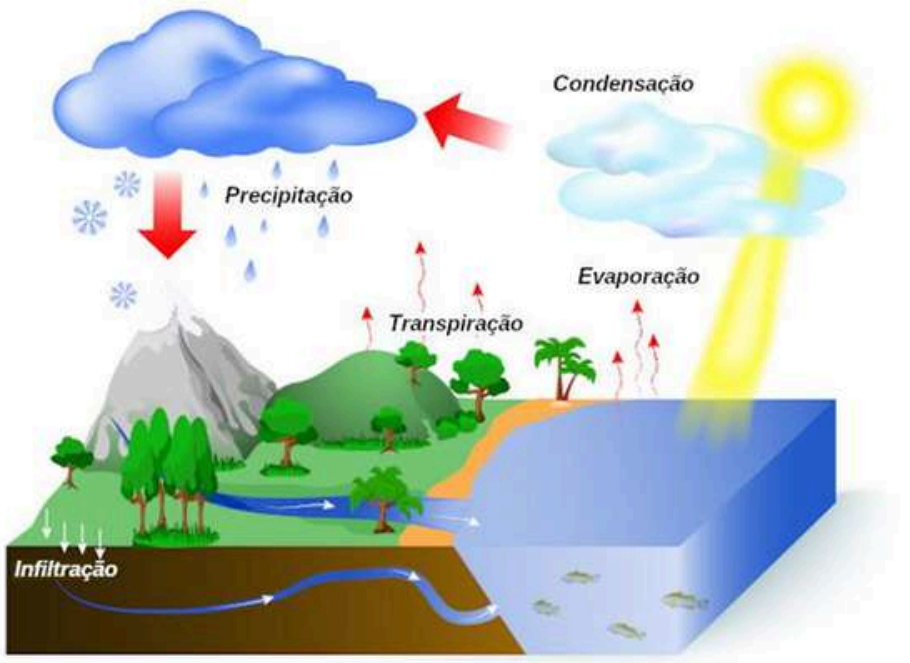
Fator	Descrição
Umidade	O ar precisa conter vapor d'água, que provém majoritariamente dos oceanos.
Resfriamento	O ar úmido precisa subir. Ao subir, ele se expande e esfria (processo adiabático). Quando atinge o ponto de orvalho, o vapor d'água se condensa em nuvens ou gelo. Quando as gotículas ficam pesadas, caem como precipitação.

Quando o ar quente e úmido sobe, ele passa por um processo de expansão adiabática, ou seja, ao ganhar altitude, a pressão atmosférica diminui e o ar se expande, perdendo temperatura sem trocar calor com o ambiente. Esse resfriamento faz com que o vapor d'água contido no ar alcance o ponto de orvalho, momento em que ocorre a condensação, formando nuvens.

A condensação libera calor latente, que mantém parte do ar aquecido, ajudando-o a continuar subindo, reforçando a convecção atmosférica. Se a quantidade de vapor for suficiente, a condensação se intensifica e resulta em precipitação, que pode ocorrer sob forma de chuva, neve ou granizo, dependendo da temperatura.

Esse processo é fundamental no ciclo da água (Figura 1), pois garante a transferência de água do oceano para a atmosfera e, posteriormente, de volta à superfície terrestre, alimentando rios, solos e ecossistemas.

Figura 1. Ciclo da água.



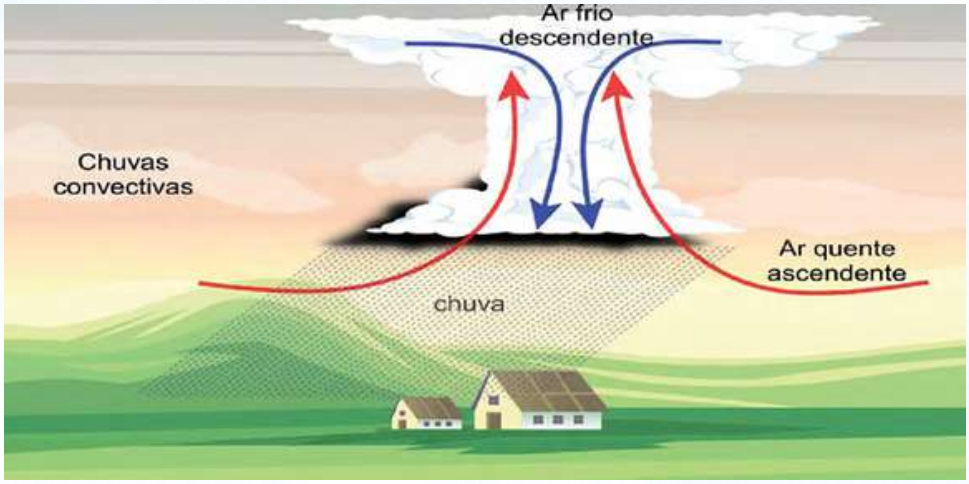
Fonte: https://escolakids.uol.com.br/ciencias/o-ciclo-da-agua.htm.

1.1.1 Classificação e Mecanismos

Os principais tipos de chuva são classificados com base no mecanismo físico que força o ar úmido a ascender, resfriar e atingir o ponto de saturação para condensação. Estes mecanismos definem as três categorias fundamentais: a **chuva convectiva**, a **chuva orográfica** e a **chuva frontal**.

A **chuva convectiva** (Figura 2) ocorre devido ao aquecimento intenso da superfície, que provoca a subida rápida (ascensão) de parcelas de ar quente e úmido. Esta ascensão abrupta leva à formação de nuvens cumulonimbus de grande desenvolvimento vertical e resulta em precipitação intensa, mas tipicamente de curta duração. Este tipo é predominante em regiões tropicais e durante o período do verão.

Figura 2. Precipitação Convectiva.



Fonte: Ilustração Gian francisco Schork. Fonte Varejão-Silva (2006).

A chuva orográfica (Figura 3) surge quando uma massa de ar úmido é forçada a elevar-se ao encontrar um obstáculo físico, como uma barreira montanhosa. O movimento ascendente causa o resfriamento adiabático, condensação e subsequente precipitação intensa no lado da montanha voltado para o vento (barlavento). No lado oposto da montanha (sotavento), o ar desce, comprime-se e aquece, resultando no chamado efeito de sombra de chuva, caracterizado por condições de ar mais seco e menor precipitação..

Figura 3. Precipitação orográfica.

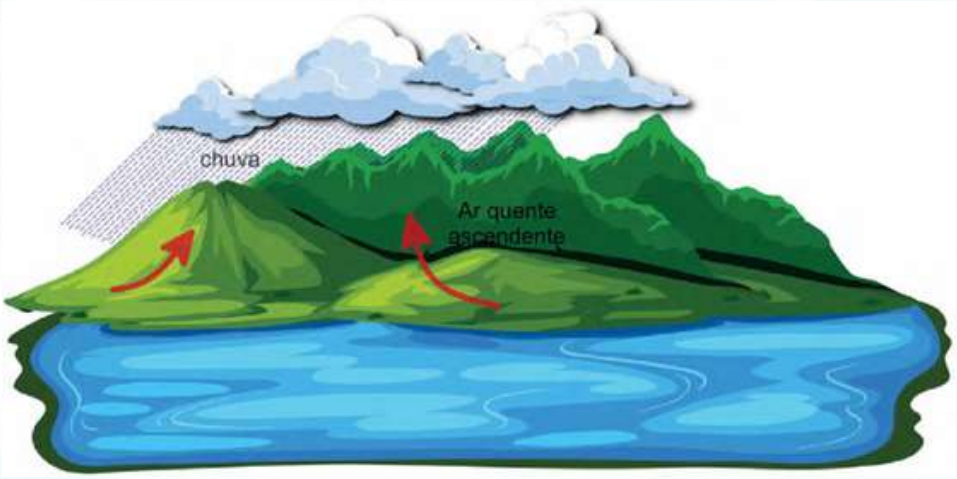


Ilustração Gian francisco Schork. Fonte Varejão-Silva (2006).

Por fim, a chuva frontal ou ciclônica (Figura 4) está associada à interação e ao encontro de massas de ar com características térmicas distintas (um quente e uma fria). Nesses sistemas, o ar quente, sendo menos denso, é forçado a subir sobre a massa de ar frio, mais densa. O resfriamento resultante provoca a condensação. Este tipo de precipitação tende a ser contínuo e pode apresentar longa duração (horas ou até dias), dependendo da velocidade e da extensão do sistema frontal.

Figura 4. Esquema de formação do sistema de precipitação frontal fria.

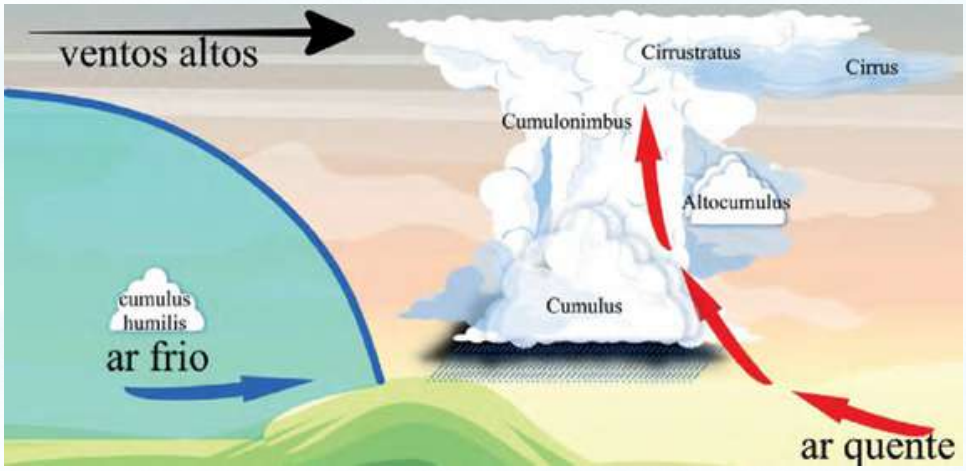


Ilustração Gian francisco Schork. Fonte Varejão-Silva (2006).

1.1.2 Precipitação na Terra e no Oceano

O processo de precipitação ocorre de maneira similar sobre a terra e o oceano, mas com algumas particularidades influenciadas pelas características de cada superfície.

1.1.2.1 Sobre a Terra

A precipitação geralmente está associada a sistemas meteorológicos como frentes, ciclones ou convecção local (formação de nuvens devido ao aquecimento da superfície). A presença de relevo montanhoso pode intensificar a precipitação (precipitação orográfica), forçando o ar úmido a subir, resfriar e condensar. A vegetação, em especial florestas, contribui para a umidade atmosférica através da evapotranspiração, realimentando o ciclo da água e, consequentemente, a possibilidade de precipitação. Eventos extremos como tempestades e chuvas torrenciais podem levar a inundações e deslizamentos de terra, alterando significativamente a paisagem e os ecossistemas terrestres.

1.1.2.2 Sobre o Oceano

A precipitação sobre o oceano é crucial para o balanço hídrico global e para a salinidade da água do mar. Grandes sistemas de tempestades oceânicas, como ciclones tropicais e sistemas frontais, são as principais fontes de precipitação. A evaporação da superfície do oceano fornece a maior parte do vapor d'água para a atmosfera, que, ao se condensar, retorna ao oceano ou é transportado para o continente. A água da chuva que cai sobre o oceano reduz localmente a salinidade da superfície, criando camadas d'água mais leves que podem influenciar a estratificação e a circulação oceânica. Além disso, a precipitação oceânica é um fator importante para a distribuição de calor latente na atmosfera, influenciando padrões climáticos de grande escala.

Os mecanismos que fazem o ar subir sobre os oceanos são variados, mas o mais importante em escala global é a convecção em zonas de baixa pressão, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que forma o cinturão de chuvas tropicais do planeta. A precipitação tem um impacto profundo e direto na física e química do oceano, primariamente alterando a salinidade. O oceano é salgado porque, ao longo de milhões de anos, a evaporação removeu água pura, concentrando os sais que ficaram. A precipitação é o único processo natural em larga escala que devolve água doce à superfície do oceano.

Na prática: O conceito-chave aqui é o Balanço E-P (Evaporação menos Precipitação).

Uma forma eficaz de visualizar esse balanço é imaginar o oceano como uma "caixa d'água" salgada. A Evaporação é como se alguém estivesse removendo água pura da caixa com um secador de cabelo (o que torna a água restante mais salgada). A Precipitação é como se alguém estivesse adicionando água doce de um regador (o que dilui o sal).

- Onde a Evaporação (E) é maior que a Precipitação (P), como nos centros de alta pressão subtropicais, a salinidade da superfície do mar **aumenta**.
- Onde a Precipitação (P) é maior que a Evaporação (E), como no Equador (sob a ZCIT) ou em altas latitudes, a salinidade da superfície do mar **diminui**.

Além da salinidade, a chuva pode criar uma estratificação temporária na superfície. A água da chuva, sendo doce, é menos densa que a água salgada. Ela pode formar uma

lente fina de água doce na superfície que impede a mistura com as águas mais profundas. Isso afeta a troca de calor e gases entre o oceano e a atmosfera.

Além da salinidade, a chuva pode criar uma estratificação temporária na superfície. A água da chuva, sendo doce, é menos densa que a água salgada. Ela pode formar uma lente fina de água doce na superfície que impede a mistura com as águas mais profundas. Isso afeta a troca de calor e gases entre o oceano e a atmosfera.

1.2 Umidade e Evaporação

Se a Radiação Solar é o motor do sistema, que impulsiona os ventos, a umidade e evaporação é a transmissão. Eles trabalham juntos para mover a energia e a água entre o oceano e a atmosfera. O Vento é a força mecânica; a Evaporação e a Umidade são o processo e o resultado do balanço hídrico e energético.

1.2.1 Evaporação e a Dinâmica da Umidade Atmosférica

A evaporação é o processo físico no qual a água em estado líquido ou sólido transforma-se em vapor, transferindo-se para a atmosfera. Esse processo é energeticamente custoso, consumindo aproximadamente 585 $cal.g^{-1}$ de calor latente para a água a 25°C. Esse resfriamento inerente à evaporação é um regulador térmico fundamental do clima.

A taxa de evaporação é significativamente maior sobre os oceanos do que sobre o continente. Essa disparidade explica por que localidades costeiras experimentam uma menor amplitude térmica anual (a diferença entre as temperaturas mais altas e mais baixas) em comparação com regiões continentais. Em escala global, essa influência moderadora é evidente ao compararmos os hemisférios Norte e Sul. O Hemisfério Norte (com 61% de superfície oceânica) apresenta amplitudes térmicas anuais muito mais acentuadas do que o Hemisfério Sul (com 81% de superfície oceânica), onde os oceanos dominantes impõem uma maior estabilidade térmica.

1.2.2 Umidade: Conceitos e Distribuição

A umidade refere-se à quantidade de vapor d'água presente na atmosfera. Para quantificá-la, utilizam-se principalmente duas medidas: Umidade Relativa: RH = (vapor d'água atual / vapor d'água máximo possível) × 100% e a Umidade Específica: q = massa de vapor d'água / massa de ar seco (Quadro 2).

A distribuição global da umidade não é uniforme, seguindo de perto o gradiente de temperatura da Terra. Os valores são máximos nas regiões equatoriais, devido à intensa evaporação e altas temperaturas, e mínimos nas regiões polares, onde o frio extremo limita severamente a capacidade do ar de reter vapor d'água.

O oceano é a fonte de cerca de 80% de toda a umidade da atmosfera. O processo de evaporação é, de longe, o principal mecanismo de resfriamento do oceano. A energia (calor) que o oceano absorveu do sol é usada para transformar a água em vapor. Esse vapor carrega a energia consigo para a atmosfera. Por isso, a evaporação é chamada de Fluxo de Calor Latente e, nesse contexto o vento reassume seu papel fundamental. O vento age como um exaustor: ele sopra o ar úmido para longe da superfície, substituindo-o

por ar mais seco, permitindo que o processo de evaporação continue. Se o ar ficar parado sobre a água, ele rapidamente se satura de umidade e a evaporação para (exemplo: como em um banheiro fechado).

Figura 4. Esquema de formação do sistema de precipitação frontal fria.

Parâmetro	Unidade	Definição / Característica	Observações
Umidade Relativa (Relative Humidity - UR)	% (percentagem)	Razão entre a quantidade de vapor d'água presente no ar e a máxima que ele poderia reter na mesma temperatura.	Medida mais comum; obtida por higrógrafos e psicrômetros; depende da temperatura do ar.
Umidade Específica (q)	$g.kg^{-1}$	Massa de vapor d'água contida em uma massa de ar.	Não depende diretamente da temperatura; útil para caracterizar grandes massas de ar; indica potencial de precipitação. Exemplos: polar ~0,2 $g.kg^{-1}$; equatorial ~18 $g.kg^{-1}$.

Ilustração Gian francisco Schork. Fonte Varejão-Silva (2006).

depois enviou para o ar através da evaporação. Esse processo completa o ciclo de energia que conecta de forma direta o oceano e a atmosfera.

Na prática:

O vento desempenha um papel duplo e fundamental na interface oceano-atmosfera. Seu primeiro efeito, mais visível, é o físico, ao empurrar a superfície da água, gerando ondas e impulsionando correntes superficiais. No entanto, seu segundo efeito, menos óbvio, mas igualmente crucial, é o hidrológico-térmico: o vento seca a superfície do mar ao acelerar drasticamente o processo de evaporação.

Para compreender este último conceito, uma analogia eficaz é pensar no Fluxo de Calor Latente como o suor do planeta. Assim como nosso corpo produz suor para se resfriar durante a prática de exercícios, cuja evaporação do suor retira calor da pele, o oceano, ao absorver o calor solar, "transpira" através da evaporação. O vento, neste contexto, atua como a brisa refrescante em um dia abafado: em condições de calmaria, a evaporação é lenta e o calor se acumula, mas com a presença do vento, a evaporação é acelerada, promovendo um resfriamento eficiente da superfície oceânica.

Em geral, este mecanismo tem uma consequência direta e vital para a química do oceano: o balanço entre a **Evaporação** (que remove água doce, concentrando os sais) e a **Precipitação** (que adiciona água doce, diluindo os sais) é o principal controlador da salinidade superficial do mar. Dessa forma, o Vento, ao modular a evaporação, torna-se um regulador indireto da própria composição da água do mar.

Em síntese, os processos meteorológicos fundamentais aqui descritos, desde a radiação solar inicial, passando pelas trocas de calor sensível e latente, até a geração de ventos e a precipitação, constituem um sistema dinâmico e profundamente interligado. É nesta interface oceano-atmosfera que se define não apenas o clima à escala regional, mas também se opera o armazenamento e a redistribuição global de calor, solidificando o papel do oceano como o grande regulador térmico do planeta.

Conclusão

A interação entre precipitação, umidade do ar e evaporação define os padrões de chuva, seca e umidade em diferentes regiões. As chuvas abastecem rios, solos e reservatórios, enquanto a evaporação devolve água à atmosfera, mantendo o ciclo contínuo. A umidade do ar influencia diretamente a formação de nuvens e tempestades, determinando a intensidade e distribuição da precipitação. Compreender esses processos é fundamental para prever eventos climáticos, planejar atividades agrícolas e proteger ecossistemas, especialmente considerando a diversidade climática do Brasil.

Saiba Mais

O aquecimento global está acelerando o ciclo da água, aumentando a evaporação e a transpiração das plantas. Com mais calor, a atmosfera consegue armazenar mais vapor d'água, o que pode provocar chuvas mais intensas em algumas regiões e secas prolongadas em outras. Mudanças na vegetação, como desmatamento, também afetam esse ciclo, tornando seu impacto sobre rios, solo, agricultura e clima cada vez mais importante. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/aquecimento-global-acelera-ciclo-da-agua-e-aumenta-evapotranspiracao/

Atividade Sugerida

Miniciclo da água na garrafa:

Habilidades BNCC:

- (EF02CI05); (EF04CI03); (EF05CI02); (EF05CI04); (EF03GE09); (EF05GE10); (EF06GE04);

O professor distribui garrafas transparentes com um pouco de água e tampa com filme plástico. Coloque as garrafas no sol ou próximo a uma janela. Observe como a água evapora, forma gotículas no plástico (condensação) e escorre de volta para o fundo da garrafa (precipitação em miniatura).

Recursos complementares sugeridos

Livros e obras impressas:

1. MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil. Oficina de Textos, 2007.
2. CAVALCANTI, Iracema F. A. et al. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos, 2009.

Materiais online e vídeos:

1)Plataforma: PhET Colorado/ Simulações. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=earth-and-space&type=html

2)Os elementos e fatores climáticos – vídeo. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Lim5ksImlWY

3)AULA GEOCOSTEIRA/ UFF:
https://www.youtube.com/watch?v=Q0FcKoHkUFo

4)Tipos de Chuva:
https://www.youtube.com/watch?v=PC4BgslEZZU
https://www.youtube.com/watch?v=vEwYYq_H7ho

Referências bibliográficas sugeridas

HOUGHTON, D. Weather at Sea. 3ª ed. Wokingham: Adlard Coles Nautical, 2002.

STEWART, R. H. Introduction to Physical Oceanography. College Station: Texas A&M University, 2008.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Versão Digital 2. Recife, PE: [s.n.], 2006.

UOL. O ciclo da água. Escola Kids, (2025). Disponível em: https://escolakids.uol.com.br/ciencias/o-cicho-da-agua.htm. Acesso em: [25/10/2025].

YNOUE, R. Y., REBOITA, M. S., AMBRIZZI, T., & DA SILVA, G. A. M. Meteorologia: noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia Básica e Aplicações. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

CAPÍTULO 33 - FORÇAS GERADORAS DA CIRCULAÇÃO OCEÂNICA

Ariana Pereira Barboza da Silva[1]

[1] Doutoranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo

A circulação oceânica é o resultado de um sistema complexo de forças que atuam de maneira singular ou combinada para deslocar as massas d'água. Esse movimento, que ocorre desde a superfície até as profundezas abissais, é fundamental para a redistribuição de calor, nutrientes e salinidade pelos oceanos do planeta, influenciando o clima global e os ecossistemas marinhos. Este sistema funciona como um gigantesco mecanismo de redistribuição de calor, umidade e nutrientes ao redor do globo, sendo um componente crítico do sistema climático terrestre.

No entanto, esse fluxo contínuo não é livre. Ele encontra obstáculos fundamentais: a própria geografia dos continentes e as diferenças de temperatura e densidade das águas. É a superação desses obstáculos que define os caminhos das correntes. Ao se deparar com os continentes, o movimento das águas é desviado, forçando-o a contornar as estruturas continentais e gerando os grandes movimentos horizontais, como os giros oceânicos e as correntes de deriva. Paralelamente, os gradientes de temperatura e salinidade criam zonas de convergência e divergência, que, juntamente com a ação dos ventos, induzem movimentos verticais de mistura, como a ressurgência (afloramento) e o afundamento de águas densas.

Este sistema é determinado pela interação de forças físicas fundamentais, sintetizadas em três fatores primordiais: o aquecimento solar desigual, a rotação da Terra e a atuação dos ventos. Dessa interação entre as forças motrizes e as barreiras físicas e térmicas, surgem os grandes giros oceânicos e toda a dinâmica que conecta o oceano aberto às regiões costeiras. Basicamente, o movimento do oceano se divide em dois grandes sistemas. As Forças Mecânicas, que geram a Circulação de Superfície, movimentam a água horizontalmente e são impulsionadas principalmente pelo vento, pela rotação da Terra e pela gravidade, dominando as camadas superiores do oceano. Por outro lado, as Forças de Densidade, que dão origem à Circulação Termohalina, movimentam a água verticalmente e em grandes profundidades, devido a variações de temperatura e salinidade, predominando assim nas camadas mais profundas abaixo de mil metros. Esta interação entre a circulação superficial e a profunda é que forma o sistema integrado de transporte global de calor e matéria que caracteriza a circulação oceânica.

1.1 Força de Rotação da Terra e Atuação do Sol

A rotação do planeta sobre seu eixo impõe uma força inercial, conhecida como Efeito Coriolis, que desvia a trajetória de qualquer corpo em movimento em relação à superfície terrestre. Esse desvio é para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul. Nos oceanos, o Efeito Coriolis não é meramente um fator de correção, mas um organizador fundamental da circulação em larga escala.

Uma consequência de uma Terra sem o processo de rotação seria que as correntes oceânicas seguiriam caminhos muito mais simples, fluindo diretamente das áreas de alta para baixa pressão. Com a rotação, no entanto, o Efeito Coriolis força as massas d'água a se organizarem em grandes sistemas rotativos, os giros oceânicos (como o Giro do Atlântico Norte), e é responsável pela intensificação das correntes em seus limites oeste, um fenômeno conhecido como Intensificação Ocidental. Dessa forma, a rotação da Terra rege o movimento horizontal global das águas.

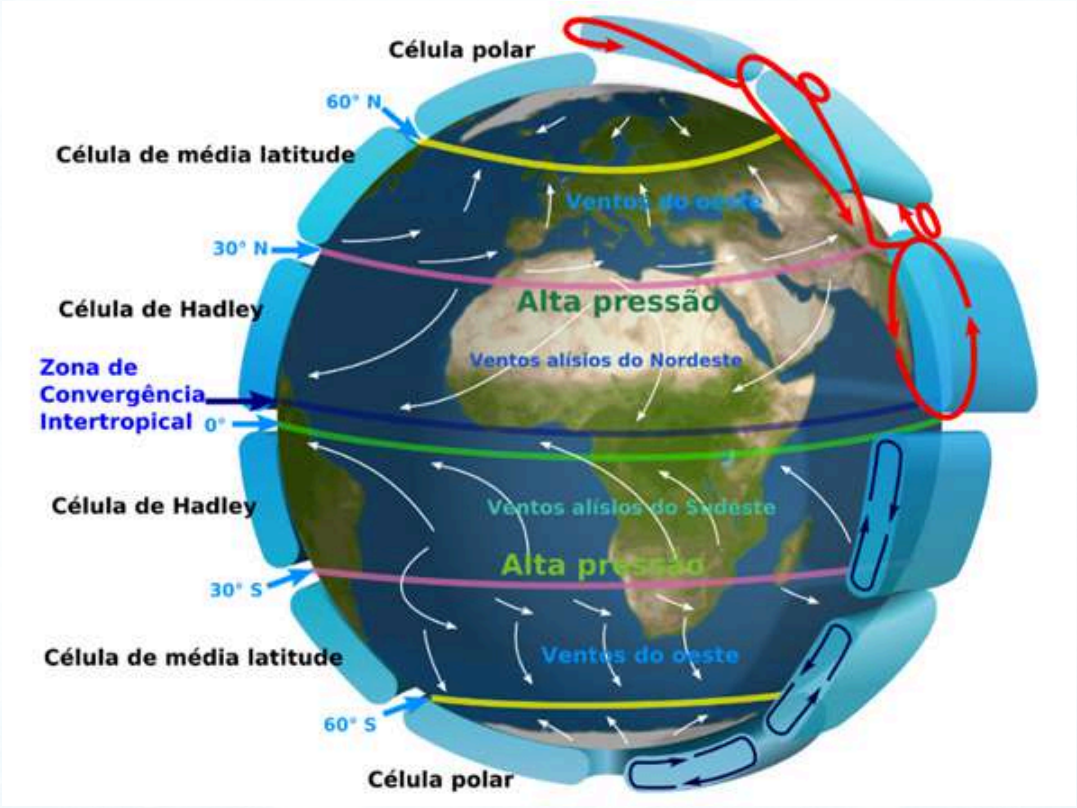
A intensidade do efeito da força de Coriolis é nula no Equador e aumenta em direção aos Polos. Sua intensidade também depende da velocidade do objeto em movimento. Esse desvio é o fator crucial que impede a formação da simples célula única de ventos. Em vez de fluírem em linhas retas norte-sul, as massas de ar são defletidas (sofrem desvios), quebrando a circulação em células menores e criando os padrões de vento zonais (leste-oeste) que observamos.

A combinação do aquecimento desigual e do Efeito Coriolis resulta no padrão de três células de circulação em cada hemisfério, conforme ilustrado na figura 1:

1. **Célula de Hadley** (0° - 30°): O ar sobe no Equador (ZCIT) e flui em altitude para os trópicos. Lá, ele desce, criando zonas de alta pressão (como o Anticiclone do Atlântico Sul). Ao retornar para a superfície em direção ao Equador, o Efeito Coriolis o desvia, gerando os Ventos Alísios (do Nordeste no HN e do Sudeste no HS).
2. **Célula de Ferrel** (30° - 60°): Esta é uma célula de circulação induzida. Na superfície, o ar flui dos trópicos (alta pressão) em direção às latitudes médias (baixa pressão). O Efeito Coriolis desvia esse fluxo, criando os poderosos Ventos de Oeste, que sopram de oeste para leste em ambos os hemisférios.
3. **Célula Polar** (60° - 90°): O ar frio dos polos (alta pressão) flui em direção a latitudes menores e é desviado pelo Coriolis, formando os Ventos Polares de Leste.

Deste modo, o Efeito Coriolis, portanto, não é apenas uma curiosidade física. É a força organizadora que, a partir do impulso térmico do Sol, estrutura a atmosfera em células, define os cinturões de pressão e, mais importante para a oceanografia, gera os sistemas de vento estáveis e previsíveis que são o principal motor das correntes oceânicas superficiais.

Figura 1. Efeito de Coriolis deslocando o movimento atmosférico para direito no Hemisfério Norte e para esquerda no Hemisfério Sul.



Fonte: Moura (2019).

Do ponto de vista físico, a maré é essencialmente uma onda de longo período que se propaga pelos oceanos, gerada pelas forças gravitacionais da Lua e do Sol. Embora o fenômeno seja desencadeado por essas forças, sua expressão prática na dinâmica oceânica se dá por meio das correntes de maré. Estas correntes horizontais, resultantes do movimento oscilatório dessa onda ao encontrar continentes e variações batimétricas, são um componente fundamental da circulação, especialmente nas regiões costeiras e plataformas continentais.

O ciclo de aproximadamente 12 horas e 25 minutos resulta em um movimento de onda que, ao ser refletida e canalizada pela topografia, pode gerar correntes com velocidades significativas. A energia desta onda de maré não se limita à superfície; em algumas regiões, sua influência pode ser sentida até o fundo oceânico, contribuindo para a mistura vertical da coluna d'água. Este processo é crucial, pois auxilia no transporte de nutrientes das camadas profundas para a superfície, influenciando a produtividade biológica.

A intensidade dessas correntes e a mistura que provocam variam de acordo com o ciclo das marés de sizígia e quadratura. Durante as sizígias, o alinhamento do Sol e da Lua potencializa a força geradora, resultando em uma onda de maior amplitude e, consequentemente, em correntes de maré mais vigorosas e uma mistura vertical mais intensa. Já nas quadraturas, a interferência parcial do Sol leva a amplitudes menores e a uma energia cinética reduzida no sistema.

Dessa forma, as marés, enquanto ondas forçadas, atuam como um motor de alta frequência que interage e modula a circulação forçada pelo vento e pela densidade. Elas são uma fonte essencial de energia para a mistura oceânica e um agente modelador da circulação costeira, integrando-se aos demais mecanismos para compor o quadro complexo da dinâmica dos oceanos.

1.3 A absorção de calor

O Sol é a fonte primária de energia para o sistema Terra, mas seu aquecimento é distribuído de forma heterogênea. A incidência solar é máxima no equador e mínima nos polos, criando um forte gradiente latitudinal de temperatura. Este desequilíbrio térmico é o motor termodinâmico por trás da circulação, atuando de duas formas principais:

- **Circulação Vertical** (Termohalina): O aquecimento diferencial cria diferenças de densidade na água do mar. A densidade é uma função da temperatura (Termo) e da salinidade (Halina). Águas frias e salinas, como as formadas no Atlântico Norte próximo à Groenlândia e no Oceano Antártico, são extremamente densas e afundam, iniciando a Circulação Termohalina. Este processo lento, mas massivo, movimenta enormes volumes de água verticalmente e através das bacias oceânicas profundas, constituindo a "esteira transportadora" global.
- **Geração de Ventos**: As diferenças de temperatura da superfície criam diferenças de pressão atmosférica. O ar quente e menos denso sobe nos trópicos, enquanto o ar frio e mais denso desce nos polos. Este movimento, também afetado pelo Efeito Coriolis, gera os grandes cinturões de vento do planeta, como os ventos alísios e os ventos de oeste. Os ventos, por sua vez, são o agente direto que transfere energia (momento) para a superfície do oceano.

1.4 Atuação dos Ventos

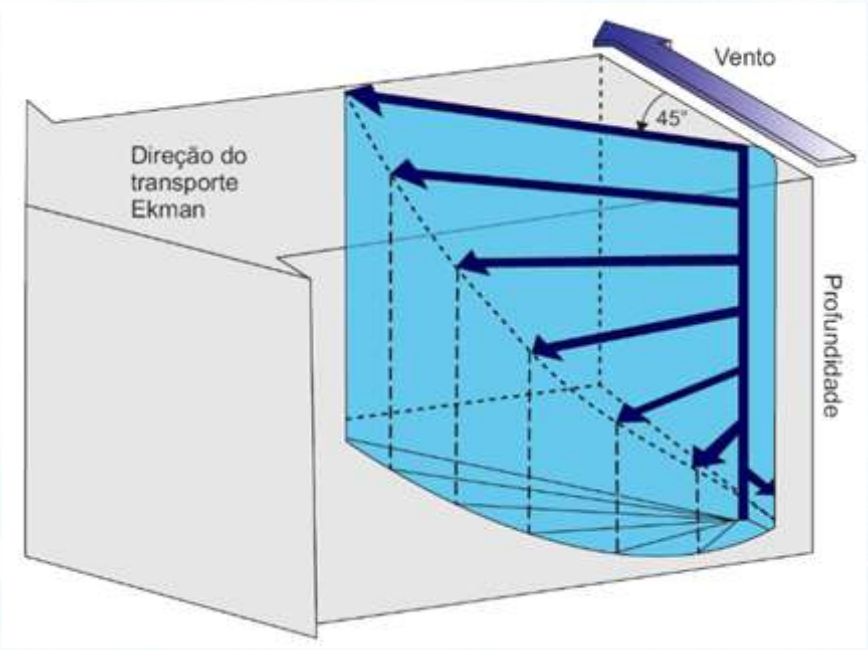
Os ventos, gerados pelo aquecimento desigual e direcionados pela rotação da Terra, são o motor direto da circulação superficial. O mecanismo começa com a tensão de cisalhamento (ou arrasto) do vento sobre a superfície do mar. As colisões das moléculas de ar com as moléculas de água transferem momento para o oceano, colocando a camada superficial em movimento. Esta camada, por sua vez, exerce arrasto sobre a camada inferior, e o movimento se transfere sucessivamente para baixo na coluna de água, enfraquecendo com a profundidade.

1.4.1 A Espiral e o Transporte de Ekman

O movimento descendente da energia do vento não é simples. A deflexão de Coriolis age em cada camada, fazendo com que a direção da corrente mude com a profundidade. No Hemisfério Sul (HS), a camada superficial se move à esquerda da direção do vento; a camada abaixo deflete ainda mais para a esquerda, e assim sucessivamente, criando o padrão tridimensional conhecido como Espiral de Ekman (Figura 2). Esta camada influenciada diretamente pelo vento é a Camada de Ekman, que pode se estender além de 100 m de profundidade.

O resultado integrado de toda essa espiral é o Transporte de Ekman, que é perpendicular à direção do vento: a 90° para a esquerda no HS e para a direita no Hemisfério Norte (HN). Este transporte é um conceito fundamental, pois é ele que conecta a força do vento aos movimentos de larga escala do oceano.

Figura 2. Espiral de Ekman: No Hemisfério Sul, a corrente superficial é defletida 45° para a esquerda do vento pela força de Coriolis. Camadas mais profundas sofrem deflexão adicional para a esquerda, gerando o padrão de espiral



Fonte: TRUJILLO e THURMAN, 2005.

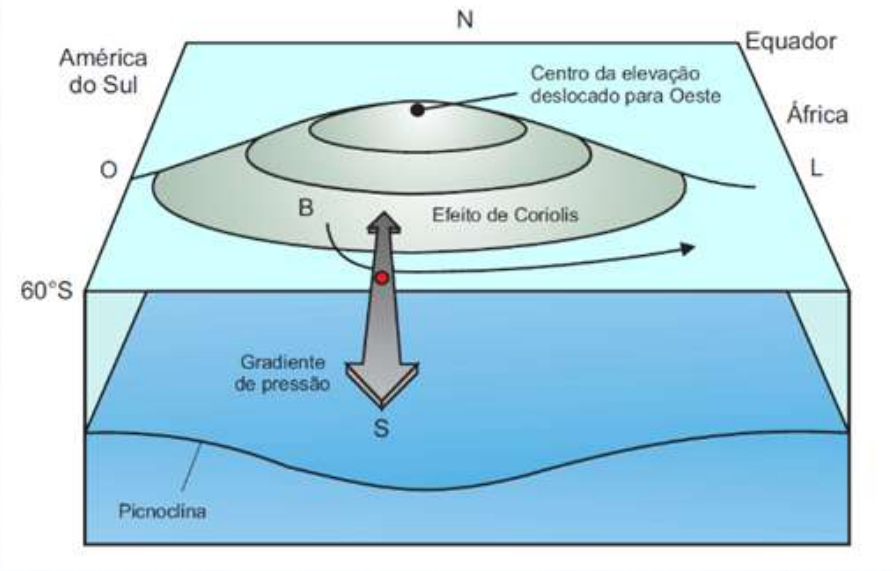
1.4.2 Convergência às Correntes Geostróficas

Para entender a circulação de larga escala, considere o exemplo da região subtropical do Atlântico Sul. Os ventos alísios (de sudeste) causam um Transporte de Ekman para o norte (afastando a água da costa), enquanto os ventos de oeste causam um transporte para o sul. Essa configuração oposta cria uma convergência de águas no centro da bacia, resultando em um "empilhamento" ou elevação do nível do mar no centro do giro.

Este empilhamento cria um gradiente de pressão horizontal: a pressão é mais alta no centro (onde a água está mais "empilhada") e mais baixa nas bordas. A água, então, tenta fluir "ladeira abaixo", do centro em direção às bordas. No entanto, ao iniciar esse movimento, a força de Coriolis imediatamente a desvia (para a esquerda no HS). O resultado é um equilíbrio dinâmico onde a força do gradiente de pressão é contrabalançada exatamente pela força de Coriolis.

As correntes oceânicas que resultam deste equilíbrio são chamadas de correntes geostróficas (Figura 3). Elas fluem paralelas às isóbaras (linhas de pressão constante), e não de cima para baixo. No exemplo do Atlântico Sul, este balanço geostrófico gera a Corrente do Brasil (fluindo para o sul ao longo da costa) e a corrente de retorno no centro do giro, fechando a circulação. Dessa forma, a energia dos ventos, mediada pela rotação terrestre e pelo balanço de pressão, organiza-se nos grandes giros e correntes oceânicas que observamos.

Figura 3. Correntes geostróficas: No Atlântico Sul, os ventos alísios e de oeste geram transporte de Ekman, empilhando água no centro do oceano. O gradiente de pressão resultante, associado à deflexão de Coriolis, produz o giro subtropical anticiclônico (circulação anti-horária no HS). Padrão similar ocorre em outros oceanos (horário no HN).



Fonte: GARRISON, 2008.

Conclusão

As forças que movimentam o oceano são essenciais para manter o fluxo de energia e matéria ao redor do globo. Ventos, diferenças de densidade, marés e a rotação da Terra trabalham em conjunto, formando um sistema complexo que distribui calor, nutrientes e influencia diretamente o clima.

O Transporte de Ekman emerge como o elo crucial entre esses dois sistemas, convertendo o movimento horizontal do vento em afloramentos e subsidências verticais que enriquecem os ecossistemas costeiros com nutrientes.

Conhecer essas forças ajuda a entender como o oceano responde às mudanças ambientais e como alterações em uma delas podem afetar todo o sistema oceano-atmosfera.

Saiba Mais

A mesma força que define para que lado a água gira na descarga do banheiro também controla as correntes oceânicas! É o **Efeito Coriolis**, causado pela rotação da Terra. No Hemisfério Sul (como no Brasil), a água e os ventos são desviados para a esquerda, criando os grandes giros oceânicos no sentido **anti-horário**. Já no Hemisfério Norte, tudo gira para a direita, no sentido horário. Você pode testar no seu banheiro!

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.

Explique de que forma a circulação oceânica superficial e a profunda trabalham juntas para controlar o clima e a vida nos oceanos? Faça uma discussão com os alunos.

Resposta:
A circulação oceânica funciona como um sistema integrado. Na superfície, as correntes, organizadas pelo equilíbrio geostrófico entre a pressão e a rotação da Terra, redistribuem o calor. Correntes como a Corrente do Brasil, embora impulsionadas inicialmente pelos ventos, são sustentadas por esse balanço de forças, transportando calor dos trópicos para as regiões polares e amenizando o clima global. Paralelamente, nas profundezas, a Circulação Termohalina movimenta as águas: massas frias e densas afundam nos polos e se espalham pelos oceanos, levando oxigênio para as profundezas. Para fechar o ciclo, essas águas profundas ressurgem em outras regiões, trazendo nutrientes essenciais para a superfície, onde a luz solar permite a produtividade primária que sustenta a vida marinha.

Recursos complementares sugeridos

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS OCEÂNICAS – INPO
https://inpo.org.br/

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO - USP
https://www.io.usp.br/

PORTAL BRASILEIRO - DADOS DE CORRENTES SISTEMA DE MONITORAMENTO DA COSTA BRASILEIRA - SIMMACOSTA
https://simacosta.furg.br/

OBSERVAÇÃO DO VENTO E CORRENTES DE SUPERFÍCIE EM TEMPO REAL
https://earth.nullschool.net/pt/#current/wind/surface/level/orthographic
https://www.windy.com/

PREVISÃO
http://ondas.cptec.inpe.br/

EXPLORAÇÃO DE RESULTADOS E ESTUDOS
https://marine.copernicus.eu/pt/explore-ocean-myocean-viewer

CIRCULAÇÃO OCEÂNICA - ANTROPOCENO E AS REGIÕES POLARES
https://www.youtube.com/watch?v=2vZ0GnkbXWc

CIRCULAÇÃO OCEÂNICA - ANTROPOCENO E AS REGIÕES POLARES
https://www.youtube.com/watch?v=2vZ0GnkbXWc

CIRCULAÇÃO OCEÂNICA
https://www.youtube.com/watch?v=Q45djdnYejk

CURIOSIDADES: CIRCULAÇÃO TERMOHALINA
https://www.youtube.com/watch?v=IsMOweCRw50

CIRCULAÇÃO TERMOHALINA (REVIRAVOLTA MERIDIONAL)
https://www.youtube.com/watch?v=r_oSn3hLp9w

EFEITO DE CORIOLIS
https://www.youtube.com/watch?v=ExUPtYcE9dM

Referências bibliográficas sugeridas

CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (Orgs.). Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil. Recife: Editora UFPE, 2005.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. de; LIMA, I. D. Circulação e transporte de volume na plataforma continental e região oceânica ao largo da costa sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 2003, Itajaí. Anais... Itajaí: [s.n.], 2003.

FERMISA, J. L. Manual de Engenharia Naval e Oceânica. Rio de Janeiro: Fermisa, 1999.

GARRISON, T. Fundamentos de Oceanografia. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

GILL, A. E. Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 1982.

HOLTON, J. R.; HAKIM, G. J. An Introduction to Dynamic Meteorology. 5. ed. Amsterdam: Academic Press, 2013.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MOURA. D. A circulação geral da atmosfera terrestre 2019. Disponível em: https://www.tempo.com/noticias/ciencia/circulacao-geral-da-atmosfera-terrestre.html

MESQUITA, A. R.; HARARI, J. Climatologia Dinâmica do Estuário e Baía de Santos. São Paulo: EDUSP, 2003.

RAHMSTORF, S. Thermohaline ocean circulation. In: ELIAS, S. A. (Ed.). Encyclopedia of Quaternary Sciences. Amsterdam: Elsevier, 2006.
STOMMEL, H. The westward intensification of wind-driven ocean currents. Transactions, American Geophysical Union, v. 29, p. 202–206, 1948.
TALLEY, L. D. et al. Descriptive Physical Oceanography: An Introduction. 6. ed. Boston: Elsevier, 2011.
TOMCZAK, M. Oceanografia por Satélite: uma introdução. São Paulo: EDUSP, 1998.
TRUJILLO, A. P.; THURMAN, H. V. Introdução à Oceanografia. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2022.
VALLIS, G. K. Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-Scale Circulation. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

CAPÍTULO 34 - DINÂMICA DA CIRCULAÇÃO OCEÂNICA

Ariana Pereira Barboza da Silva[1]

[1] Doutoranda em Oceanografia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo

1. Introdução

A dinâmica da circulação oceânica descreve como as correntes se movem e interagem ao longo do tempo. Esse movimento não é simples: correntes de superfície, correntes profundas, redemoinhos e áreas de mistura formam um sistema em constante mudança. Observar essa dinâmica permite entender como o oceano transporta calor e nutrientes e como ele reage às condições externas, como mudanças climáticas e variações sazonais.

1.1 Circulação em Superfície (Movimentos Horizontais)

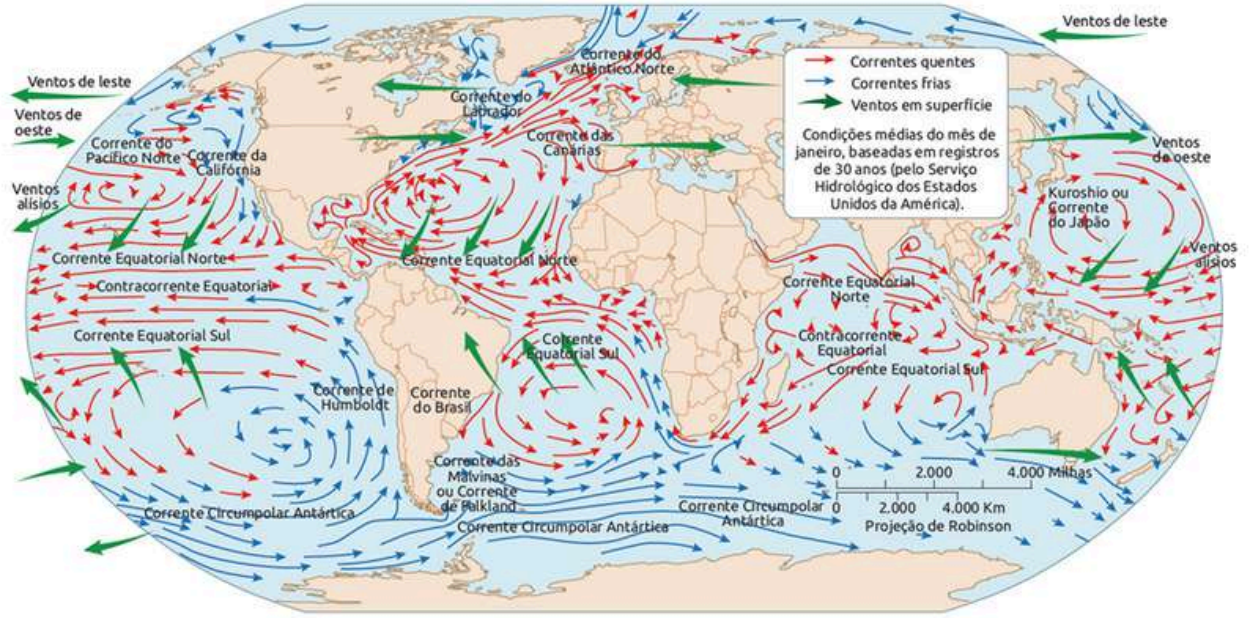
A circulação oceânica superficial, que domina os primeiros 1000 metros da coluna d'água, é o resultado final da energia transferida pelos ventos e organizada pela rotação da Terra. Os mecanismos fundamentais descritos no capítulo 33 – o **Transporte de Ekman**, que converge as águas para o interior dos giros, e o consequente **equilíbrio geostrófico**, que estabiliza seu fluxo ao redor desses mesmos giros – são os responsáveis por gerar e manter este sistema global de correntes horizontais. Este sistema atua como um gigantesco transportador de calor, umidade e nutrientes, desempenhando um papel crucial na regulação do clima planetário.

Conforme ilustrado nas Figuras 1 e 2, os padrões de circulação superficial apresentam uma organização zonal bem definida, caracterizada por grandes sistemas de circulação rotativa. Os giros subtropicais destacam-se como as feições mais proeminentes, constituindo circulações anticiclônicas (horárias no Hemisfério Norte e anti-horárias no Hemisfério Sul) que dominam as bacias oceânicas. Estes giros são delimitados por poderosas correntes de contorno oeste, como a Corrente do Golfo no Atlântico Norte e a Corrente do Brasil no Atlântico Sul, que concentram grande parte do transporte de energia desses sistemas.

Nas regiões equatoriais, desenvolvem-se as correntes zonais equatoriais, notavelmente as Correntes Norte e Sul Equatorial, que fluem predominantemente de leste para oeste, impulsionadas pelos ventos alísios. Entre elas, a Corrente Equatorial Contra corrente flui no sentido oposto, fechando o circuito equatorial.

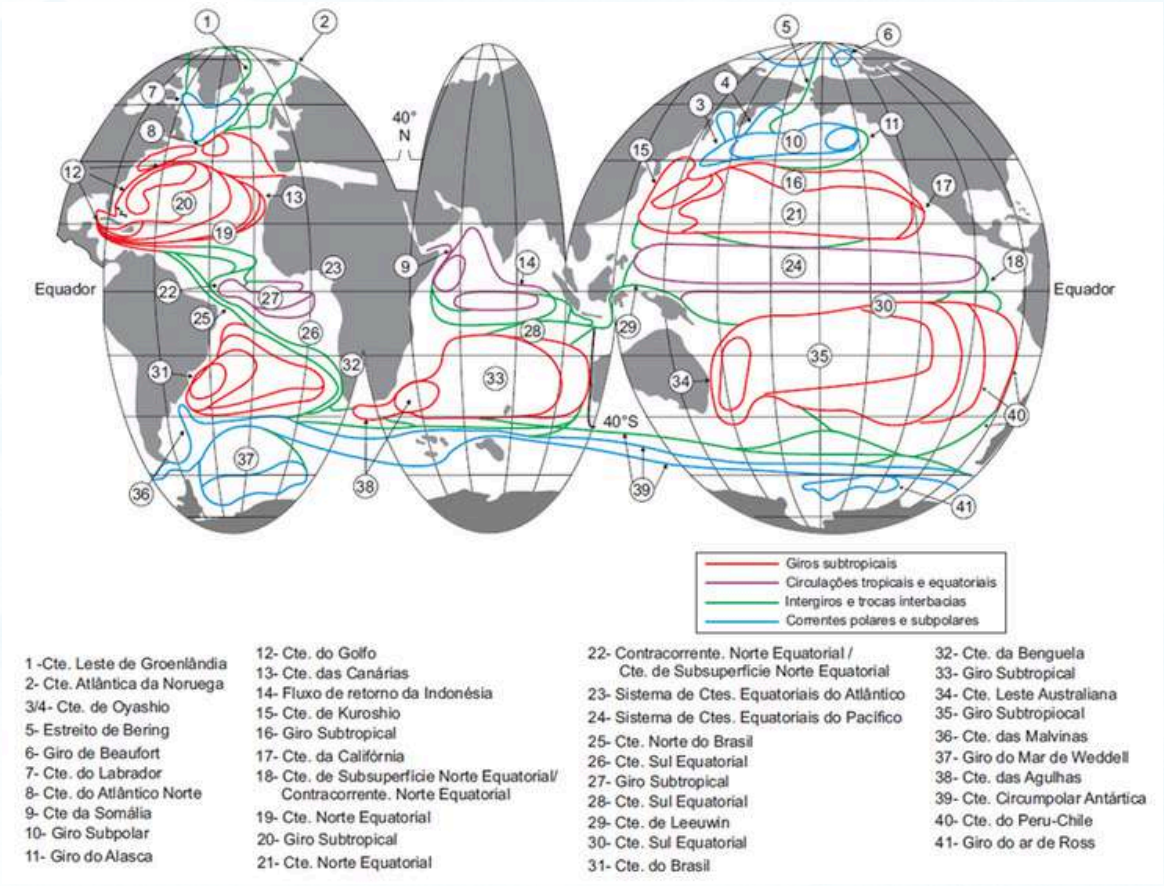
Nos hemisférios polares, observa-se uma assimetria significativa. Enquanto no Hemisfério Norte se formam giros polares com circulação ciclônica, no Hemisfério Sul a presença do continente Antártico impede a formação de um sistema equivalente. Em seu lugar, desenvolve-se a Corrente Circumpolar Antártica, um colossal fluxo contínuo que circunda o continente gelado, conectando as bacias oceânicas e constituindo a única corrente que efetivamente realiza o intercâmbio global de massas d'água entre todos os oceanos.

Figura 1. Principais correntes oceânicas e suas regiões de atuação.



Fonte: Noções Básicas de Meteorologia, adaptado Gordon (2011).

Figura 2. Circulação oceânica superficial (0–1.000 m) induzida pelo vento, destacando: (1) giros subtropicais anticiclônicos; (2) Corrente Circumpolar Antártica, fluindo para oeste ao redor da Antártica, exclusiva do HS; (3) giros polares ciclônicos, presentes apenas no HN; e (4) correntes equatoriais zonais, que se deslocam ao longo de linhas de latitude próximas ao Equador.



Fonte: TALLEY *et al.*, 2011.

Este complexo sistema de correntes superficiais não representa meramente um deslocamento passivo de águas, mas sim um componente ativo no sistema climático global, redistribuindo calor dos trópicos para as regiões temperadas e influenciando padrões de precipitação e temperatura em escala continental. No entanto, a dinâmica oceânica não se restringe à superfície. Enquanto os ventos governam os movimentos horizontais, é nas profundezas que uma força igualmente crucial, porém muito mais lenta, entra em ação: a Circulação Termohalina, o grande motor dos movimentos verticais que conecta todas as bacias oceânicas.

1.2 Circulação Termohalina (Movimentos Verticais)

Enquanto os ventos dominam a circulação horizontal superficial, os movimentos verticais em escala global são regidos pela Circulação Termohalina, um sistema impulsionado por diferenças de densidade da água do mar, controladas principalmente por temperatura (termo) e salinidade (halina). Esta circulação profunda, frequentemente descrita como uma "esteira transportadora oceânica" global, conecta todas as bacias oceânicas e desempenha um papel fundamental no clima da Terra ao armazenar e redistribuir calor e gases dissolvidos, como o dióxido de carbono.

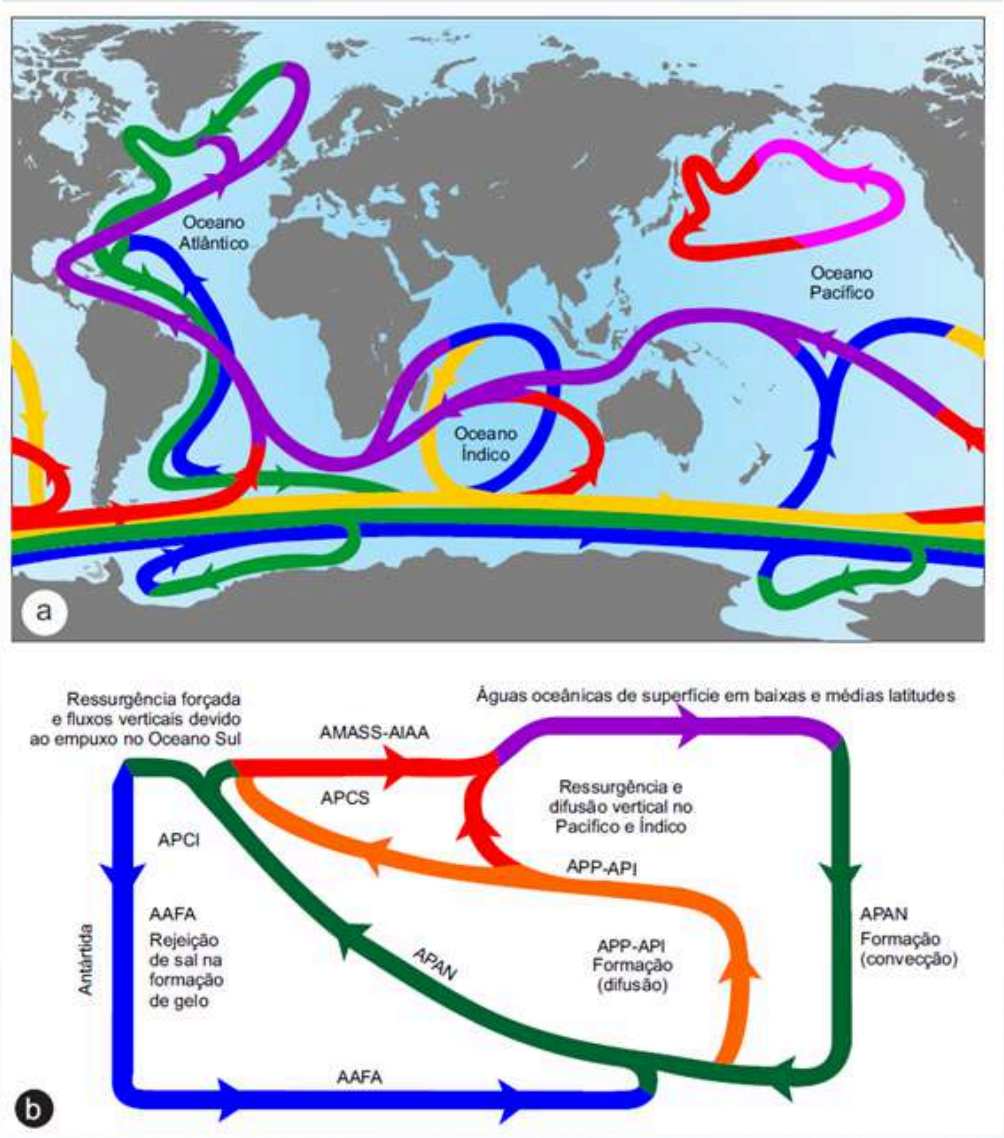
O Quadro 1 resume as fases essenciais deste ciclo, cujo processo tem início em regiões polares específicas, onde o intenso resfriamento atmosférico e a formação de gelo marinho (que expele sal) produzem águas extremamente densas que afundam (Fase 1). Estas massas de água, como a Água do Atlântico Norte Profundo, espalham-se então pelas bacias oceânicas (Fase 2), enquanto um fluxo de retorno, mais quente e menos denso, se move em direção à superfície para fechar o ciclo (Fase 3).

Quadro 1. Fases da Circulação Termohalina Global

Fase	Descrição
1 - Águas Frias e salinas afundam	Em regiões polares específicas, o intenso resfriamento e a formação de gelo marinho produzem águas superficiais extremamente densas, que afundam massivamente, iniciando a circulação profunda.
2 - Águas Profundas se deslocam	Uma vez em profundidade, essas massas de água fria e densa espalham-se lentamente, preenchendo as bacias oceânicas de todos os oceanos.
3 - Águas Quentes sobem	Para fechar o ciclo, as águas profundas devem retornar à superfície. Este ressurgimento ocorre de forma lenta e difusa, principalmente no Oceano Antártico e no Pacífico equatorial. Nessas regiões, as águas, uma vez à superfície, são aquecidas e iniciam seu retorno em direção aos polos.

A Figura 3 ilustra esquematicamente este sistema global, conhecido como Célula de Revolvimento Meridional (MOC). Conforme mostra o esquema, a circulação profunda está intrinsecamente ligada à circulação superficial. Grandes volumes de água afundam no Atlântico Norte e fluem para sul em camadas profundas. Este fluxo é subsequentemente distribuído para os oceanos Índico e Pacífico pela Corrente Circumpolar Antártica. Nessas bacias, as águas ressurgem lentamente, são aquecidas pela atmosfera e retornam à superfície do Atlântico, fluindo para norte para compensar o contínuo afundamento no início do ciclo, fechando assim o circuito global.

Figura 3. Circulação termohalina global: (a) Esquema tridimensional simplificado da Célula de Revolvimento Meridional, e (b) Esquema bidimensional simplificado da Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico.



Fonte: TALLEY et. al., 2011.

Dessa forma, a circulação termohalina atua como o sistema circulatório dos oceanos em escala global. Seu movimento lento, porém, massivo, é fundamental não apenas para a redistribuição de calor e a regulação do clima, mas também para o transporte de nutrientes e gases dissolvidos, oxigenando as profundezas e sustentando a vida marinha em todos os níveis. Este processo de afundamento e ressurgência dá origem a massas de água com propriedades físicas bem definidas, que podem ser rastreadas por milhares de quilômetros, como veremos a seguir.

1.2.1 Diferentes Densidades da Água (Massas de Água)

A circulação termohalina resulta na formação de grandes massas de água com características distintas de temperatura e salinidade, que podem ser rastreadas por todos os oceanos. Estas massas, definidas por suas propriedades termohalinas específicas, atuam como verdadeiras 'impressões digitais' hidrológicas, movendo-se em diferentes profundidades de acordo com sua densidade e formando uma estrutura vertical organizada na coluna de água

No contexto regional da plataforma continental, as massas de água descritas no Quadro 2 representam os diferentes tipos de água que participam da dinâmica na costa brasileira. A Água Costeira (AC), influenciada pela descarga continental e pela ressurgência, a Água Tropical (AT), quente e transportada por correntes como a Corrente do Brasil, e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), mais fria e rica em nutrientes, interagem e são moduladas pelos processos verticais da circulação termohalina em larga escala, demonstrando como os processos locais e globais estão inseparavelmente conectados.

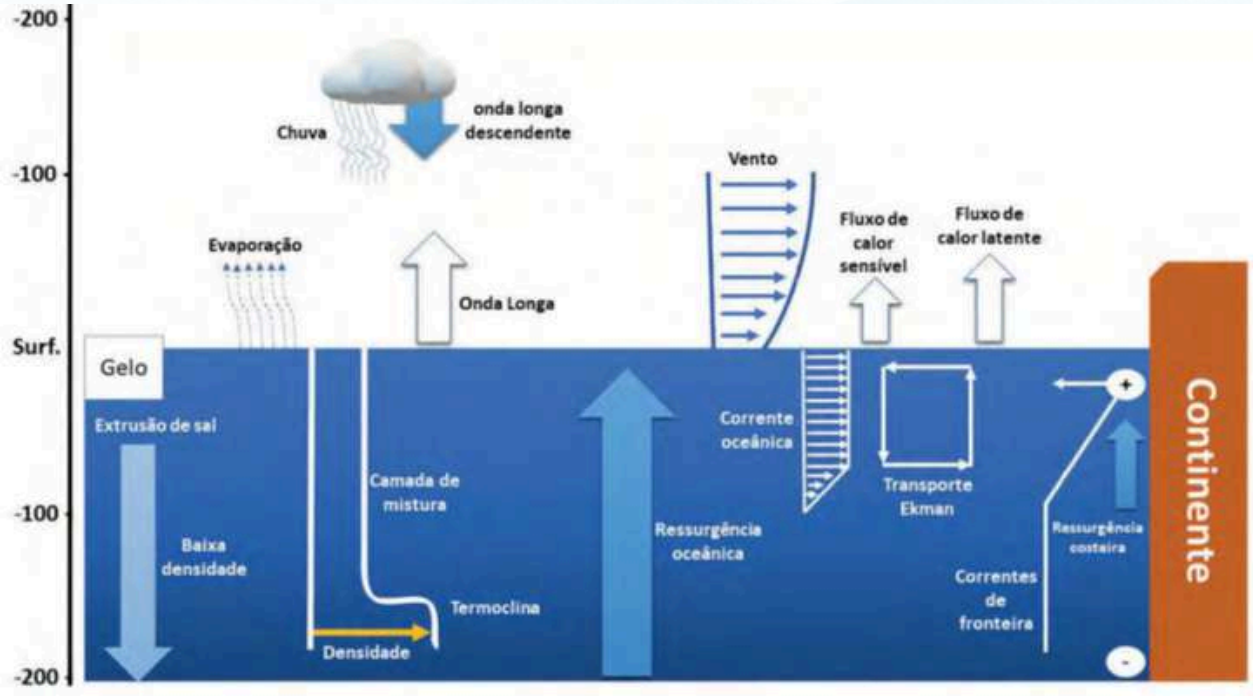
Quadro 2. Resumo de Massas de Água na Plataforma Continental

Massa de Água	Características	Influência e Dinâmica
Água Costeira (AC)	Mistura de águas oceânicas e descarga continental. Temperaturas: 22ºC a 28ºC.	Ocorrem em áreas rasas (0 - 50 metros) e próximas à costa e são influenciadas por rios e processos costeiros. Essa massa é influenciada principalmente pelos processos de ressurgência. Sua circulação é amplamente afetada pelos ventos e pela interação com a plataforma continental.
Água Tropical (AT)	Quente e salina. Temperaturas: 26ºC a 30ºC.	Transportada por correntes de contorno oeste (como a Corrente do Brasil). Ocupa a região da plataforma continental e se estende para águas mais profundas (0 - 200 metros). Ela é predominantemente encontrada em áreas mais afastadas da costa e é caracterizada por um perfil térmico quente.

Água Central do Atlântico Sul (ACAS)	Água mais fria e rica em nutrientes. Temperaturas: 20ºC a 25ºC.	Flui do Sul para o Norte. No inverno, tende a se localizar abaixo da Água Tropical (200 - 500 metros). No verão, pode se mover sob a Água Tropical para áreas mais próximas à costa, influenciando as águas da região.
Água Intermediária Antártida (AIA)	Fria, baixa salinidade e alta concentração de nutrientes e oxigênio. Temperaturas: 2°C a 6°C.	Ocupa camadas profundas (500 - 1200 metros) e é identificada pelo seu mínimo de salinidade. Sua presença no talude continental influencia a química e a produtividade de regiões de ressurgência, como Cabo Frio (RJ).
Observação: A composição dessas massas de água varia conforme a posição na plataforma continental e é influenciada por processos físicos como intrusões de massas de água.		

A Figura 4 sintetiza a interação dinâmica entre essas massas de água e os processos atmosféricos. Ela ilustra como a energia solar, os ventos e os fluxos de calor e massa na interface oceano-atmosfera são os motores primários que criam, modificam e colocam em movimento essas massas de água. O vento, ao gerar ondas, mistura a camada superficial e impulsiona o Transporte de Ekman, governa os processos horizontais e a ressurgência costeira que influenciam as massas de água superficiais. Simultaneamente, o aquecimento solar e o resfriamento (incluindo a formação de gelo em altas latitudes) controlam os gradientes de densidade que definem a estrutura vertical profunda e a própria circulação termohalina.

Figura 4. Principais Trocas que ocorrem entre o oceano e atmosfera.



Fonte: Livro Ciências do Mar Vol1. Adaptado da NASA (n.d.).

1.3 Circulação Costeira

A circulação nas zonas costeiras é mais complexa, pois é governada pela interação dos ventos, marés e pela forma da costa (fisiografia) e clima da região.

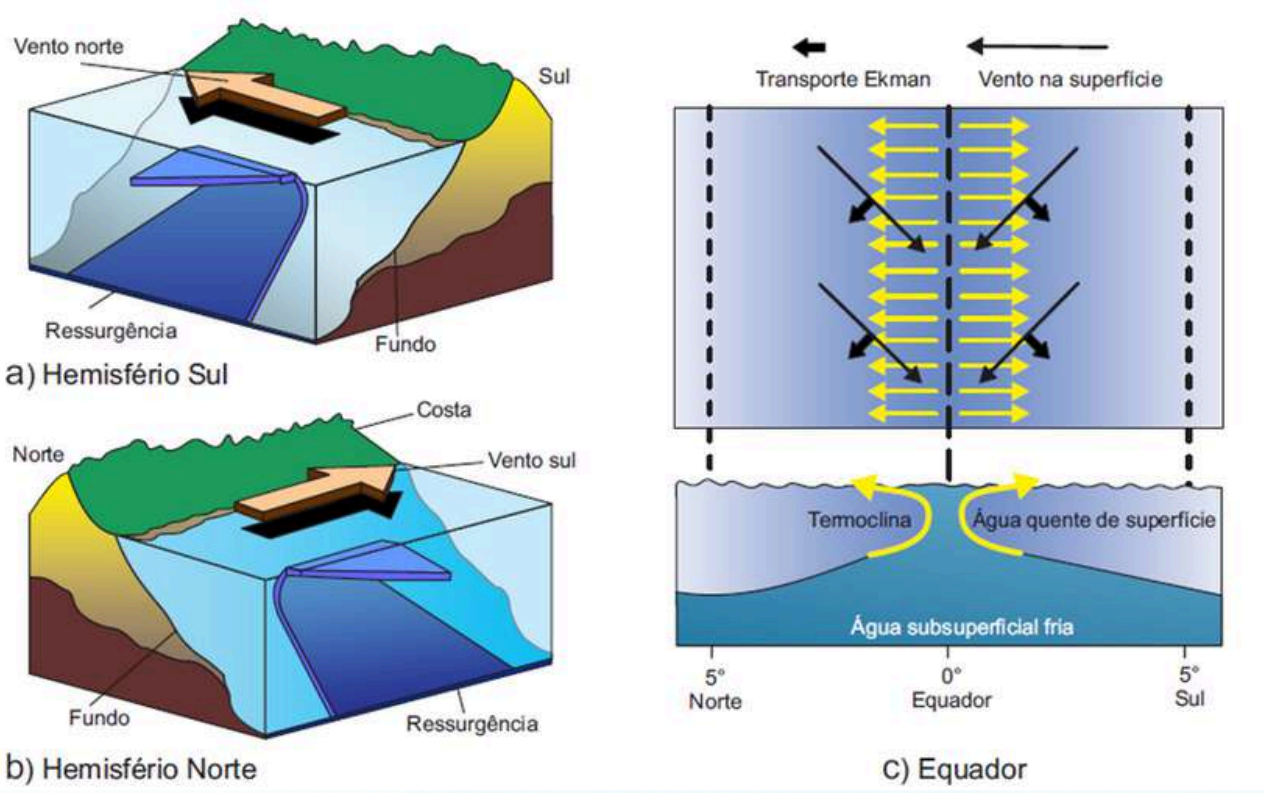
Nestas áreas, a circulação local forçada pelo vento tem, geralmente, um impacto mais imediato do que a circulação termohalina (que dita as correntes de fundo). Por isso, dois processos são fundamentais na costa: O Transporte de Ekman e Ressurgência (e Subsidência).

As correntes horizontais geradas pelo vento na camada de Ekman são capazes de induzir movimentos verticais de grande importância ecológica, sendo o transporte de Ekman a chave para a ressurgência. Quando o vento sopra paralelamente à costa na direção correta, esse transporte empurra a água superficial para longe da margem, em direção ao oceano. Para preencher o "vazio" deixado, águas mais profundas, geralmente mais frias e ricas em nutrientes, são forçadas a subir. Este movimento de ascensão é o fenômeno da ressurgência (upwelling). O movimento oposto, de descenso de águas superficiais, ocorre quando o vento empurra a água contra a costa, forçando-a a afundar, e é conhecido como subsidência (*downwelling*).

A importância ecológica da ressurgência reside justamente no aporte de águas subsuperficiais para a zona eufótica (a camada superficial iluminada pelo sol). Ao fertilizar a superfície com nutrientes essenciais e combiná-los com a radiação solar, a ressurgência permite explosões de produtividade primária fitoplanctônica, que constitui a base das cadeias alimentares oceânicas. Por este motivo, as regiões de ressurgência sustentam alguns dos ecossistemas marinhos mais produtivos do planeta. É importante notar que, próximo à linha de costa, as correntes tendem a ser mais fracas devido à perda de energia por atrito com o fundo e à interação com obstáculos, o que pode influenciar a intensidade local desses fenômenos.

A Figura 5 apresenta de forma abrangente os mecanismos de ressurgência em diferentes cenários. No caso da ressurgência costeira no Hemisfério Sul (a), os ventos que sopram paralelamente à costa geram um transporte de Ekman que desloca as águas superficiais para longe da margem continental, sendo este movimento compensado pela ascensão de águas profundas, frias e ricas em nutrientes. O mesmo fenômeno ocorre no Hemisfério Norte (b), onde o transporte de Ekman se desvia para a direita dos ventos, igualmente resultando no afloramento de águas subsuperficiais. Já a ressurgência equatorial (c) é ilustrada tanto em vista horizontal quanto vertical, demonstrando como os ventos alísios criam uma divergência superficial ao afastar as massas d'água da linha do equador em sentidos opostos, o que por sua vez induz a contínua ascensão de águas profundas para preencher esse vazio, caracterizando uma das zonas mais produtivas dos oceanos.

Figura 5. Mecanismos de ressurgência (upwelling) em diferentes cenários: (a) Ressurgência costeira no Hemisfério Sul: Ventos soprando paralelamente à costa (ex.: vento de norte) geram um Transporte de Ekman que desloca a água superficial para longe do continente (para a esquerda do vento), provocando a ascensão de águas profundas, frias e ricas em nutrientes; (b) Ressurgência costeira no Hemisfério Norte: O mesmo princípio se aplica, mas o Transporte de Ekman se desvia para a direita do vento, também resultando no afloramento de águas subsuperficiais; (c) Ressurgência equatorial: Os ventos alísios afastam as águas superficiais da linha do Equador em sentidos opostos (divergência), induzindo a contínua ascensão de águas profundas para compensar o movimento



Fonte: Adaptado de Oceannotion.org.

Conclusão

A circulação oceânica, conforme detalhada neste capítulo, é um sistema dinâmico regido pela interação de forças complementares. A circulação horizontal de superfície, impulsionada pelos ventos e modulada pelo Efeito Coriolis, organiza-se em grandes giros e correntes de contorno, como a Corrente do Brasil, atuando como uma esteira transportadora de calor superficial. Paralelamente, a circulação termohalina, conduzida por diferenças de densidade, promove o movimento vertical e profundo das massas d'água, conectando as bacias oceânicas em um ciclo global. As massas de água, por sua vez, são o produto concreto desses processos, cada uma com suas propriedades distintas, atuando em camadas específicas da coluna d'água.

Dessa forma, longe de serem fenômenos independentes, a circulação superficial e a profunda são partes indissociáveis de um mesmo mecanismo global. A compreensão desta integração é fundamental para decifrar o papel dos oceanos no clima, na distribuição de nutrientes e na manutenção da vida marinha.

Saiba Mais

Os ventos criam canais invisíveis no oceano, as correntes marítimas. Mas os continentes funcionam como paredes gigantes que moldam esse caminho! Quando uma corrente forte, como a Corrente do Brasil, encontra a ponta do Nordeste em Cabo de São Roque – Rio Grande do Norte, ela é desviada do continente. É esse encontro nas bordas dos continentes que ajuda a organizar a circulação da água em grandes redemoinhos, criando as verdadeiras "rodovias" de água que transportam calor pelo planeta.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.

1) Você sabia que o vento é o grande maestro da circulação oceânica? Qual é o papel dos ventos na regulação da circulação oceânica global?

1. Gerador de Movimento: O arrasto do vento sobre a superfície do mar é a força motriz primária que inicia o movimento das correntes superficiais.
2. Organizador da Circulação: Através do Transporte de Ekman, o vento é responsável por convergir e divergir massas d'água. É esse processo que cria o "empilhamento" no centro dos giros subtropicais, estabelecendo os gradientes de pressão que, por sua vez, dão origem às correntes geostróficas de contorno oeste (como a Corrente do Brasil). Ou seja, o vento define a estrutura da circulação em larga escala.

3.Indutor de Processos Verticais: Ao soprar paralelamente à costa, a tensão de cisalhamento do vento é o agente direto que força a ressurgência (upwelling). Esse movimento vertical traz nutrientes das camadas profundas para a superfície, sendo essencial para a produtividade biológica e para o equilíbrio dos ecossistemas costeiros.

2) Realize um debate sobre mudanças climáticas e a circulação oceânica a partir da pergunta1.

Recursos complementares sugeridos

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS OCEÂNICAS – INPO
https://inpo.org.br/

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO - USP
https://www.io.usp.br/

PORTAL BRASILEIRO - DADOS DE CORRENTES
SISTEMA DE MONITORAMENTO DA COSTA BRASILEIRA - SIMMACOSTA
https://simacosta.furg.br/

OBSERVAÇÃO DO VENTO EM TEMPO REAL
https://earth.nullschool.net/pt/#current/wind/surface/level/orthographic

OBSERVAÇÃO DO VENTO EM TEMPO REAL
https://www.windy.com/

PREVISÃO
http://ondas.cptec.inpe.br/

EXPLORAÇÃO DE RESULTADOS E ESTUDOS
https://marine.copernicus.eu/pt/explore-ocean-myocean-viewer

CIRCULAÇÃO OCEÂNICA - ANTROPOCENO E AS REGIÕES POLARES
xxxxxxxx

CIRCULAÇÃO OCEÂNICA
https://www.youtube.com/watch?v=Q45djdnYejk

CURIOSIDADES: CIRCULAÇÃO TERMOHALINA
xxxxxxxx

CIRCULAÇÃO TERMOHALINA (REVIRAVOLTA MERIDIONAL)
https://www.youtube.com/watch?v=r_oSn3hLp9w

EFEITO DE CORIOLIS
https://www.youtube.com/watch?v=ExUPtYcE9dM

Referências bibliográficas sugeridas

CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (Orgs.). Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil. Recife: Editora UFPE, 2005.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. de; LIMA, I. D. Circulação e transporte de volume na plataforma continental e região oceânica ao largo da costa sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 2003, Itajaí. Anais... Itajaí: [s.n.], 2003.

CONCREMAT. Atlas de Cartas Piloto da Costa Brasileira. 2. ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Hidrografia e Navegação, 2007.

FERMISA, J. L. Manual de Engenharia Naval e Oceânica. Rio de Janeiro: Fermisa, 1999.

GARRISON, T. Fundamentos de Oceanografia. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MESQUITA, A. R.; HARARI, J. Climatologia Dinâmica do Estuário e Baía de Santos. São Paulo: EDUSP, 2003.

MUEHE, D. Erosão e progradação do litoral brasileiro. In: MUEHE, D. (Ed.). Litoral do Brasil: uma síntese. São Paulo: USP, 2001. p. 45–62.

PEREIRA, C. S. et al. Impactos das mudanças climáticas em zonas costeiras: estudo de caso no litoral do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, v. 51, n. 2, p. 345–360, 2021.

PIANCA, E. K. et al. Mapeamento de habitats bentônicos na plataforma continental de Santa Catarina. Brazilian Journal of Oceanography, v. 58, n. 3, p. 235–248, 2010.

SILVA, P. G. et al. Variabilidade sazonal da Corrente do Brasil em diferentes escalas temporais. Journal of Coastal Research, v. 32, n. 4, p. 875–887, 2016.

STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A. The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. Journal of Geophysical Research: Oceans, v. 97, n. C6, p. 9507–9520, 1992.

TALLEY, L. D. et al. Descriptive Physical Oceanography: An Introduction. 6. ed. Boston: Elsevier, 2011.

TOMCZAK, M. Oceanografia por Satélite: uma introdução. São Paulo: EDUSP, 1998.

TRUJILLO, A. P.; THURMAN, H. V. Introdução à Oceanografia. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2022.

CAPÍTULO 35 - Ondas de Calor Marinhas

Lívia Maria Bianchi Poleze[1], Giovanna Soneghete Barbosa[2]

[1] Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES
[2] Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo

Neste capítulo abordaremos sobre um evento extremamente importante para a saúde dos oceanos, as ondas de calor marinhas (OCMs). Entenderemos o que são esses fenômenos de elevadas temperaturas e como eles se originam através de processos que ocorrem tanto no oceano quanto na atmosfera. Existe uma relação entre as OCMs e as mudanças climáticas? Esses fenômenos afetam a nós, humanos? Antes de responder a essas questões, precisamos entender: como os oceanos ficam tão quentes?

1. Como os oceanos ganham calor e temperatura

Apesar de associarmos calor a temperatura como se fossem a mesma coisa, elas são, na realidade, propriedades diferentes, mas relacionadas.

O **calor** pode ser explicado como a quantidade de energia que a agitação das moléculas produz. Pense em quando você corre ou pula várias vezes seguidas. Você está se agitando, logo, está gerando calor e logo em seguida sentirá a temperatura do seu corpo subir.

A **temperatura** é uma das medidas do calor, ela nos diz o quão rápido as moléculas do seu corpo se agitam após você correr ou pular. Podemos dizer que a temperatura é o resultado de quanto calor foi colocado ou retirado do sistema.

Vamos pensar em dois copos de água. O primeiro copo vai ser colocado no micro-ondas, o segundo vai ser colocado na geladeira. Quando colocamos algo no micro-ondas, o aquecimento acontece pela capacidade do aparelho de agitar as moléculas presentes na água, ou no seu almoço. As moléculas receberão energia e se agitaram em uma velocidade maior, essa velocidade maior, é o que você percebe como a comida mais quente ou a água mais quente. Já na geladeira, por ser um ambiente resfriado, ela vai “roubar” calor do seu copo de água, fazendo com que as moléculas se agitem muito menos, em uma velocidade muito baixa, o que faz com que a água aparente gelada.

Agora que já entendemos a diferença entre calor e temperatura, temos mais um conceito para entender antes de partirmos para como os oceanos ganham calor e temperatura, vamos falar agora sobre **calor específico**.

Nós já sabemos que a temperatura é a medida que quão rápido as moléculas se agitam após receberem calor (ou energia). Cada substância, e suas moléculas, reagem de maneira distinta ao calor. Algumas moléculas são muito fáceis de serem agitadas, logo, precisamos doar pouco calor a elas, já outras precisam de muito calor adicionado para se agitarem e alterarem sua temperatura.

Portanto, cada substância precisa de uma quantidade de energia específica para agitar suas moléculas a ponto de alterar sua temperatura e essa característica é chamada de calor específico.

A água é uma substância com um calor específico extremamente alto, o que a torna resistente à mudança de temperatura, tanto para mais quente quanto para mais fria. Essa característica influencia diretamente no clima pois os oceanos absorvem muita energia, mas como são resistentes em alterar sua temperatura, acabam regulando a temperatura do ambiente ao redor.

O oceano ganha calor e aumenta sua temperatura por absorver energia proveniente dos raios solares e da atmosfera. Essa quantidade de energia absorvida varia ao longo do ano, pois durante o verão, recebemos mais energia do que no inverno. Porém, nem tudo que é absorvido pelos oceanos permanece nele. Durante o período da noite e ao longo das estações do ano, o oceano libera calor para a atmosfera, e distribui calor através da mistura das águas em diferentes profundidades e de uma bacia oceânica para a outra.

Mesmo liberando e recebendo calor, muitas vezes o oceano não altera sua temperatura, apenas a quantidade de energia que ele tem. Então se a água é resistente a mudanças de temperatura e o oceano libera energia, como que existe uma onda de calor?

2. O que são as ondas de calor marinhas?

Nos últimos anos, tem-se falado muito sobre as **ondas de calor marinhas**. Mas afinal, o que são elas? Para entender melhor esse fenômeno, vale primeiro dizer o que significa uma onda de calor no sentido mais geral, e é isso que veremos a seguir.

Como vimos, o calor está diretamente relacionado com a temperatura. Assim, uma onda de calor nada mais é do que um evento em que as temperaturas ficam muito acima do normal por um tempo considerável, geralmente durando vários dias seguidos.

Mas o que seria uma temperatura “normal”? Cada lugar do mundo tem uma temperatura média típica que é calculada a partir de muitos anos de observação (20 a 30 anos). Essa média representa o que normalmente se espera para determinada época do ano. Por exemplo, sabemos que o verão costuma ser mais quente e o inverno mais frio.

Quando as temperaturas ultrapassam muito esses valores médios dizemos que há uma **anomalia positiva de temperatura**, ou seja, a temperatura medida está bem acima da média habitual para aquele lugar e período do ano.

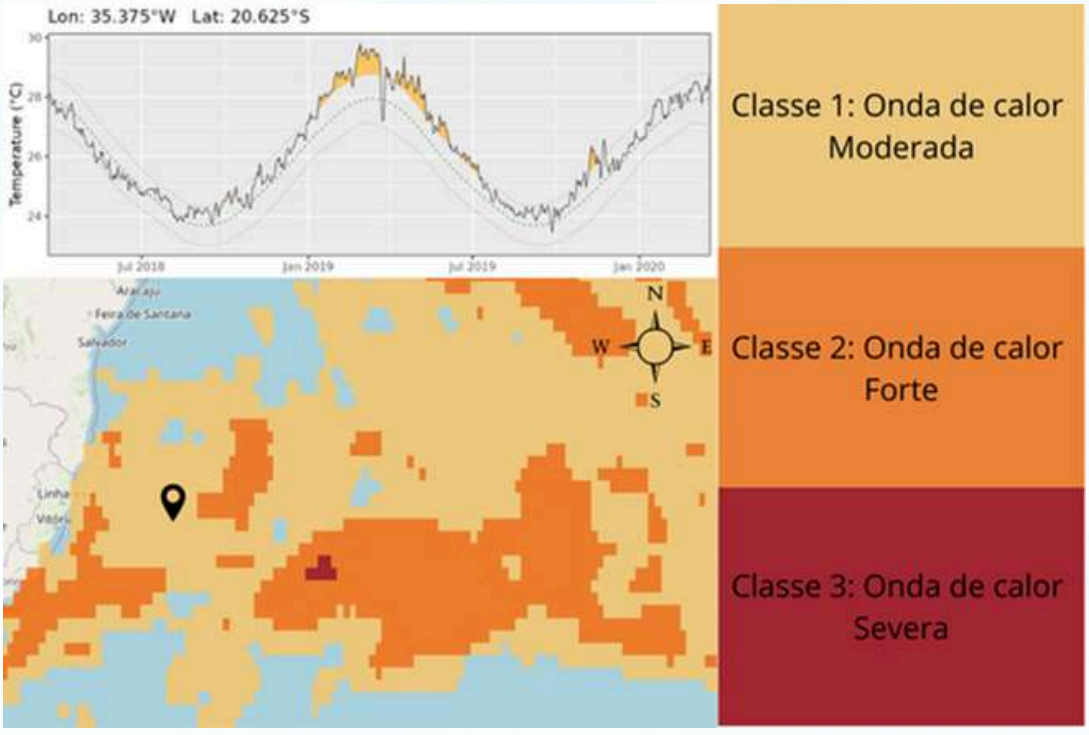
Mas como saber quanto e por quanto tempo a temperatura precisa ficar acima da média para ser considerada uma anomalia significativa? Os cientistas usam um limite estatístico, geralmente o percentil 90, calculado com base em registros históricos de temperatura. Isso significa que, quando a temperatura observada fica entre as 10% mais altas já registradas para aquele local e época do ano, ela é considerada anômala. Se essa temperatura acima do limite se mantém por pelo menos cinco dias seguidos, forma-se uma onda de calor.

No oceano, isso acontece da mesma forma. A temperatura da água do mar também pode ficar mais alta do que o esperado por vários dias ou até meses, dando origem às chamadas ondas de calor marinhas. Por exemplo: Se a média da temperatura da água do mar em janeiro é 26 °C, mas em certo ano ela chega a 28 °C, dizemos que há uma anomalia positiva de +2 °C.

Mas o que acontece para que a temperatura da água do mar fique tanto tempo acima do limite? As ondas de calor marinhas podem surgir a partir de diferentes fatores, tanto por processos que acontecem no oceano quanto na atmosfera. No oceano, elas podem surgir quando correntes marinhas transportam águas mais quentes para certas regiões ou quando há pouca mistura entre as camadas de água, o que faz o calor se acumular na superfície. Já na atmosfera, podem ser causadas, por exemplo, quando uma massa de ar quente fica parada sobre uma região por um certo tempo, impedindo que o ar mais frio circule e refresque o ambiente. A ausência de nuvens também pode contribuir para esse processo, pois, com o céu limpo, o oceano recebe mais radiação solar e a temperatura da água aumenta ainda mais.

Além de fatores locais, grandes fenômenos climáticos que acontecem no planeta também influenciam as ondas de calor marinhas. Um exemplo é o El Niño, que aquece grandes áreas do Oceano Pacífico central e leste, e muda o padrão atmosférico e oceânico em várias partes do mundo. Essas variações naturais nas condições atmosféricas e oceânicas, conhecidas como variabilidade climática, podem contribuir para aumentar a intensidade e prolongar esses períodos de calor no oceano.

Figura 1: Ondas de calor marinha identificadas segundo suas classes de impacto para o atlântico sul, nas proximidades do Espírito Santo, para a data de 15/03/2019. Na porção superior da figura temos um gráfico que apresenta as variações de temperatura para o mesmo ponto ao longo de três anos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

As ondas de calor marinha são muito estudadas porque afetam ecossistemas sensíveis, como os recifes de corais. Quando a água fica quente demais, os corais perdem as algas que vivem junto deles e que lhes dão cor e energia. Sem elas, os corais ficam brancos e podem morrer. Esse processo é chamado de branqueamento dos corais, que será explicado com mais detalhes adiante.

Compreender como e por que as ondas de calor marinhas acontecem é essencial para monitorar as mudanças no clima e proteger a vida nos oceanos. Esses eventos não afetam apenas os corais, mas também peixes, algas e outras espécies que dependem de condições estáveis para sobreviver. Com o avanço das mudanças climáticas, as ondas de calor marinhas têm se tornado cada vez mais frequentes, intensas e duradouras. A seguir, vamos entender o que são as mudanças climáticas e de que forma elas contribuem para o aumento das ondas de calor marinhas em todo o planeta.

3. O que são as mudanças climáticas?

Podemos entender as mudanças climáticas como uma alteração duradoura no tempo e clima do planeta, como mudanças na temperatura do ar, na frequência e intensidade de chuvas, nas cheias ou secas de rios, e vários outros processos. Ao longo da história do nosso planeta, o clima mudou várias vezes por fatores naturais como uma fase diferente de emissão de energia e raios solares, erupções vulcânicas que liberam gases e partículas na atmosfera que influenciam tanto na entrada como na saída de calor e radiação no planeta.

Nos últimos anos da história da humanidade, principalmente após a década de 50 com a revolução industrial, as emissões de gases baseados em carbono, como metano e CO_2, tem dificultado a perda de calor que liberamos para o espaço, causando um aumento na temperatura do planeta e que, por consequência, afetará outros processos e ciclos naturais da Terra. Diversas atividades humanas liberam gases do efeito estufa além da atividade das fábricas em si, a queima de combustíveis fósseis para a produção e consumo de combustíveis automotores, a pecuária com os gases liberados principalmente pelos bovinos, a extração e desmatamento de áreas verdes para uso do solo.

Os oceanos e as florestas são reservatórios de carbono. A vegetação utiliza o CO_2 no processo de fotossíntese, fixando o carbono no corpo vegetal. Os oceanos também absorvem o gás carbônico da atmosfera que passa a fazer parte do sistema e pode ser utilizado pelos organismos ou ficar dissolvido. Atividades de desmatamento influenciam no clima do planeta pois perdemos a vegetação que continuaria retirando o gás carbônico da atmosfera e essa vegetação vai passar por um processo de degradação, o que libera o gás de novo para o ambiente. Já para os oceanos, o aumento da temperatura do ar influencia na temperatura da água e o CO_2 não consegue se manter dissolvido quando ocorre um aquecimento no oceano. Percebe como entramos em um ciclo? O gás na atmosfera causa aquecimento, o aquecimento libera mais gás que estava preso nos oceanos para a atmosfera, as atividades humanas liberam mais gases para a atmosfera já quente, que ficará ainda mais aquecida. Todo esse calor extra

tenderá a migrar para o ambiente menos quente, os oceanos, que assim se tornarão mais aquecidos. Na atmosfera também existem ondas de calor e elas influenciam nas ondas de calor oceânicas também, pois boa parte do excesso de energia tende a ir para os oceanos, principalmente devido a sua incrível extensão e capacidade de absorção.

Quando falamos de mudanças climáticas, não se refere apenas a mudança da temperatura, mas muitas mudanças e desastres naturais são iniciados pela alteração da temperatura do planeta. Podemos ter a perda das geleiras pelo derretimento, mudança ou aumento no padrão de chuvas devido a evaporação, subida do nível do mar com a entrada de um volume de água extra vindo das geleiras. Não são apenas os fatores ambientais que sentem a mudança do clima, os organismos, os ecossistemas e nós, humanos, também.

4. Como a mudança da temperatura da água afeta os ecossistemas?

Ao longo de todo o texto entendemos como as ondas de calor surgem, funcionam e como são intensificadas pelas mudanças climáticas, mas ainda não falamos como essa mudança toda afeta os seres vivos.

Todos os seres deste planeta fazem coisas necessárias à sua sobrevivência, como comer e beber água, e mesmo sendo atitudes necessárias para sua sobrevivência, às vezes os organismos deixam de fazer alguma dessas coisas. Todos precisamos de condições ideais para a sobrevivência e a mudança de temperatura é um fator que gera um desequilíbrio das condições ideias e terá um efeito diferente em cada tipo de organismo, mas algumas características são gerais.

Para os seres marinhos, os principais efeitos observados são: diminuição da taxa de reprodução, comportamento social e predação, mortandade em massa, mudanças no metabolismo, suscetibilidade a doenças e perda de diversidade. Um exemplo que foi citado anteriormente foi o branqueamento de corais. Os corais são organismos que vivem em associação com algas, que lhes dão cor e nutrientes. A mudança no padrão de temperatura, faz o coral entrar em estresse e produzir substâncias que fazem com que as algas deixem o corpo do coral, porém, quando o coral perde as algas, ele fica branco e além de branco, também perde sua fonte de nutriente. Se o coral não for recolonizado pelas algas, a morte é permanente. Só que a situação não acaba por aí, pois muitos outros organismos como os peixes, dependem dos ambientes recifais para se alimentar e se reproduzir. Sem alimento e sem estar em equilíbrio, não ocorre a reprodução, e assim as espécies vão sumindo dos oceanos. Isto foi um exemplo para apenas um organismo, porém o efeito do estresse fisiológico afeta todos os organismos presentes nos oceanos, e não só por lá.

As ondas de calor marinha também afetam a nós, seres humanos. A perda da saúde do ecossistema marinho influencia diretamente na pesca e alimentação, muitas comunidades por todo o mundo dependem diretamente da pesca para sobrevivência, seja para consumo próprio ou como fonte de renda.

Para além disso, as ondas de calor marinhas também atuam como uma “carga extra” de energia para a ocorrência de eventos extremos atmosféricos como chuvas intensas, ciclones tropicais e subtropicais, e tempestades. Quando um evento atmosférico como estes se forma próximo a uma onda de calor marinha, parte da energia migra do oceano para a atmosfera, dando mais energia térmica para esses sistemas. Com esse excesso o de energia, esses sistemas podem causar um impacto ainda maior no continente e principalmente nos ecossistemas costeiros, além de afetar a agricultura, o fornecimento de energia, recursos hídricos e alimentares.

As ondas de calor marinha também afetam a nós, seres humanos. A perda da saúde do ecossistema marinho influencia diretamente na pesca e alimentação, muitas comunidades por todo o mundo dependem diretamente da pesca para sobrevivência, seja para consumo próprio ou como fonte de renda.

Para além disso, as ondas de calor marinhas também atuam como uma “carga extra” de energia para a ocorrência de eventos extremos atmosféricos como chuvas intensas, ciclones tropicais e subtropicais, e tempestades. Quando um evento atmosférico como estes se forma próximo a uma onda de calor marinha, parte da energia migra do oceano para a atmosfera, dando mais energia térmica para esses sistemas. Com esse excesso de energia, esses sistemas podem causar um impacto ainda maior no continente e principalmente nos ecossistemas costeiros além de afetar a agricultura, o fornecimento de energia, recursos hídricos e alimentares.

As ondas de calor marinho são uma realidade do nosso tempo e que tem causado grandes consequências para toda a vida do planeta. Com o agravamento das mudanças climáticas, esses eventos têm se tornado mais frequentes, mais fortes e mais importantes. A abrangência dos impactos em diversas esferas da vida no planeta, tornam esses eventos um dos mais preocupantes nos cenários futuros para nosso planeta.

Saiba Mais

UFSC Explica - Aquecimento Global. https://www.youtube.com/watch?v=eDg2zjR3dTA

Aquecimento Global e Mudanças Climáticas - Professor Paulo Jubilut. https://www.youtube.com/watch?v=vzDWFsfrFGY

Atividade Sugerida

Atividade 1 — "Água quente, água fria: o mar também sente!"

Habilidades BNCC:

Ensino infantil

- • EI02CG02 – Explorar fenômenos da natureza, objetos e materiais, estabelecendo relações simples.
- • EI03TS01 – Manifestar cuidado com o ambiente e com os seres vivos.
- • EI03ET03 – Observar e descrever mudanças que acontecem nos materiais ou no ambiente.

EF (1º ao 5º ano):

- • EF05CI01 – Identificar fontes naturais e artificiais de luz e calor.
- • EF04CI02 – Observar e identificar variações climáticas e seus efeitos.
- • EF05GE09 – Relacionar fenômenos naturais às transformações no ambiente.
- • EF05LP24 – Registrar observações e produzir pequenos relatórios.

Descrição:

• Utilizando dois recipientes com água, deixe um ao sol e outro a sombra, caso não seja possível, utilize um pote com água morna e outro com água fria.

1.2. Para infantil:

·Conversa guiada: "A água muda? O mar também muda?"

·Contação de história: "O dia em que o mar ficou quente demais" (história fictícia criada pelo professor com base no entendimento e compreensão dos alunos).

·Brincadeira final: montar um mural com desenhos do oceano "feliz" (temperatura normal) e "triste" (OCM).

1.3. Para ensino fundamental:

·Medir a temperatura da água em ambos os potes ao longo de algumas horas

·Realizar um gráfico de pontos com os valores de temperatura utilizando régua e canetas no caderno.

·Relacionar a variação da temperatura com as explicações sobre o efeito das ondas de calor. Se possível elaborar com a turma um debate: "E se o mar ficasse quente por muitos dias?"

Atividade 2 — "Dados que contam histórias: jornal mural"

Ensino fundamental 2 (6º ao 9º ano), médio e EJA.

Habilidades BNCC:

• EM13LP05 – Produzir textos multimodais informativos.

• EM13CNT201 – Analisar registros de mudanças climáticas e impactos.

Descrição:

Cada estudante deve escolher um impacto direto das OCMs no ambiente (pesca, alimentação, eventos extremos).

• Produção de textos curtos, gráficos simples ou depoimentos da comunidade.

• Montagem de mural ou exposição aberta ao público.

• Os estudantes também podem trazer reportagens que abordem o tema e elaborarem discussões e textos para o mural.

Atividade 3 — Play and learn to stop disasters:

Atividade para laboratório de informática, possível selecionar o idioma em português https://www.stopdisastersgame.org

Recursos complementares sugeridos

Ondas de calor marinhas: o que são e por que precisamos nos preocupar? https://inpo.org.br/ondas-de-calor-marinhas-o-que-sao-e-por-que-precisamos-nos-preocupar/

Podcast “O mar não está pra peixe”, episódio 1: Em águas quentes.
https://jornal.usp.br/podcast/o-mar-nao-esta-pra-peixe-1-em-aguas-quentes/

Ondas de calor no mar trazem mortalidade em massa de várias espécies.
https://www.publico.pt/2023/08/15/azul/noticia/ondas-calor-mar-trazem-mortalidade-massa-varias-especies-2060041#

Referências bibliográficas sugeridas

GARRISON, Tom. Fundamentos de oceanografia. 2. ed. São Paulo: Cengage Universitários, 2016. ISBN 978-8522124213.

HARARI, Joseph (org.). Noções de oceanografia. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, 2021. DOI: 10.11606/9786599585401. Disponível em: https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1086. Acesso em: 25 nov. 2025.

HOBDAY, Alistair J. et al. A hierarchical approach to defining marine heatwaves. Progress in oceanography, v. 141, p. 227-238, 2016.

CAMPOS, Edmo JD et al. Interannual variability of the sea surface temperature in the South Brazil Bight. Geophysical Research Letters, v. 26, n. 14, p. 2061-2064, 1999.

Processos oceânicos e atmosféricos na formação de OCM:

MATOS JÚNIOR, Hélio Paulo de. Estudo das anomalias da temperatura da superfície do mar ocasionadas pela Zona de Convergência do Atlântico Sul ao largo da costa sudeste do Brasil. 2018.

SCHAEFFER, A.; ROUGHAN, M. Subsurface intensification of marine heatwaves off southeastern Australia: The role of stratification and local winds.
Geophysical Research Letters, v. 44, n. 10, p. 5025-5033, 2017.

CAPÍTULO 36 - Nível do Mar

Maria Eduarda Passos Amorim[1] e Lívia Mª. Bianchi Poleze[2]

[1] [2] Grupo de Pesquisa ESOLab - Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES

Introdução

O nível do mar é uma das medidas mais importantes para entender as mudanças que o planeta vem enfrentando, pois quando observamos a linha onde o oceano encontra a terra, pode parecer que está sempre no mesmo lugar, mas, na realidade, o nível do mar está em constante variação. Essas variações que ocorrem podem ser influências tanto por fenômenos naturais, como as marés e as variações de pressão atmosférica, ventos e temperatura da água, quanto pelas ações humanas que vêm alterando o equilíbrio do planeta. Além disso, essas variações podem ocorrer a curto, médio e longo prazo, por forçantes que agem localmente ou globalmente sob os oceanos.

Nas últimas décadas, pesquisas realizadas em diferentes universidades do mundo mostram que o nível médio do mar está aumentando cada vez mais e esse processo está ligado, principalmente, ao aquecimento global, que é o resultado do aumento dos gases estufa, que intensificam o calor na atmosfera e provocam alterações em todo planeta. Com esse aquecimento, dois fatores principais contribuem para elevação do nível do mar global: o **derretimento das geleiras e das calotas polares**, que adiciona mais água aos oceanos todos os anos e a **expansão térmica das águas oceânicas**, já que, ao aquecer, se dilata e ocupa mais espaço.

Embora o aumento observado pareça ser pequeno, se tornam mais evidentes ao longo dos anos e as regiões costeiras têm enfrentado consequências, como o avanço do mar sobre áreas urbanas, o aumento da frequência de inundações e a intensificação da erosão em praias. Quantas vezes não observamos notícias no jornal informando sobre alguma praia que perdeu o seu calçadão por ação do mar ou o avanço do mar destruiu casas próximas da areia?!

Compreender o que é o nível do mar e por que ele varia é muito importante para entender a relação entre o oceano e o clima, pois o oceano cobre mais de 70% da superfície do planeta e atua na regulação do clima do planeta. Diante disto, neste capítulo, exploraremos os principais fatores que determinam o nível do mar, métodos utilizados para medi-lo e as razões pelo qual o nível do mar vem aumentando.

1. O que é o nível do mar? Suas componentes e variações naturais.

O nível do mar é a altura média da superfície dos oceanos em relação a um ponto fixo ou uma estrutura de referência que esteja na Terra. Apesar de parecer uma coisa única, o nível do mar pode se referir a três perspectivas diferentes: nível do mar absoluto, nível relativo e o nível médio.

O **nível do mar absoluto** é alterado pelo volume global de água presente nos oceanos, podendo aumentar devido ao derretimento de geleiras e à contração térmica, ou diminuir quando há crescimento da camada de gelo nos polos e contração térmica. Já o **nível do mar relativo** é medido para um local específico e varia de acordo com a ação combinada do nível absoluto e da tectônica (subsidência ou elevação do fundo do mar).

O **nível do mar total** é acompanhado a longo prazo e possui componentes, que são as responsáveis pela alteração da altura em que percebemos a superfície do mar. As principais componentes são marés, ventos, correntes marítimas, pressão atmosférica e temperatura. Essas são as componentes responsáveis pelo nível do mar mudar de um dia para o outro, entre estações do ano e a longo prazo também, pois se alguma delas tiver alguma alteração, seja momentânea ou duradoura, o nível do mar consequentemente pode ser alterado.

O termo **nível médio do mar** (NMM) é utilizado para representar a média de todas essas variações observadas ao longo de um período, geralmente de 19 anos, e se torna muito importante pois elimina as oscilações que ocorrem em um espaço curto de tempo, permitindo que o movimento real de aumento ou de diminuição sejam visualizadas. A seguir vamos falar um pouco mais sobre cada uma das componentes:

Marés: As marés representam oscilações periódicas do nível da água pela atração gravitacional da Lua e do Sol sobre os oceanos, fazendo com que o mar tenha seu nível alterado.

As marés de sizígia, por exemplo, ocorrem quando a Lua e o Sol estão alinhados com a Terra, ou seja, durante as fases de Lua Nova e Cheia, as forças estão na mesma direção e se somam sobre as águas do oceano, gerando marés de maior amplitude e um aumento ainda maior do nível do mar (Figura 1). Já as marés de quadratura acontecem quando a Lua e Sol estão posicionados perpendicularmente ao planeta Terra, nas fases da Lua Crescente e Minguante, onde as forças atuam em direções diferentes, como consequência a amplitude da maré é menor.

Figura 1: O efeito exercido pela lua e o sol sob a maré. A ação dalua e do sol alinhadas produzem as marés de sizígia. Já nas fases de lua crescente e minguante, a força exercida pela lua e o sol não estão alinhadas, produzindo as marés de quadratura, que são menos intensas que as de sizígia

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ventos: A ação de ventos e da pressão atmosférica podem gerar as marés de tempestade e as marés meteorológicas. Os ventos possuem grande influência em ambos os processos. No caso das marés de tempestade, elas ocorrem quando os ventos sopram de forma persistente em direção a costa, empurram grandes volumes de água para o litoral, o que ocasiona o acúmulo de água do lado da costa e um aumento do nível do mar. A pressão atmosférica também pode afetar o nível do mar, pois em áreas de baixa pressão atmosférica, o ar exerce menor força sobre o mar e favorece um acúmulo de água na região costeira. Geralmente essas condições estão associadas a ação de sistemas frontais, como passagem de tempestades, ciclones e furacões, mas seus efeitos são temporários e localizados (Figura 2). Já o termo maré meteorológica é utilizado para descrever a variação de nível do mar que surge quando ventos atuam por longos períodos, acima de 3 ou 4 dias, permitindo que a ação combinada da rotação da Terra, do vento e do atrito controlem o acúmulo ou afastamento de água ao longo da costa.

Eventos Climáticos Interanuais: Em escalas temporais maiores, fenômenos climáticos interanuais como o ENOS também podem alterar o nível do mar, pois modificam os padrões de ventos, precipitação e de circulação oceânica. O ENOS é um ciclo climático que alterna entre El Niño (aquecimento anômalo do Pacífico equatorial) e La Niña (resfriamento anômalo). Durante os eventos de El Niño, ocorre o aquecimento anômalo das águas do Pacífico e o enfraquecimento dos ventos de leste para oeste. Essa alteração provoca um acúmulo de água quente, assim o nível do mar aparenta estar mais elevado tanto pelo acúmulo, quanto pela expansão térmica. Já para a La Niña, o fortalecimento dos ventos de leste para oeste, causa uma percepção de baixa no nível do mar, pois a água superficial e quente foi levada para oeste, deixando águas mais frias e um aparente volume menor.

Derretimento de Geleiras e Calotas Polares: O derretimento de geleiras e calotas polares libera grandes volumes de água todos os anos nos oceanos, contribuindo para elevação do nível médio global do mar, representando uma das maiores ameaças para as zonas costeiras e comunidades. Esse processo tem se intensificado nas últimas décadas, de acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), pois reflete de forma direta o efeito do aquecimento global e a mudança na temperatura média dos oceanos.

Figura 2: O efeito das forçantes ambientais como vento e eventos climáticos pode ser chamado de marés de tempestade ou marés meteorológicas. Elas ultrapassam a maré alta comum, ou seja, as astronômicas e causam grandes estragos na região costeira.
Fonte: Elaborada pelos autores.

2. Como medir o nível do mar?

O nível do mar pode ser medido através de instrumentos e técnicas que registram a altura do oceano em relação a um ponto fixo na Terra ou a um sistema de coordenadas global. A partir desses registros é possível entender os efeitos das mudanças de curto prazo (como por exemplo, as marés) e as mudanças associadas a processos longos (derretimento de geleiras e aumento associado às mudanças climáticas). Abaixo será apresentado algumas opções de equipamentos utilizados para fazer a verificação e medição do nível do mar.

1- Marégrafos: Os marégrafos são equipamentos que utilizam sensores de pressão para medir a distância entre o sensor e a superfície livre com alta precisão e resolução. Esses equipamentos registram dados em intervalos estabelecidos e são essenciais para variações de curta e média duração, como marés de tempestade, ressacas e mudanças de pressão atmosférica ocasionadas por sistemas frontais.

2- Altimetria por satélite: A altimetria por satélite também é muito utilizada, pois é uma técnica que emite pulsos de micro-ondas em direção a Terra, medindo o tempo que demora para o pulso ir e voltar e assim calculando a altura do nível do mar. Satélites altimétricos obtêm o nível médio global do mar e suas variações, como em eventos como La Niña e El Niño e as mudanças que ocorrem devido ao derretimento das calotas polares e geleiras em um nível global.

3- Sensores de Pressão Submarinos: Os sensores de pressão submarinos medem a pressão exercida sobre eles, que está diretamente relacionada à altura da coluna de água que está sobre ele. São instalados em bóias oceanográficas ou fundeios permanentes, registrando as oscilações causadas por marés, ventos e sistemas meteorológicos.

3. Efeitos antrópicos e por que o nível do mar vem aumentando?

Entre os vários desafios atuais, poucos são tão graves quanto às mudanças climáticas. Essa crise ambiental, social e econômica é causada por processos naturais, mas foi fortemente impulsionada por ações humanas, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, que aumentam a emissão de gases de efeito estufa.

O oceano participa de forma importante e decisiva no equilíbrio climático, devido a sua grande extensão e a sua alta capacidade térmica, que faz com que grande parte do calor da atmosfera seja transferido para o oceano. Dessa forma, observa-se que o aumento das temperaturas globais na atmosfera e na superfície terrestre, refletirá diretamente no aquecimento dos oceanos e pode ser um eficiente indicador de mudanças climáticas.

Quando o calor é transferido para o oceano através da atmosfera, a água fica mais quente e se expande, provocando sua dilatação, e o derretimento de calotas polares e geleiras, adiciona grandes volumes de água nos oceanos todos os anos. Entre os efeitos mais alarmantes desse processo, destaca-se a elevação do nível do mar, que é um fenômeno preocupante para as regiões costeiras em todo o mundo e que têm sido discutidas no âmbito de mudanças climáticas.

Esse aumento do nível do mar tem implicações diretas nas infraestruturas das zonas costeiras, que são consideradas áreas altamente vulneráveis às mudanças climáticas devido a sua proximidade com o mar e por serem constantemente atingidas por tempestades, frentes frias e ondas, o que intensifica sua perda de sedimento. Além disso, a retirada de mangues e da vegetação costeira tem intensificado as inundações e perdas de áreas com o aumento do nível do mar.

Saiba Mais

O marégrafo mais antigo do mundo ainda em funcionamento: Marégrafo de Cascais, em Portugal.

Marégrafo de Cascais: A medir desde 1882. https://www.youtube.com/watch?v=7c0RTrrVje0&t=4s

Atividade Sugerida

Investigadores do Nível do Mar

Habilidades BNCC:

- EF07CI03: Explicar fenômenos climáticos e oceânicos, EF09CI15: Avaliar impactos ambientais das mudanças climáticas, EF08GE06: Analisar transformações da paisagem e riscos socioambientais, EF09MA18: Ler e interpretar gráficos de séries temporais (marégrafos e satélite), Competência Geral 7: Argumentação baseada em evidências, Competência Geral 9: Empatia e cooperação.

Objetivo da Atividade: Compreender os fatores naturais, climáticos, antrópicos e as suas variações em diferentes escalas de tempo (horas, dias, meses) e como influenciam o nível do mar.

Etapa 1 - O professor mostra cenários sobre o aumento do nível do mar, como: “Ressaca atinge litoral e destrói parte do calçadão”, “Mar avança sobre casas após passagem de ciclone”, “Nível do mar global chega ao maior valor da história” e inicia uma discussão entre a turma sobre as possíveis causas dos cenários apresentados.

Etapa 2 - O professor separa a turma em grupos e distribui cartas correspondentes aos fatores de aumento do nível do mar.

1-Marés (sizígia/quadratura); 2-Ventos; 3-Pressão atmosférica; 4-Temperatura do oceano; 5-Derretimento de geleiras e calotas polares; 6-Expansão térmica; 7-Eventos climáticos (El Niño / La Niña).

O professor apresenta situações-problema e cada grupo escolhe 1 ou mais cartões que explicam o que está acontecendo com o nível do mar. Exemplos de situações: “O vento sopra forte em direção à costa.”; “A água do mar está mais quente.”; “As geleiras estão derretendo.”; “É noite de lua cheia e maré é mais alta”; os grupos escolhem uma ou mais cartas que expliquem o que está acontecendo com o nível do mar.

Após cada situação, pergunte aos alunos:

1- O nível do mar sobe, desce ou varia pouco?

2- Esse efeito acontece em horas, dias, meses ou anos?

3- O fator é natural, climático ou ligado ao aquecimento global?

Recursos complementares sugeridos

- Maria Farinha e a Maré - Livro para contação de história e contribuir para o entendimento do que é maré: https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/maria-farinha-e-a-mare/
- O que é e como funciona a maré: https://www.oceanoparaleigos.com/post/mar%C3%A9s
- Como funciona a influência da Lua nas marés: https://www.youtube.com/watch?v=sYss-N7EnEw&t=107s
- Efeito de Maré - a Lua e o Sol puxando a água da Terra (voltado para EF 1 e 2): https://www.youtube.com/watch?v=sH4DiW2wRds
- O que são as marés? https://oceanhub.com.br/2020/04/11/o-que-sao-as-mares/
- O que é o nível do mar? Minuto da Física: https://www.youtube.com/watch?v=sFt8nI5vD6c

Referências bibliográficas sugeridas

CAZENAVE, Anny; LE COZANNET, Gonéri. Aumento do nível do mar e seus impactos costeiros. Publicado em 16 dez. 2013. DOI: 10.1002/2013EF000188.

GREGORY, Jonathan M. et al. Concepts and terminology for sea level: Mean, variability and change, both local and global. Surveys in Geophysics, v. 40, n. 6, p. 1251-1289, 2019.

HARARI, Joseph (org.). Noções de oceanografia. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, [s.d.]. DOI: 10.11606/9786599585401.

IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team: LEE, H.; ROMERO, J. (eds.). Geneva: IPCC, 2023. 184 p.

SRINIVASAN, Margaret; TSONTOS, Vardis. Satellite Altimetry for Ocean and Coastal Applications: A Review. Remote Sensing, v. 15, n. 16, p. 3939, 2023. DOI: 10.3390/rs15163939.

WOODWORTH, Philip L. et al. Forcing Factors Affecting Sea Level Changes at the Coast. Surveys in Geophysics, v. 40, p. 1351–1397, 2019.

CAPÍTULO 37 - Circulação Termohalina

Giovanna Soneghete Barbosa[1], Luiza Reis Machado[2] e Lívia Mª. Bianchi Poleze[3].

[1] Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo
[2] [3] Grupo de Pesquisa ESOLab - Laboratório de Estudos do Sistema Atmosfera - Continente - Oceano - UFES

1. O que é a Circulação Termohalina

O oceano é uma imensa massa de água que cobre a maior parte do planeta Terra. À primeira vista, pode parecer que toda essa água se move como as ondas que vemos na superfície. Mas o que enxergamos é só uma pequena parte do que realmente acontece. Então, o será que acontece “debaixo das ondas”?

Quando olhamos para o oceano, percebemos que a água está sempre em movimento. Isso acontece porque o vento sopra na superfície e “empurra” a água. No entanto, essa força alcança apenas as camadas mais rasas, até cerca de 1000 metros de profundidade. Considerando que o oceano tem, em média, 4000 metros de profundidade, surge a dúvida: o que acontece nas partes onde o vento não chega? Será que as águas mais profundas estão paradas?

Na verdade, não. Elas também estão em constante movimento, mas por outros motivos, como veremos a seguir.

O oceano é dividido em várias camadas de água, e cada uma delas tem suas próprias características. O que diferencia uma camada da outra é a densidade, ou seja, a quão “pesada” ou “leve” ela é. As camadas com densidades diferentes tendem a se manter separadas, formando uma estrutura vertical em que as águas menos densas (mais leves) ficam na superfície, enquanto as mais densas (mais pesadas) ocupam as partes mais profundas.

Para entender melhor, imagine um copo com água e óleo. Quando colocamos os dois juntos, o óleo fica por cima, porque é menos denso que a água. No oceano, essa separação entre camadas é mantida pela flutuabilidade (**item 2**). É ela que mantém o sistema em equilíbrio.

A densidade de uma camada de água do mar depende principalmente da sua temperatura e da quantidade de sal que ela contém. Quando ocorrem mudanças nessas propriedades, a coluna d’água pode se desequilibrar, fazendo com que algumas massas de água subam ou afundam para restabelecer o equilíbrio.

Esse desequilíbrio marca o início do movimento vertical no oceano e atua como um “motor” que conduz o movimento das massas de água nas profundezas, onde o vento não tem mais efeito. Esse processo é conhecido como “**circulação termohalina**”, onde o nome vem de temperatura (**termo**) e salinidade (**halina**), as duas principais propriedades

que controlam essa circulação.

Mas, para que esse desequilíbrio aconteça, é preciso existir um “gatilho”. Lembra do exemplo do copo com água e óleo? Quando o agitamos, rompemos o equilíbrio e as substâncias se misturam por um momento. No oceano, o mesmo princípio se aplica, algo precisa perturbar o sistema para que as águas entrem em movimento. O que será que acontece?

Antes de desvendar o que desencadeia o início da circulação, vamos discutir como a temperatura e a salinidade influenciam o equilíbrio da água no oceano.

2.Flutuabilidade da água e a Origem da Circulação Termohalina

A flutuabilidade é a força que faz um corpo ou uma parcela de água subir ou descer, dependendo de sua densidade em relação ao meio ao redor. De forma simples, ela é o resultado do equilíbrio entre o peso do “corpo” e a força de empuxo, que é exercida pelo fluido ao redor. Por exemplo, se a densidade do corpo for menor que a do fluido, ele flutua; se for maior, ele afunda. É o princípio que faz um navio permanecer na superfície ou um cubo de gelo boiar na água. O mesmo acontece com as massas d’água, as águas mais densas afundam enquanto as menos densas permanecem na superfície.

Como mencionado anteriormente, a densidade da água do mar depende da sua temperatura e salinidade. Quando a água está fria, as moléculas ficam mais próximas umas das outras, e a tornam mais “pesada”. Já quando a água está quente, as moléculas se afastam, deixando a substância menos densa e mais “leve”. No oceano, isso significa que as águas frias tendem a afundar, enquanto os quentes permanecem na superfície.

O sal também influencia a densidade, quanto maior a concentração de sal, mais densa ela se torna, pois, os íons de sal ocupam os espaços entre as moléculas de água, tornando-a “mais pesada”. Da mesma forma, quanto menor a salinidade, menor é a densidade. Um bom exemplo é o Mar Morto, onde a quantidade de sal é tão alta que as pessoas flutuam com facilidade. Isso acontece porque a água do mar se tornou muito mais densa pela quantidade de sal do que o nosso corpo.

Agora que entendemos como temperatura e salinidade controlam a densidade da água do mar, podemos explorar os processos que alteram essas propriedades e como se dá a origem da circulação termohalina.

A circulação termohalina tem origem nas regiões mais frias do Atlântico Norte e no Oceano Austral (Antártica), onde a água da superfície passa por processos importantes: a evaporação provocada pelo vento, o congelamento da água do mar e a rejeição salina.

Quando o vento sopra sobre o oceano, ele ajuda as moléculas de água a escaparem para o ar, dando origem à evaporação. Nesse processo, apenas a água pura evapora, enquanto o sal permanece no oceano. Como resultado, a água que sobra se torna mais salgada e, consequentemente, mais densa. O mesmo acontece quando a água do mar congela. Apenas a água doce vira gelo, e o sal é “empurrado” para as camadas abaixo,

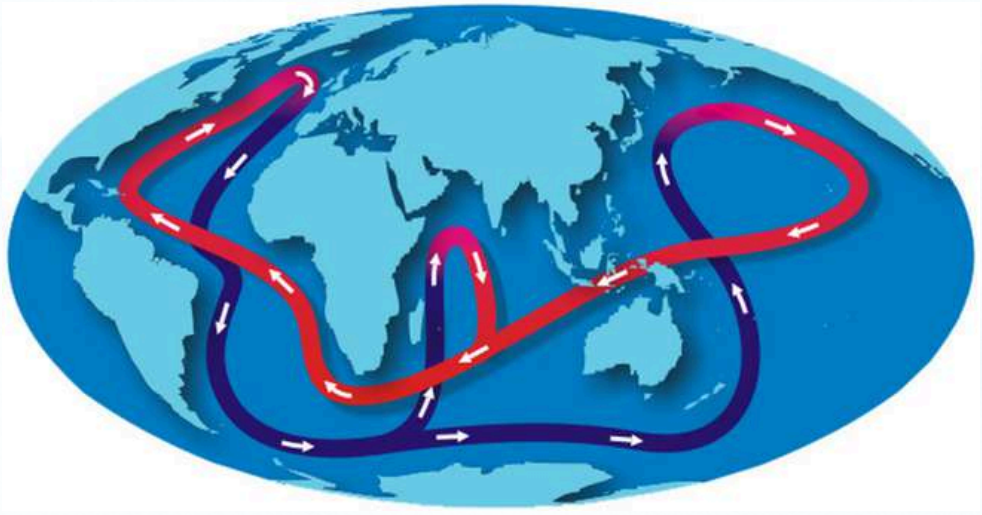
esse processo é chamado de rejeição salina. Esses processos fazem com que se forme uma camada de água mais densa sobre uma menos densa. Além disso, ao soprar sobre a água, o vento retira calor da camada superficial do oceano, via evaporação (calor latente), deixando-a mais fria, e, portanto, mais densa. Também vale destacar aqui que durante o inverno, a temperatura do ar é menor que a temperatura da água do mar, o que também resulta na transferência de calor do oceano para a atmosfera. Neste última caso, o processo de transferência de calor ocorre via condução (calor sensível).

Antes desses processos, as camadas de água estavam em equilíbrio, com a água mais leve em superfície e a mais pesada no fundo. Quando esse equilíbrio é rompido, o oceano fica instável e tende a voltar à sua condição natural de equilíbrio. A maneira mais simples de isso ocorrer é a água mais densa afundando, disparando o gatilho para o início da circulação termohalina.

Dessa forma, a circulação termohalina começa quando águas da superfície afundam até camadas mais profundas, dependendo de quão densas elas são. Esse movimento é chamado de **convecção profunda do Atlântico Norte**.

Depois de afundar, essas águas viajam lentamente pelo oceano profundo em direção às altas latitudes do Hemisfério Sul. Durante essa viagem, quando essas águas passam por regiões mais quentes (equador e trópicos), elas recebem calor e ficam menos densas, o que permite que uma parte delas subam novamente para a superfície. Entretanto, boa parte dessa massa de água segue para os Oceanos Índico e Pacífico. Esse movimento de afundar e subir cria um ciclo contínuo de água que mantém em funcionamento a circulação termohalina em todo o oceano (Figura 1). O mapa da Figura 1 mostra como o calor é transportado pelos oceanos por meio da circulação termohalina. Ele destaca o trajeto da água que se forma nas regiões frias do Atlântico Norte, mencionada anteriormente. Essa massa d'água e outras que se formam no Atlântico são responsáveis pela circulação termohalina da região, e é sobre elas que falaremos a seguir.

Figura 1: A Grande Corrente Oceânica - A linha azul escura representa a corrente de água profunda, fria e mais salgada. A linha vermelha indica a corrente mais rasa e quente.



Fonte: NOAA.

3. O Papel da Circulação Profunda

A circulação termohalina tem um papel extremamente importante para os oceanos e a vida na Terra. Vamos lembrar que cada camada de água possui suas próprias características. Antes de afundar, essa camada não carregava apenas temperatura e salinidade, mas também outras propriedades, incluindo partículas sólidas, substâncias dissolvidas e gases, especialmente oxigênio.

Quando a água afunda, essas propriedades descem junto com ela. Isso é extremamente importante, porque, por exemplo, a água da superfície absorve o oxigênio da atmosfera e consegue levá-la para as regiões mais profundas do oceano. Por esse motivo, podemos dizer que a circulação termohalina funciona como um grande "sistema respiratório" dos oceanos, sustentando a vida nas zonas profundas.

Além disso, a circulação termohalina também é essencial no ciclo do carbono. O dióxido de carbono (CO_2) é um gás do efeito estufa, e se estiver em excesso na atmosfera, pode prejudicar o clima do planeta. Embora muita gente pense que a maior parte do CO_2 está no ar, na verdade grande parte fica armazenada nos oceanos e na terra firme, em plantas e solos.

O CO_2 se dissolve mais facilmente na água do mar, principalmente nas regiões frias, o que facilita que o CO_2 da atmosfera entre no oceano. Depois, esse gás é levado para as águas profundas pelo movimento das massas de água, onde pode ficar armazenado por cerca de mil anos. Quando essas águas retornam à superfície, como a água está mais quente, parte do CO_2 volta para a atmosfera.

Além de transportar oxigênio e carbono, a circulação termohalina também tem um papel muito importante na distribuição de calor pelo planeta. Conhecida como "corrente transportadora", ela leva o calor das regiões tropicais para as polares, ajudando, por exemplo, a evitar que partes do norte da Europa congelem. Pesquisas mostram que, se essa circulação parasse, o equilíbrio do clima na Terra mudaria bastante: o Hemisfério Norte ficaria mais frio, enquanto o Hemisfério Sul ficaria mais quente. Isso mostra como alterações nesse sistema podem afetar fortemente o clima e a distribuição de energia no planeta.

4. AMOC: Circulação Meridional do Oceano Atlântico

Agora que entendemos como a circulação termohalina funciona, podemos entender onde ela se encaixa nos oceanos. Todos os oceanos possuem um sistema de circulação termohalina crucial para a vida marinha que se interligam entre as bacias. O Oceano Atlântico possui a AMOC, a Circulação Meridional do Oceano Atlântico que é uma parte crucial da circulação global.

A **AMOC** é um sistema que funciona como uma grande transportadora que move água e calor pelo Oceano Atlântico. Ela é composta por dois fluxos principais. O primeiro é um fluxo de água quente e superficial que viaja em direção ao Norte. Quando essa água quente chega às regiões polares, ela esfria muito, afunda em um processo chamado convecção profunda, e então retorna para o sul nas profundezas, formando a **Água Profunda do**

Atlântico Norte (APAN). O segundo fluxo começa perto da Antártica, onde a água se torna extremamente fria e salgada, afundando e se transformando na **Água Antártica de Fundo (AAF)**. A AAF viaja para o Norte e, em certas regiões, sobe e se mistura com a APAN, completando o ciclo. Esse transporte de água quente para o Norte e fria para o Sul é um processo muito lento, levando cerca de **1000 anos** para a água completar uma única viagem. As águas frias e profundas da AMOC carregam consigo propriedades químicas e físicas únicas, funcionando como um grande reservatório que **modula o clima** do planeta. Por isso, a intensidade da AMOC, ora mais intensa, ora mais enfraquecida, é um fator crucial que determina as variações climáticas globais.

5. AMOC e as mudanças climáticas

Oscilações na intensidade da AMOC são palco de muitos estudos nos últimos anos. Com as mudanças climáticas a todo vapor, o planeta sofre com aquecimento nunca observado antes em algumas regiões. Isso altera todo o sistema de circulação termohalina!

Já entendemos o papel da circulação termohalina no planeta como remoção de carbono da atmosfera e o armazenando em altas profundidades, transporte de calor pelo oceano e temperatura da superfície do mar. Estudos indicam que essas mudanças na AMOC têm diferentes consequências a depender da intensidade.

E como isso acontece? Vamos entender como aquecer o planeta pode resultar no enfraquecimento da AMOC. Veja bem, já vimos que é necessário que os ventos frios atuem retirando calor para que a massa de água chamada APAN afunde e, então, circule pelo planeta. Se a região, onde a APAN está, aquece em vista das mudanças climáticas, os ventos responsáveis por esse processo não terão capacidade de retirar o calor, o que não permite com que APAN afunde. Além disso, com o derretimento de calotas polares, as águas se tornam menos salinas por conta da diluição e então, sua densidade diminui, o que a impede de afundar. Se a APAN não consegue se formar, toda a circulação desacelera e não efetua seu papel com sucesso.

O **enfraquecimento da AMOC** (desaceleração da corrente) provoca impactos climáticos significativos, que não são distantes de nós. Por exemplo, pode causar o **resfriamento do Ártico** e alterar os **padrões de monções** (chuvas) globais. Em um prazo mais curto, a AMOC influencia diretamente a **temperatura da superfície do Atlântico**. As atividades humanas que desequilibram esse sistema têm consequências graves, como o aumento de **tempestades intensas** e a ocorrência de **secas extremas**, afetando inclusive o **padrão de chuvas no Brasil**. Além de modular o clima, a AMOC é fundamental para a **vida marinha**, pois é responsável pelo **transporte e armazenamento de calor e oxigênio** no oceano, elementos vitais para a saúde dos ecossistemas marinhos e, consequentemente, para a saúde do planeta e da população.

Saiba Mais

Massas de Águas profundas do Atlântico

As massas de água são grandes volumes de água com características químicas, físicas e dinâmicas únicas que compõem a coluna d'água. As massas de água podem ser superficiais, intermediárias e de fundo. Para o nosso melhor entendimento sobre a circulação termohalina do oceano Atlântico é importante compreender quem são e como são formadas as massas de água que são transportadas por ela. Como a circulação termohalina ocorre em maiores profundidades, vamos adentrar um pouco em como essas águas profundas do Atlântico são formadas.

1. **Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)**

A Água Profunda do Atlântico Norte é característica por sua alta salinidade, alta concentração de oxigênio e baixo teor de nutrientes e ela está localizada entre 1500 e 3500 m de profundidade. Sua formação se localiza principalmente no Mar do Labrador entre a Groenlândia, Noruega e Islândia. A partir então do momento que esta água é formada e passa pelo processo de subducção, ou seja, afunda na coluna d'água, ela inicia sua jornada pelo oceano. Ela começa se movimentando para o sul, margeando o contorno dos oceanos, onde as correntes são rápidas e fortes. Ao atingir o equador, pela costa leste da América do Sul, o fluxo principal inicia um movimento para leste na altura da bacia do Brasil. Após isso, a APAN, agora mais homogênea por conta da mistura que ocorre durante o seu trajeto, dirige-se para a ponta sul africana. Parte do fluxo adentra a circulação antártica e a porção restante segue para o norte no Oceano Índico. A circulação e viagem da APAN é provavelmente a mais longa e complexa das massas de água do Atlântico.

2. **Água Antártica de Fundo (AAF)**

Entre 20 e 50 milhões de metros cúbicos de Água Antártica de Fundo são formados no Oceano Austral no Mar de Weddell. A AAF é a mais densa das massas d'águas e por isso se localiza mais próxima do fundo oceânico. Sua formação é por meio da rejeição salina, e por conta da topografia de fundo complexa da região, a água formada não consegue em sua maioria escapar do Oceano Austral. A porção que consegue "fugir" deste giro, leva o nome de Água Antártica de Fundo que se espalha pelo leito oceânico em direção ao norte do Atlântico, passando pela bacia argentina e seguindo para a bacia brasileira. Ao atingir o Equador, a corrente que transporta a AAF é dividida entre dois fluxos: (1) em direção oeste e volta para o sul novamente junto a APAN e (2) que cruza o equador em direção ao norte.

Atividade Sugerida

Atividade 1

Habilidades BNCC:

- (EF05CI01); (EF07CI07);

1) Na oceanografia, estudam-se várias características da água do mar, como temperatura, salinidade (quantidade de sal) e densidade. Essas propriedades se relacionam entre si e influenciam o movimento das massas de água no oceano.
Com base nisso, assinale a alternativa correta:
A) A densidade da água do mar diminui quando a salinidade e a profundidade aumentam.
B) As águas da superfície são sempre mais densas que as águas profundas por causa do calor do Sol.
C) A salinidade da água do mar é igual em todos os lugares e profundidades, não afetando a circulação.
D) A temperatura da água do mar quase não muda com a profundidade.
E) A temperatura e a salinidade afetam a densidade da água do mar — quanto mais fria e salgada, mais densa ela é.

RESPOSTA: E) A temperatura e a salinidade afetam a densidade da água do mar — quanto mais fria e salgada, mais densa ela é.

Justificativa: quando a água está mais fria, suas moléculas ficam mais próximas umas das outras, tornando-a mais densa. E quanto maior a quantidade de sal dissolvido, maior a densidade, pois o sal adiciona massa à água.

2) A quantidade de gás carbônico (CO_2) dissolvido na água do mar depende de fatores como temperatura e pressão. Sabe-se que o CO_2 se dissolve melhor em águas frias e sob alta pressão. Com base nessas informações, em qual ambiente marinho é esperado encontrar maior concentração de CO_2 dissolvido?
Alternativas:
A) Águas quentes e rasas das regiões tropicais.
B) Águas frias e profundas das regiões polares.
C) Águas quentes e profundas das regiões equatoriais.
D) Águas frias e rasas das regiões polares.
E) Águas temperadas e rasas das regiões costeiras.

RESPOSTA: B) Águas frias e profundas das regiões polares.

Justificativa: A solubilidade do CO_2 aumenta com a diminuição da temperatura e com o aumento da pressão. Por isso, as regiões polares, que são frias, e as zonas profundas do oceano, que têm alta pressão, concentram mais gás carbônico dissolvido.

Atividade 2 - Aula Prática: A temperatura e a densidade

● Objetivo: Compreender como temperatura e salinidade influenciam o movimento das águas, simulando de forma simples a circulação termohalina.

● Materiais:

- 2 recipientes transparentes (como copos, potes ou bandejas)
- Água
- Cubos de gelo
- Sal de cozinha
- Corante alimentício (azul e vermelho)
- Colher
- Bandeja ou superfície para apoiar os potes

● Passo a passo:

- No primeiro copo, coloque água fria com gelo e pingue corante azul (representa a água fria e densa das regiões polares).
- No segundo copo, coloque água morna e pingue corante vermelho (representa a água quente e menos densa das regiões tropicais).
- Adicione sal à água fria (2 colheres de sopa) e misture bem.

OBS: Explique que o sal aumenta a densidade da água.

-Com cuidado, despeje lentamente a água quente (vermelha) sobre a água fria (azul) usando uma colher.

● Conclusão:

1. A água fria e salgada (azul) tende a afundar, enquanto a água quente (vermelha) fica na superfície.

Recursos complementares sugeridos

- FLUTUABILIDADE

https://sites.usp.br/cdcc/wp-content/uploads/sites/512/2019/08/flutua_afunda.pdf

- CIRCULAÇÃO OCEÂNICA

Uma das correntes mais importantes do mundo está parando -Canal Ciência todo dia: https://www.youtube.com/watch?v=3EVpe88gYdc

Curiosidades: Circulação Termohalina - Canal HidroMares: https://www.youtube.com/watch?v=IsMOweCRw50

- FITOPLÂNCTON

https://earthobservatory.nasa.gov/features/Phytoplankton

- MAPAS GLOBAIS

https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps

- ATIVIDADES PRÁTICAS

Experimento de densidade da água similar a atividade proposta: https://www.youtube.com/shorts/5tbz1vMP96w?feature=share

- FILMES

O DIA DEPOIS DE AMANHÃ (2004)

Referências bibliográficas sugeridas

AKEN, V.; SPRINGERLINK (ONLINE SERVICE. The Oceanic Thermohaline Circulation: An Introduction. New York, Ny: Springer New York, 2007.

FRAJKA-WILLIAMS, E. et al. Atlantic Meridional Overturning Circulation: Observed Transport and Variability. Frontiers in Marine Science, v. 6, 7 jun. 2019.

NOAA. What is the AMOC? Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/amoc.html>.

TALLEY, L. D. et al. Descriptive Physical Oceanography : an Introduction. Burlington: Elsevier Science, 2011.

TIAGO CARRILHO BILÓ et al. Weakening of the Atlantic Meridional Overturning Circulation abyssal limb in the North Atlantic. Nature Geoscience, v. 17, n. 5, p. 419–425, 19 abr. 2024.

WESTEN, VAN et al. Physics-Based Indicators for the Onset of an AMOC Collapse Under Climate Change. Journal of Geophysical Research Oceans, v. 130, n. 8, 1 ago. 2025.

CAPÍTULO 38 - Ciclos biogeoquímicos: a engrenagem invisível da vida

Renata Caiado Cagnin[1], Fabio Cavalca Bom[2] e Fabian Sá[3]

[1 2 3] Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm)

Na natureza, nada é perdido: tudo se transforma. A água que evapora dos rios e mares volta em forma de chuva; o carbono que sai da respiração dos seres vivos é utilizado pelas plantas e por pequenas algas no mar (fitoplâncton); o fósforo que veio das rochas e solos pode chegar ao oceano e servir de alimento para seres microscópicos.

Essas transformações acontecem o tempo todo e formam o que chamamos de ciclos biogeoquímicos. Pelo significado da palavra, Bio quer dizer vida; Geo significa terra; e Químico diz respeito às transformações das substâncias. Este ciclo, portanto, é o caminho que os elementos químicos fazem entre os seres vivos, o solo, a água e o ar. Sem esses ciclos, a vida na Terra — e especialmente no oceano — não existiria.

Os ciclos biogeoquímicos funcionam como uma engrenagem que mantém o planeta em equilíbrio. Eles reciclam nutrientes essenciais - como carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) - que circulam entre rios, mares, plantas, animais e microrganismos. Além destes, são também elementos essenciais à vida o oxigênio (O), o hidrogênio (H) e o enxofre (S), que fazem parte dos ciclos biogeoquímicos mais importantes. (**Dica**: a palavra “CHONPS” ajuda a lembrar destes elementos).

Nas regiões costeiras e de mar raso, essa engrenagem trabalha de forma intensa. Onde a luz do sol ainda penetra na coluna d’água e há mistura de águas doces e salgadas a vida marinha floresce em abundância: fitoplâncton, peixes, corais, algas e bactérias participam dessa grande reciclagem de nutrientes.
Podemos imaginar o mar como um coração do planeta, bombeando nutrientes e energia de volta para a superfície e guardando o excesso nos sedimentos, que são os materiais que se depositam no fundo e formam uma verdadeira memória química do oceano.

- O ciclo do carbono (C)

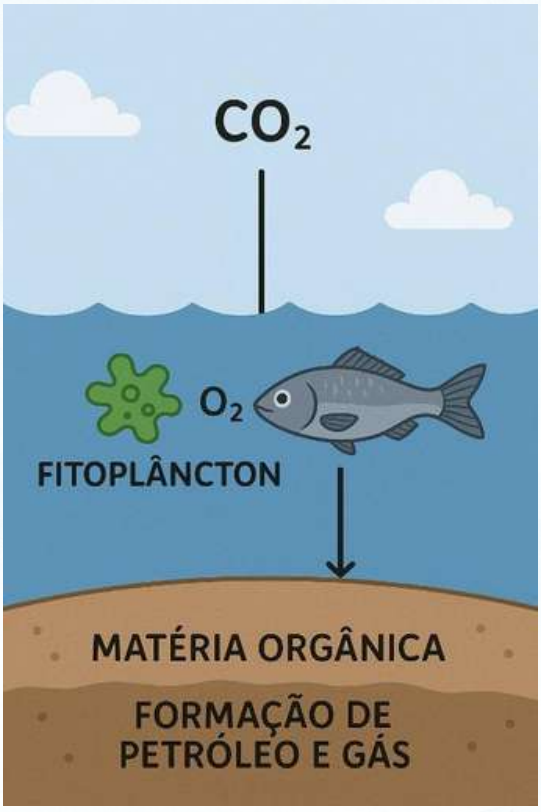
O carbono é um dos elementos mais importantes da Terra. Ele é a base de todas as moléculas orgânicas. Ele está no ar, nas plantas, nos animais, nas rochas e até nas conchas do mar. No ambiente marinho, o carbono circula em um ciclo constante, de acordo com a sequência abaixo e a Figura 1:
1. O gás carbônico (CO_2) está presente na atmosfera e se dissolve na água do mar;
2. O fitoplâncton usa esse gás para fazer fotossíntese e produzir oxigênio e matéria orgânica;

3. Parte do carbono (matéria orgânica) vira alimento para os organismos maiores, como os peixes;
4. Quando os organismos morrem, parte do carbono (matéria orgânica) é consumido na própria coluna d'água, e o restante afunda e se deposita no sedimento do fundo do mar e podem dar origem aos combustíveis fósseis milhões de anos depois.

Esse processo é chamado de bomba biológica de carbono, que leva o carbono da superfície até o fundo do mar. O oceano é um enorme depósito natural que ajuda a regular o clima da Terra.

Uma grande quantidade de carbono também fica guardada por milhões de anos no fundo do oceano, formando carvão, petróleo e gás natural. Quando esses combustíveis fósseis são queimados, o CO_2 é liberado novamente para a atmosfera. O CO_2 é um dos principais gases do efeito estufa, que segura o calor que a Terra reflete para o espaço. Quando há CO_2 em excesso, o planeta fica mais quente, gerando o aquecimento global e as mudanças climáticas.

Figura 1: Ciclo do carbono no oceano. O CO2 presente na atmosfera se dissolve no mar e é absorvido pelo fitoplâncton e algas marinhas, que liberam O2 para a respiração dos organismos. Este carbono é transformado em outros sais na água do mar e também são utilizados por organismos na produção das conchas e esqueletos calcários (que posteriormente formam o sedimento carbonático). O acúmulo de matéria orgânica no fundo do oceano forma petróleo e gás com o tempo (milhões de anos), que depois são utilizados como combustíveis fósseis pelos humanos, retornando o CO2 para a atmosfera e aumentando o efeito estufa.



Fonte: Autoria própria com o auxílio do ChatGPT.

- O ciclo do hidrogênio (H)

A maior parte do hidrogênio da Terra está presente na água — nos oceanos, rios, lagos e até nas nuvens. Quando a água evapora, chove ou infiltra no solo, o hidrogênio se move junto com ela, participando do ciclo da água.

Durante a fotossíntese, do fitoplâncton e algas maiores usam a água (H_2O) e a energia do Sol para formar glicose, liberando oxigênio (O_2). Nessa reação, o hidrogênio da água se junta ao carbono (C) para formar moléculas orgânicas.

Quando os seres vivos respiram ou quando organismos morrem e se decompõem no fundo do mar, o hidrogênio dessas moléculas volta à natureza, formando água (H_2O) ou metano (CH_4) — um gás que também participa do aquecimento global.

Pequenas quantidades de hidrogênio também estão na atmosfera, e ele tem sido estudado como fonte de energia limpa, pois sua queima não polui: o produto é apenas água.

- O ciclo do oxigênio (O)

O oxigênio no mar é produzido durante a fotossíntese principalmente pelo fitoplâncton, estas últimas fazem parte do fitoplâncton. Elas usam gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), e com a energia do sol produzem glicose (alimento) e liberam oxigênio (O_2) no ar. Abaixo segue a fórmula da fotossíntese:

$$6CO2 + 6H2O \quad C6H12O6$$

Os animais, seres humanos e até as próprias plantas à noite usam o oxigênio para respirar. Durante a respiração celular, o oxigênio ajuda a transformar o alimento em energia, liberando CO_2 e água.

O oxigênio também se dissolve na água, permitindo que peixes e outros organismos marinhos respirem. No sedimento, ele participa da decomposição, ajudando as bactérias e fungos a quebrar a matéria orgânica e devolver nutrientes à natureza.

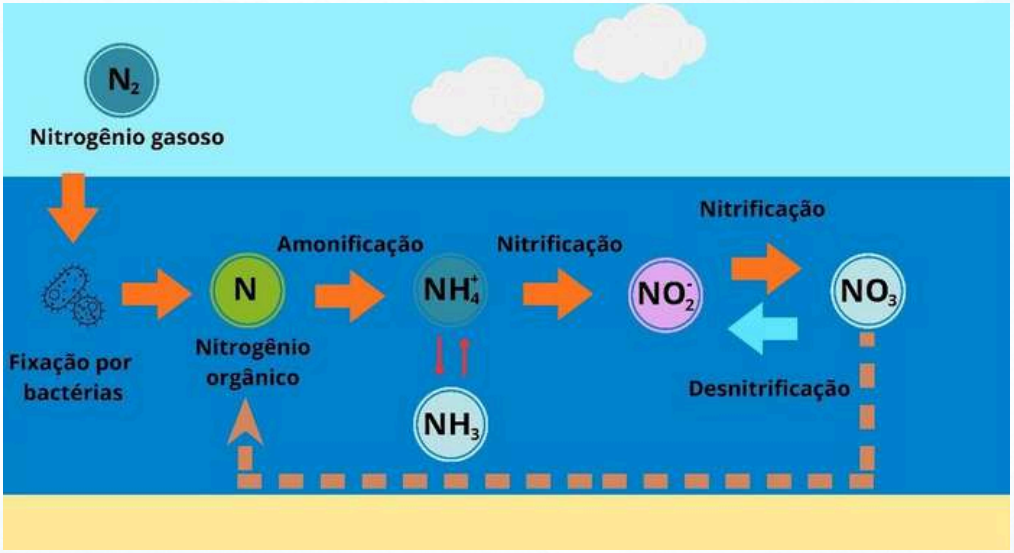
Na atmosfera, parte do oxigênio se transforma em ozônio (O_3), formando a camada de ozônio, que protege a Terra dos raios ultravioleta do Sol. Esse processo mantém o equilíbrio entre o O_2 e o O_3, essencial para a vida.

- O ciclo do nitrogênio (N)

O nitrogênio é o elemento mais abundante da atmosfera, mas os seres vivos não conseguem usá-lo diretamente. É aí que entram as bactérias, verdadeiras fábricas invisíveis do mar. Elas transformam o gás nitrogênio (N_2) em formas que o fitoplâncton consegue aproveitar, como amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Esse processo é chamado de fixação biológica do nitrogênio (Figura 2).

No ambiente costeiro, as bactérias vivem em manguezais, estuários e sedimentos rasos. Quando os organismos crescem e morrem, o nitrogênio é novamente liberado na água, reiniciando o ciclo.

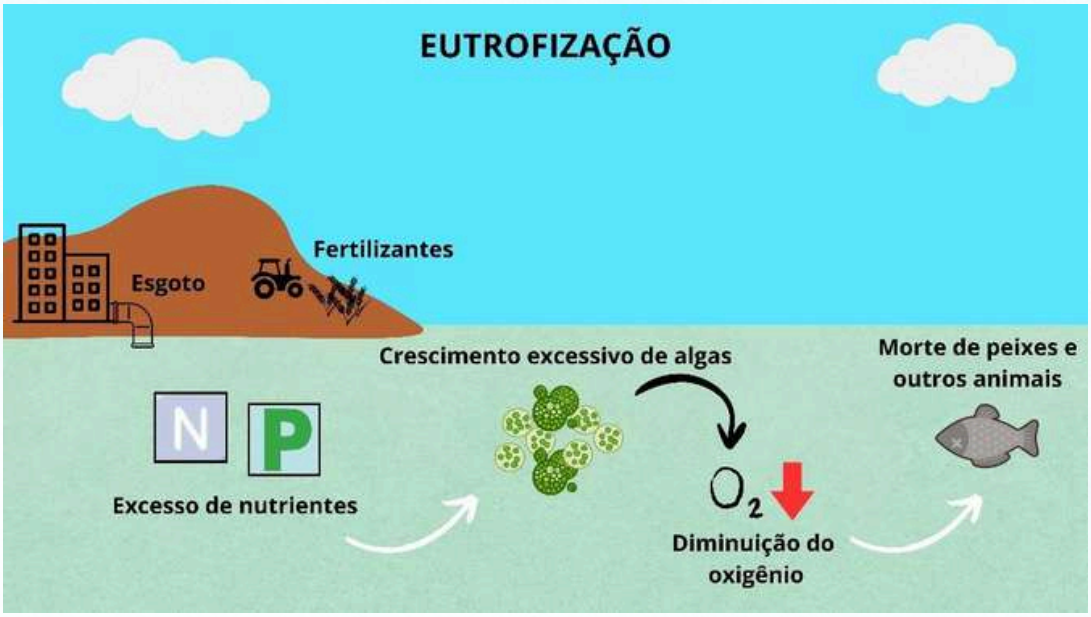
Figura 2: Esquema do ciclo do nitrogênio no mar, que começa com a fixação do nitrogênio gasoso (N_2) por bactérias e cianobactérias, que o transformam em amônia (NH_4^+). Essa amônia pode ser nitrificada em nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), formas usadas pelo fitoplâncton para crescer. Quando os organismos morrem, a decomposição libera novamente amônia na água. Em regiões com pouco oxigênio, o nitrato é convertido em N_2 por bactérias em um processo chamado desnitrificação, devolvendo o nitrogênio à atmosfera. Assim, o elemento circula continuamente entre a água, os seres vivos e o ar, sustentando a vida marinha.



Fonte: Autoria própria utilizando o Canva.

Quando entra nitrogênio demais no sistema, vindo do esgoto doméstico ou de fertilizantes agrícolas, o equilíbrio se perde. O fitoplâncton cresce rápido demais, deixando a água turva e pobre em oxigênio formando o fenômeno chamado eutrofização (Figura 3).

Figura 3: Processo de eutrofização no ambiente costeiro. O aumento do aporte de nutriente continental no oceano gera a proliferação de algas e aumento da degradação da matéria orgânica, que consome o oxigênio disponível gerando hipóxia (falta de oxigênio para os organismos).



Fonte: Autoria própria utilizando o Canva.

- O ciclo do fósforo (P)

O fósforo é essencial para a vida. Ele vem das rochas e solos e é levado pelos rios até o mar. Nos sedimentos costeiros e de plataforma, o fósforo circula de várias formas: parte está dissolvida na água intersticial (na forma de ortofosfato), outra parte se liga a minerais como ferro e carbonatos, e uma fração é incorporada a conchas e esqueletos, formando os minerais de apatita. Quando o fundo do mar tem pouco oxigênio, parte desse fósforo pode voltar à água, alimentando o crescimento do fitoplâncton. Os impactos causados pelo ser humano geram desequilíbrio no aporte de fósforo ao meio ambiente (vindo do esgoto, por exemplo), o que também contribui para o processo de eutrofização.

- O ciclo do enxofre

O ciclo começa quando o gás sulfídrico (H_2S) e o dióxido de enxofre (SO_2) são liberados por vulcões, queimadas ou pela decomposição de organismos. Esses gases reagem com o oxigênio e formam sulfatos (SO_4^{2-}) — partículas que voltam à superfície terrestre com a chuva, caindo sobre os oceanos.

Quando o enxofre chega ao oceano, ele se mistura com a água e se transforma em íons sulfato, a forma mais estável do enxofre na água do mar. Esses sulfatos servem de nutrientes para microrganismos, especialmente o fitoplâncton, que usam o enxofre em seus processos vitais. O enxofre entra na cadeia alimentar quando o fitoplâncton o incorpora em suas células. Peixes, moluscos e outros organismos consomem esse fitoplâncton, e o enxofre vai passando de um nível trófico para outro. Quando os seres vivos morrem, bactérias decompositoras transformam o enxofre orgânico novamente em formas inorgânicas, como sulfeto (S^{2-}) e gás sulfídrico (H_2S).

Nos sedimentos marinhos, o enxofre é muito ativo em reações químicas. Lá vivem bactérias redutoras de sulfato, que “respiram” sulfato em vez de oxigênio e produzem H_2S, comum em zonas sem oxigênio (anóxicas). Esse gás pode reagir com metais (como o ferro) e formar minerais de sulfeto, como a pirita (FeS_2), que se acumula nos sedimentos.

Com o tempo, parte do enxofre volta à atmosfera em forma de gases (H_2S, DMS ou dimetilsulfeto). O DMS, produzido pelo fitoplâncton, é especialmente importante: ele ajuda a formar nuvens e influencia o clima da Terra. Assim, o ciclo se fecha — o enxofre viaja entre o oceano, a terra e o ar, mantendo o equilíbrio do planeta.

- Quando o equilíbrio se perde

Todos os ciclos estão interligados. Se um é afetado, os outros também são. Quando há poluição, o excesso de nutrientes pode causar floradas de algas, que bloqueiam a luz e reduzem o oxigênio da água. Além disso, o aquecimento global afeta o ciclo do carbono, aumentando a temperatura da água e reduzindo a absorção de CO_2.

Mas podemos ajudar: cuidando do saneamento básico (tratamento de água e esgoto, e coleta de resíduos sólidos), prezando por fontes renováveis de energia e protegendo

manguezais e restingas. A natureza é uma grande balança: quando cuidamos dos ciclos, ela se mantém em equilíbrio.

Saiba Mais

1. Apesar das florestas serem chamadas de pulmão do planeta, mais da metade do oxigênio que respiramos vem do oceano! Quem produz tudo isso? Microalgas e cianobactérias, que fazem parte do fitoplâncton e realizam a fotossíntese.
2. Na região costeira do Brasil, especialmente próximo à costa de Cabo Frio (RJ), acontece a ressurgência (ver capítulo 19), que é a subida das águas frias do mar profundo à superfície e essa água é muito rica em nutrientes, o que potencializa os ciclos biogeoquímicos no mar (Figura 4).

Figura 4: Esquema da ressurgência costeira, que é quando as águas frias ricas em nutrientes sobem à superfície pela ajuda do vento, que empurra a água superficial mais quente para longe da costa através do Efeito de Coriolis.

Fonte: Autoria própria utilizando o Canva.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EM13CNT105); (EM13CNT203);

Atividade 1

O ciclo do carbono em uma garrafa:

Misture água, vinagre e bicarbonato de sódio em uma garrafa. O gás liberado representa o CO_2 — o mesmo que as algas usam para crescer e produzir oxigênio no mar.

Atividade 2

Simulando eutrofização com fermento:

Monte dois copos com água e fermento biológico. Adicione açúcar em apenas um. Observe a diferença de bolhas e turbidez — o açúcar representa o excesso de "nutrientes" que faz o sistema se descontrolar, como acontece na eutrofização.

Atividade 3

O mapa dos nutrientes:

Desenhe um mapa da região onde vivem, marcando montanhas, rios e o mar, e discutam em grupo como os nutrientes viajam por esses caminhos.

Recursos complementares Sugeridos

Websites:https://pt.khanacademy.org/science/biology/chemistry--of-life;
https://www.bioicos.org.br/

Podcast: Ressurgência, propagando a oceanografia.

Referências bibliográfica sugeridas

ADUAN, R. E., Vilela, M. D. F., & Dos Reis Júnior, F. B. (2004). Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta.

Ciclos biogeoquímicos. Arco Editora. ISBN 978-65-5417-016-1.

da Silva Rosa, R., Messias, R. A., & Ambrozini, B. (2003). Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável. IQSC-USP.

Hatje, V., Costa, M. F. D., & Cunha, L. C. D. (2013). Oceanografia e Química: unindo conhecimentos em prol dos oceanos e da sociedade. Química Nova, 36, 1497-1508.

MONTES, M. D. J. F., ZANARDI-LAMARDO, E., & YOGUI, G. T. (2021). Introdução à oceanografia química. DO MAR, 52.

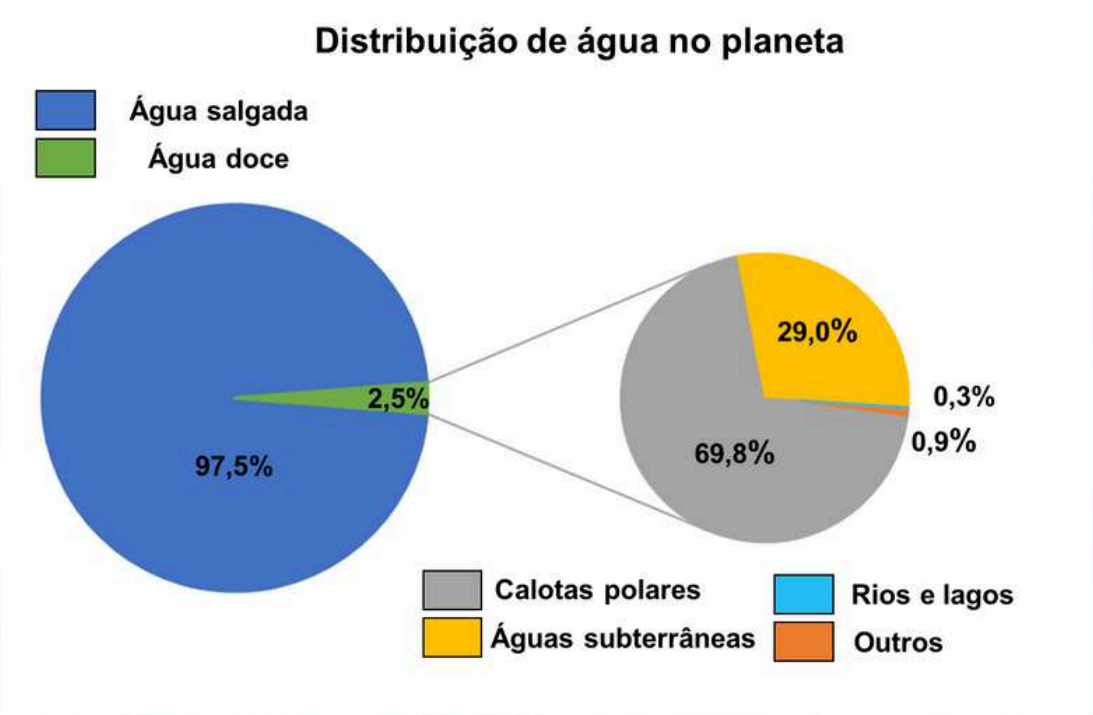
CAPÍTULO 39 - A água e sua composição química

Fabio Cavalca Bom[1], Renata Caiado Cagnin[2] e Fabian Sá[3]

[1 2 3] Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm)

Planeta Terra ou Planeta água? Essa pergunta é sempre feita quando analisamos a proporção entre a área superficial de terra e de água no nosso planeta. É sabido que a água recobre mais de 70% da superfície da Terra e em sua maioria ela é salgada, representando mais de 97% do total de água presente (Figura 1).

Figura 1: Distribuição de água no planeta.



Fonte: Autoria própria utilizando o Canva.

Por conta dessa grande abundância, a água acaba sendo um bem tão familiar em nosso dia a dia que nem paramos para pensar de onde ela vem, quais as características únicas que permitem ela ser tão abundante e também que outros componentes estão presentes nela, como por exemplo o sal no oceano.

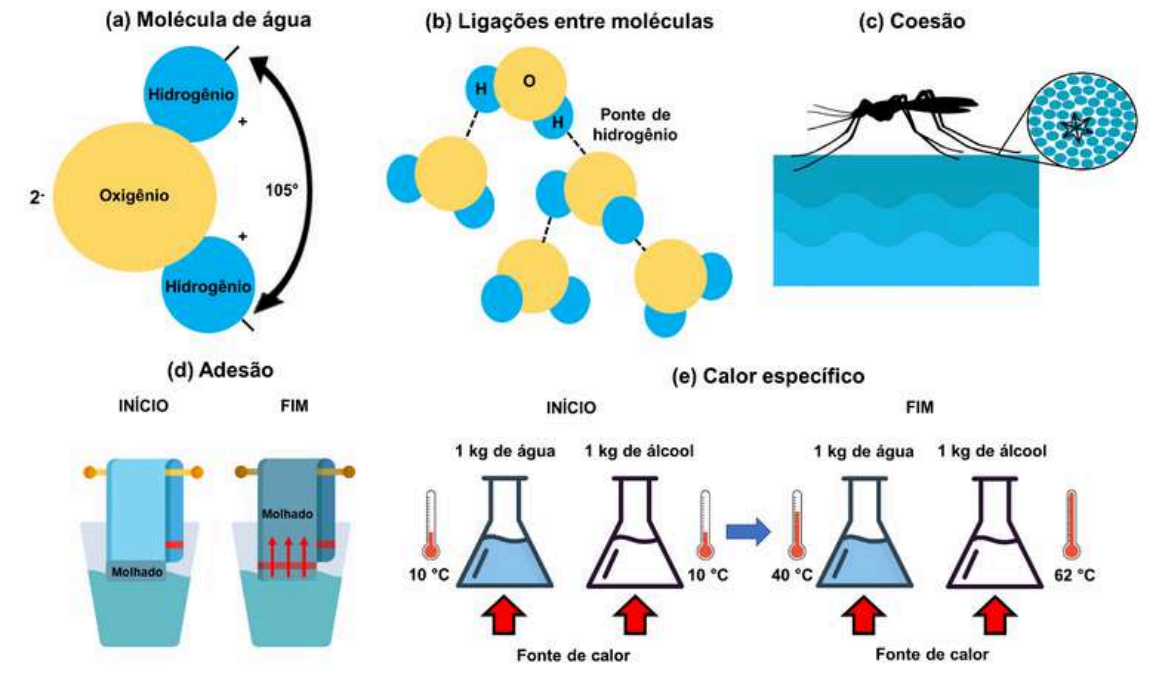
Há muitos anos cientistas se debruçam sobre qual é a origem da água na Terra, havendo muitas teorias que buscam resolver este mistério. Atualmente, é aceito pela comunidade científica que a origem da água na Terra é resultado de vários fatores: parte dela já existia quando o planeta se formou; outra parte pode ter chegado por asteroides e cometas que caíram aqui há bilhões de anos; e também que o hidrogênio e o oxigênio - dois elementos muito comuns no Universo - podem ter se combinado na atmosfera primitiva, formando a

água que conhecemos hoje. Mesmo com a dificuldade de se provar cada um desses fatores, um fato indiscutível é que a água está presente há muito tempo e que foi fator preponderante para a **vida no planeta**. No entanto, para que ela se mantivesse predominantemente em estado líquido, como observamos atualmente, uma série de interessantes aspectos referentes à molécula da água devem ser estudados.

A molécula de água e suas características únicas

A primeira delas pode ser atribuída à composição molecular da água, isto é, sua formação com duas moléculas de hidrogênio (que a conferem duas cargas positivas) e uma molécula de oxigênio (atribuindo-a uma carga negativa) (Figura 2a). Essa polaridade possibilita uma forte atração entre o hidrogênio de uma molécula com o oxigênio de outra, denominada **ponte de hidrogênio**, que faz com que as moléculas de água fiquem fortemente unidas (Figura 2b). Sem essas ligações o ponto de **ebulição da água** seria abruptamente mais baixo que o observado na natureza (menor que 0 °C), fazendo com que praticamente toda a água do nosso planeta estivesse no estado gasoso.

Figura 2: (a) composição molecular da água, com um átomo de oxigênio (extremidade negativa) e dois de hidrogênio (extremidades positivas), separados105° entre si; (b) ligações entre moléculas de água através de pontes de hidrogênio, que ocorrem entre o polo positivo de um hidrogênio e o polo negativo de oxigênio de outra molécula; (c) coesão da água, que é formada pela forte atração de moléculas iguais e possibilita na capacidade de suportar até mesmo um inseto na superfície formada; (d) adesão, que ocorre pela atração entre as moléculas de água e as moléculas de outras substâncias, permitindo por exemplo que uma toalha fique toda molhada, mesmo só tendo a ponta em contato com a água; (e) representação de distintos calores específicos, evidenciando a menor variação da temperatura da água quando comparada ao álcool, quando se utiliza da mesma quantidade de calor.



Fonte: Autoria própria utilizando o Canva.

Outras propriedades únicas da água - que ocorrem também por conta das ligações de hidrogênio - são a **coesão e adesão**. A primeira se refere à maior atratividade de moléculas de água por outras iguais, possibilitando uma forte união entre elas e a criação de uma película superficial que suporta até mesmo uma agulha ou um inseto (Figura 2c). A segunda está a capacidade da água aderir a sólidos, ou em outras palavras, a atração que as moléculas de água têm por moléculas de outras substâncias, possibilitando por exemplo que fiquem molhadas (Figura 2d). Juntas elas são a causa da ação capilar, extremamente importantes para processos **biológicos e físico-químicos.**

Por fim, outra característica distinta da água é o seu alto calor específico, que é uma medida de energia térmica utilizada para se elevar a temperatura de 1 grama uma determinada substância em 1 °C. Em outras palavras, é o "tanto de energia" necessário para esquentar um certo material. A água, por ter um calor específico alto, demora mais para esquentar — e também demora mais para esfriar (Figura 2e). Já o álcool, por exemplo, tem um calor específico baixo, então esquenta e esfria mais rapidamente.

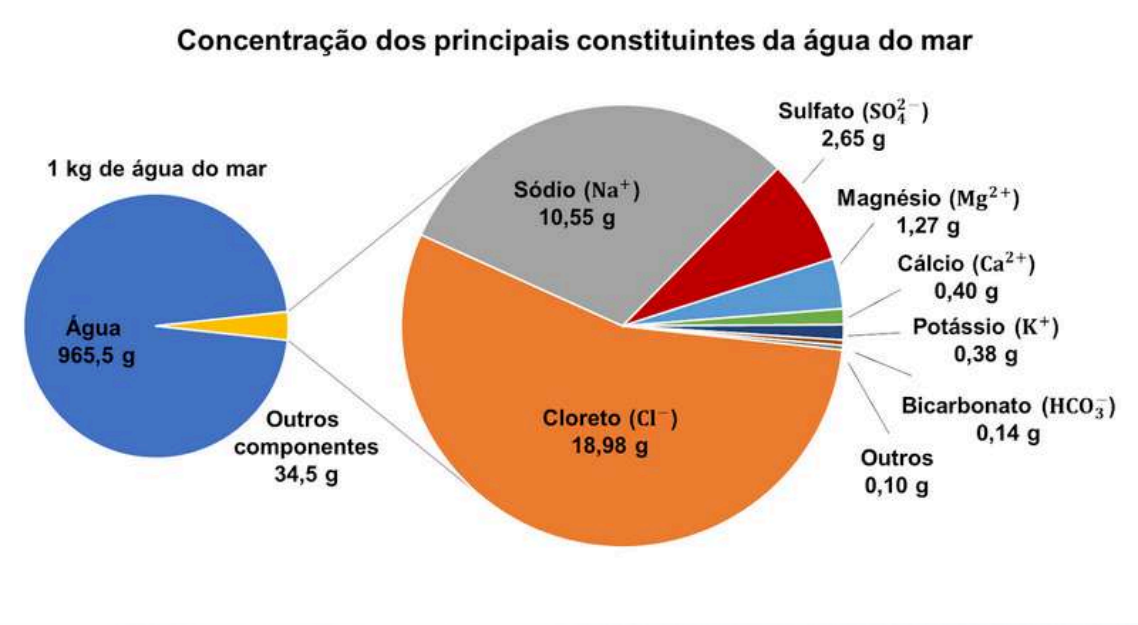
Todas essas características tornam a água um potente solvente, ou seja, é um líquido que tem a propriedade de dissolver diversas substâncias. Isso possibilita que sais, gases e nutrientes formem uma "sopa de ingredientes", sendo também essenciais à vida, a processos geológicos, físicos e químicos.

A água do mar

Como já mencionamos, a imensa maioria da água presente no planeta Terra está no oceano e sempre que vamos a uma praia e acabamos bebendo um pouco de água do mar sentimos que ela é salgada. Mas além do sal (chamado cientificamente de solutos inorgânicos dissolvidos), a água do mar possui também inúmeros outros constituintes, que podem também estarem na forma dissolvida (menores que 0,45 µm), particulada (maiores que 0,45 µm), de gases e coloides. Dentre seus componentes estão então os nutrientes, os restos de animais e plantas, minerais; gases (principalmente nitrogênio, oxigênio e gás carbônico); e outras partículas orgânicas ou inorgânicas minúsculas (menores que 0,45 µm) que não se dissolvem na água.

Como já mencionado, o mar é salgado por conta dos constituintes que estão nele dissolvidos, mas vocês já pararam para pensar qual é quantidade de sal e também qual a sua composição? Primeiro de tudo é importante entendermos o quanto de sal está dissolvido: em cada quilo de água do mar há aproximadamente 34,5 gramas de sais e estão em equilíbrio químico, ou seja, a proporção e quantidade não variam significantemente com o tempo. Dentre os principais constituintes se destacam sete íons, sendo três ânions (cloreto, sulfato e bicarbonato) e quatro cátions (sódio, magnésio, cálcio e potássio), que juntos representam mais de 99% desse material.

Figura 3: Representação dos principais constituintes da água do mar.



Fonte: Autoria própria utilizando o Canva.

Dentre eles, ainda se destacam o cloreto e o sódio - que compreendem cerca de 85% dos íons presentes – que são pouco reativos e biologicamente utilizados, aumentando assim a sua concentração ao longo do tempo. Em conjunto estes íons são extremamente importantes no nosso dia-a-dia: quando a água do mar evapora eles se combinam para formar o NaCl, que nada mais é que o sal que usamos para cozinhar! Além dele, outros sais também podem ser extraídos com distintas funções, como por exemplo o sulfato de magnésio (MgSO4), que possui usos medicinais e agrário.

Como mencionado anteriormente, além do sal, há também outros componentes presentes na água do mar, mas que estão em concentrações muitas vezes menores. Neles podemos incluir os **nutrientes**, os **materiais particulados** e os **gases**, que em conjunto são fundamentais para o desenvolvimento da vida na água, além serem importantíssimos dentro dos **ciclos biogeoquímicos** (ver capítulo 38 - Ciclos biogeoquímicos: a engrenagem invisível da vida). Dentre os nutrientes podemos dividi-los em dois grupos: macro e micronutrientes, que são distinguidos pelas concentrações aos quais estão presentes na água. Silício, nitrogênio e fósforo são os principais representantes dos macronutrientes, enquanto que ferro, cobre, zinco e manganês são os mais relevantes micronutrientes presentes no mar. A disponibilidade destes nutrientes permite a proliferação dos organismos fotossintetizantes - que são base da cadeia trófica marinha -, que servem de alimento para o zooplâncton, peixes pequenos e, indiretamente para todos os níveis tróficos superiores.

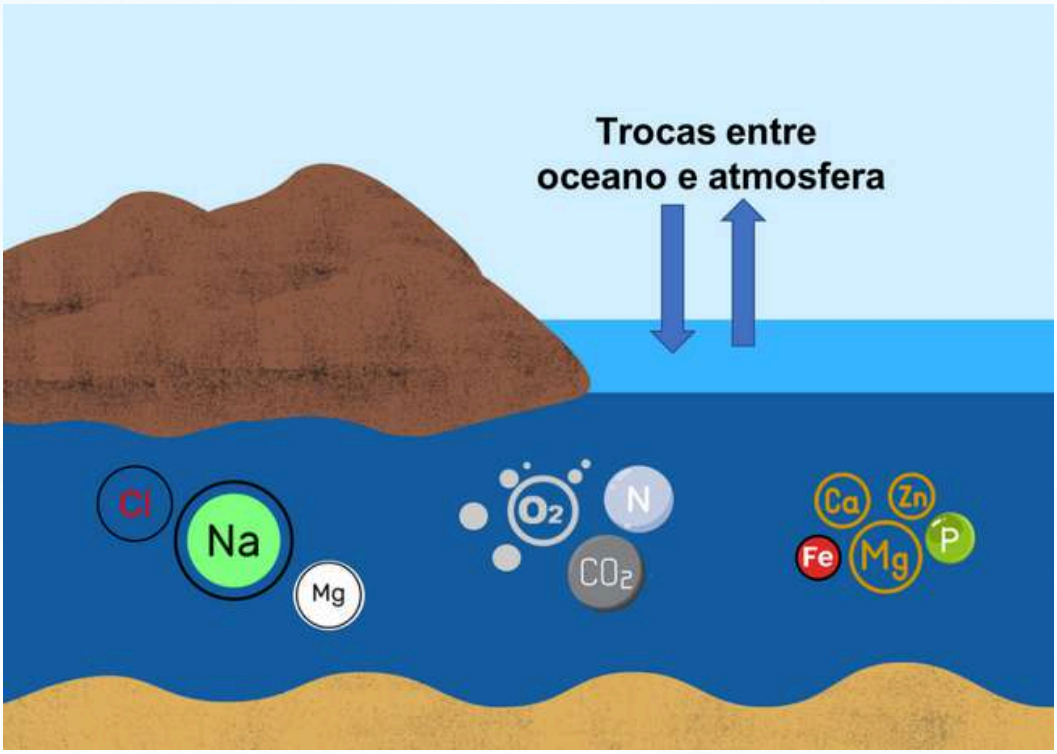
Os materiais particulados, por sua vez, são formados por pequenas partículas que ficam misturadas na água do mar. Elas podem ter diferentes tamanhos e formas e ser de origem mineral ou orgânica, tendo como fonte os ambientes terrestres, os seres vivos do mar ou até mesmo a atmosfera. Também possuem grande importância, já que servem de alimento para muitos organismos que filtram a água, participam das reações químicas,

contribuem para o crescimento de bactérias e para a formação de sedimentos no fundo. Além disso, o material particulado influencia a cor e a transparência da água, deixando-a mais ou menos turva a depender de sua concentração.

Por fim, temos também os gases presentes na água do mar. Eles são os mesmos que estão na atmosfera, ou seja, nitrogênio (N), oxigênio (O2) e gás carbônico (CO2), dentre outros, porém as concentrações são bem diferentes. A origem destes gases pode ser a própria atmosfera, a partir de trocas gasosas para buscar um equilíbrio entre eles e também por processos biológicos. O nitrogênio é considerado como um gás conservativo, ou, em outras palavras, que não varia ao longo da coluna d'água. Já os gases oxigênio e gás carbônico são não-conservativos, podendo variar suas concentrações a partir dos processos de fotossíntese, respiração e decomposição da matéria orgânica, sendo deste modo vitais para a vida marinha e para o clima do planeta.

Neste capítulo mostramos como a molécula de água é única, tendo propriedades físicas e químicas incomuns que possibilitam ser tão comum no nosso planeta. Também evidenciamos que a água salgada representa mais de 97% do total de água presente, ressaltando a importância em estudá-la, identificando quais seus principais constituintes. Ao longo do capítulo conseguimos concluir que a água do mar pode ser considerada como uma "sopa cheia de ingredientes", com diversos constituintes químicos naturais que a compõem e são essenciais para a vida no oceano (Figura 4).

Figura 4: A "sopa de ingredientes" que é o oceano, com a presença de sais, gases e nutrientes, que em conjunto são extremamente necessários para a vida na água.



Fonte: Autoria própria utilizando o Canva.

Atualmente, no entanto, há também vários outros compostos na água do mar, que quando em concentrações elevadas podem poluir e impactar o ambiente (ver capítulo 42 - Poluição Química do Oceano e 43 - Impactos dos Poluentes no Oceano). Por conta disso estes contaminantes precisam ser estudados para de alguma forma não causarem danos aos ecossistemas que há milhares de anos está quimicamente estável e que possibilitou a riqueza de vida que observamos no nosso dia-a-dia.

Saiba Mais

Já vimos que o oceano possui cerca de 34,5 g de sal dissolvido em cada quilo de água. Mas vocês já se perguntaram de onde vem o sal da água do mar? Como já foi falado, a água tem uma grande efetividade como solvente, então o resultado do intemperismo das rochas deve conter os principais componentes da água do mar, certo? Na verdade, a resposta dessa pergunta é “em partes”! Apesar da chuva e os rios desgastarem as rochas presentes da crosta terrestre, liberando por exemplo sódio, cálcio, bicarbonato e magnésio, estes elementos não são os únicos componentes do sal marinho.

Deste modo, a resposta dessa pergunta está também no interior da Terra. A atividade tectônica do planeta é um processo fundamental para presença de outros importantes sais do mar. Isso ocorre por exemplo através do extravasamento de algumas substâncias através de fendas oceânicas e vulcões, tais como dióxido de carbono, ácido clorídrico, enxofre, hidrogênio, flúor e nitrogênio, aos quais possibilitam juntamente com aqueles oriundos da intempérie superficial, perfazer os principais constituintes do oceano.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF02CI05); (EF04CI03); (EF05CI02); (EF05CI04); (EF03GE09); (EF05GE10); (EF06GE04);

Compreender a presença e a importância dos sais na água do mar, identificando seus efeitos sobre propriedades como densidade e condutividade elétrica. Para isso serão necessários três recipientes que caibam 1 L de água, 3 L de água (pode ser da torneira), 50 g de sal de cozinha (NaCl), um ovo cru e um circuito elétrico simples de LED.

1) Para preparar o experimento encha cada um dos 3 recipientes com 1 litro de água. Deixe o primeiro apenas com a água, coloque 15 gramas de sal no segundo e 35 gramas no terceiro.

2) A seguir, para o teste a condutividade elétrica, mergulhe os fios do circuito LED em cada amostra e observe a intensidade da luz.

3) Para o teste de densidade coloque o ovo em cada recipiente e observe em qual delas ele tem maior flutuação.

4) Discussão e análise: Por que a condutividade aumenta com a presença de sais? Qual água apresentou maior densidade? De onde vêm esses sais na natureza?

Recursos complementares sugeridos

VÍDEOS

Anos iniciais do ensino fundamental:

Por que o mar é salgado? https://www.youtube.com/watch?v=hDS-JgPsHPM

Anos finais do ensino fundamental e ensino médio:

Porque a água do mar é salgada?
https://www.youtube.com/watch?v=fGeFbwAprmQ

Oceanografia Química https://www.youtube.com/watch?v=pdcjMnF-ekg

Referências bibliográficas sugeridas

Hatje, V., Costa, M. F. D., & Cunha, L. C. D. (2013). Oceanografia e Química: unindo conhecimentos em prol dos oceanos e da sociedade. Química Nova, 36, 1497-1508.

Montes, M. D. J. F., Zanardi-Lamardo, E., & Yogui, G. T. (2021). Introdução à oceanografia química. Em: Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil. Via Design Publicações, Olinda, 52-73.

Niencheski, L. F. H. (2015). Propriedades químicas da água de mar. Em: Introdução às ciências do mar. Editora Textos, Pelotas, 140-171.

Paiva, M., Magno., P. V., Carvalho, A., Monteiro, T., Bresque, G., & Kerr, R. (2025). Guia ilustrado dos MARES. A grande receita: do que é feita a água do mar? Edição da autora, Rio Grande. 60 p.

CAPÍTULO 40 - Lixo no Mar: um Desafio do Nosso Tempo

Stanley Lohan Nichel Alves[1] e Maria Emília Meira Reis[2]

[1] [2] Grupo de Pesquisa em Lixo Marinho em Ambientes Costeiros e Oceânicos (LixoMar)

1. Introdução: O Caminho do Lixo

Para onde vai o lixo depois que sai da nossa casa?

Todos os dias, descartamos objetos que não queremos mais, como embalagens, papéis, restos de alimentos, garrafas, roupas e muitos outros itens. Esse conjunto forma os **resíduos sólidos**. De acordo com a **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**, por meio da Lei nº 12.305/2010, eles incluem materiais e substâncias descartados por atividades humanas, nos estados sólido ou semissólido, além de gases contidos e líquidos que não podem ser lançados na rede de esgoto ou em corpos d'água.

Embora o senso comum utilize o termo "**lixo**" para se referir a qualquer material descartado, a PNRS emprega uma terminologia mais precisa. Nela, o termo "lixo" não é utilizado, em seu lugar há a palavra "**rejeito**", definida como a fração dos resíduos sólidos que, após esgotadas todas as possibilidades técnicas e economicamente viáveis de tratamento, reaproveitamento ou reciclagem, só pode receber **destinação final ambientalmente adequada**.

No entanto, quando observamos esses materiais espalhados em praias, rios, manguezais ou no oceano, o vocabulário técnico cede lugar ao uso popular, e o conjunto heterogêneo desses itens passa a ser amplamente reconhecido como **lixo no mar**. Essa expressão tornou-se importante no campo da gestão ambiental por sintetizar um problema visível e urgente: o descarte inadequado de resíduos que deveriam ter sido manejados corretamente em terra.

A ideia de que os resíduos "desaparecem" quando são deixados na porta de casa ainda é comum, mas está distante da realidade. Depois de recolhidos, os resíduos seguem para aterros sanitários, unidades de triagem, reciclagem ou compostagem. Entretanto, quando a gestão é falha, parte deles escapa para ruas, córregos e rios até atingir a zona costeira, contribuindo diretamente para a **poluição marinha**.

Ao compreender esse percurso e seus impactos, abrimos espaço para refletir sobre nosso papel no cuidado com o oceano. Este capítulo é um convite para essa travessia.

2. O que é o Lixo no Mar?

Durante muito tempo, acreditou-se que a imensidão do oceano seria capaz de diluir e neutralizar qualquer resíduo descartado nele. Essa percepção, especialmente difundida na segunda metade do século XX, contribuiu para o agravamento da poluição por resíduos sólidos, hoje reconhecida como um problema ambiental global.

No campo ambiental, esses materiais são chamados de lixo marinho ou detritos marinhos, definidos como qualquer material sólido persistente, fabricado ou processado, descartado em ambientes costeiros e oceânicos. Contudo, o termo “marinho” pode gerar confusão ao remeter a elementos naturais do oceano, como tartarugas-marinhas, cavalos-marinhos e algas marinhas. Por isso, tem ganhado força a expressão “lixo no mar”, que evidencia sua origem humana e reforça o caráter antrópico do problema.

A composição desse lixo é heterogênea e inclui materiais como plásticos, metais, vidro, madeira, borracha e tecidos, entre outros (Figura 1). Cada categoria apresenta comportamento distinto no ambiente, influenciado por características físico-químicas e por fatores oceanográficos. Muitos apresentam alta persistência, permanecendo no oceano por décadas ou séculos. Em diversas situações, sua degradação não resulta na sua decomposição, mas sim na fragmentação progressiva em unidades cada vez menores, ampliando sua dispersão e desafios ecológicos associados.

Figura 1: Resíduos Sólidos encontrados no ambiente marinho.

Fonte: Flickr (CC), Bo Elde.

3. De Onde Vem o Lixo Que Chega ao Mar?

A maior parte do lixo encontrado no oceano tem origem em atividades realizadas em terra. Estima-se que cerca de **80% desses resíduos provenham de fontes terrestres**, como indústrias, aterros e lixões, atividades agropecuárias, despejo irregular de esgoto, sistemas de drenagem, rios e uso recreativo de áreas costeiras.

Nos centros urbanos, a dinâmica entre chuvas e sistemas de drenagem pluvial atuam como canais eficientes para transportar resíduos mal geridos até rios e, por fim, ao mar. Materiais descartados nas ruas são facilmente arrastados para bueiros e cursos d’água, especialmente onde há falhas na coleta, descarte irregular ou dispersão pelo vento. Esse processo transforma toda a bacia hidrográfica, inclusive locais longe da costa, em potenciais fontes de poluição marinha.

Em regiões litorâneas e turísticas, o grande fluxo de visitantes contribui adicionalmente para o problema. **Sistemas de limpeza pública podem ser sobrecarregados**, favorecendo o abandono de garrafas, embalagens e itens descartáveis na areia, que acabam levados ao oceano pelas ondas. Parte dessa contribuição ocorre de forma difusa,

por objetos esquecidos ou perdidos em áreas de uso coletivo.

Os **20% restantes dos resíduos presentes no oceano têm origem direta nas atividades desenvolvidas no próprio ambiente marinho**. A pesca, especialmente com redes, linhas e apetrechos, a navegação turística ou científica, o transporte de cargas e operações offshore, como plataformas de petróleo e gás, contribuem significativamente para esse montante.

4. Como o Lixo Viaja pelo Planeta?

Grande parte dos resíduos sólidos, especialmente os plásticos, **é menos densa que a água do mar**, tendendo a flutuar. Essa característica facilita seu transporte por rios, ventos, correntes e até por organismos, permitindo que alcancem praias, manguezais, mar aberto, sedimentos e até o gelo marinho.

Ao chegar no oceano, esses materiais passam a integrar a circulação global, um sistema de correntes superficiais guiado pelos ventos, pela rotação da Terra e pelas diferenças de temperatura. Nas grandes bacias oceânicas, essas correntes formam os **giros oceânicos**.

Esses giros funcionam como zonas de convergência: tudo que é transportado para suas bordas (folhas, sementes, organismos e lixo) tende a permanecer ali por longos períodos. Com o tempo, essa dinâmica levou à formação de grandes áreas de acúmulo de lixo flutuantes, conhecidas como "**Ilhas de Lixo**", sendo a mais famosa a **Grande Mancha de Lixo do Pacífico**, entre a Califórnia e o Havaí.

5. Impactos da Poluição por Lixo no Mar

A presença de resíduos sólidos no oceano é um importante fator de degradação ecológica. Esses materiais podem transportar espécies exóticas, microrganismos patogênicos e substâncias químicas tóxicas adsorvidas em suas superfícies. Em regiões tropicais e subtropicais, como a costa brasileira, altas temperaturas intensificam esses processos, favorecendo a proliferação microbiana e acelerando a liberação de aditivos de polímeros plásticos.

5.1. Impactos na Fauna

A fauna marinha é altamente vulnerável ao lixo no mar, especialmente aos plásticos, que podem causar ingestão acidental, emaranhamento e interferências diretas em comportamentos alimentares e reprodutivos. Entre os principais efeitos observados estão a **obstrução do trato digestório**; a **falsa saciedade** e **redução da alimentação**, que acarreta na perda de nutrientes e comprometendo seu desenvolvimento; **lesões internas** e **inflamações**; além de **prejuízos à reprodução**. A figura 2 apresenta um golfinho da espécie *Tursiops truncatus* com um resíduo plástico em sua boca.

No Brasil, é comum o registro de tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) encalhadas com o trato digestivo obstruído por plástico, especialmente no Espírito Santo, Bahia e Ceará. Esse cenário local reflete um problema global: análises recentes indicam que cerca de

24% das tartarugas marinhas avaliadas no mundo apresentavam plástico ingerido, enquanto **11% das aves marinhas** também tinham resíduos no estômago.

Figura 2: Golfinho torsiops (*Tursiops truncatus*) interagindo com um resíduo plástico, no Havaí, Estados Unidos.

Fonte: Flip Nicklin, Minden Pictures, National Geographic Creative.

Além da ingestão, mamíferos marinhos sofrem com o **emaranhamento em redes fantasma e fragmentos plásticos**, o que prejudica a mobilidade e respiração. Assim, a poluição marinha representa uma ameaça ampla e persistente a diferentes grupos de animais, reforçando a necessidade de ações integradas de conservação e educação ambiental. A figura 3 mostra um caso de uma tartaruga-marinha emaranhada em linhas de pesca abandonadas sendo resgatada por mergulhadores.

Figura 3: Mergulhadores resgatando tartaruga-marinha presa em rede de pesca fantasma.

Fonte: David Burdick, Marine Photobank

5.2. Impactos nos Ecossistemas

Resíduos acumulados alteram a estrutura e o funcionamento de ecossistemas costeiros. Em manguezais, como os de Santos (SP), Guanabara (RJ) e Vitória (ES), o alto volume de lixo pode bloquear o fluxo hídrico e a troca gasosa do sedimento, afetando raízes e regeneração da vegetação. Em **recifes de corais**, resíduos rígidos quebram colônias e favorecem a entrada de patógenos, agravando processos de branqueamento. Na figura 4, é possível observar um exemplo de acúmulo de resíduos em um manguezal urbano no Espírito Santo.

Figura 4: Resíduos sólidos em manguezal urbano em Vitória, Espírito Santo.

Fonte: Autor, 2025.

Fundos arenosos e lamosos também são impactados: resíduos soterram organismos filtradores, alteram a granulometria do sedimento e criam micro-habitats que podem favorecer espécies invasoras. Além disso, a liberação de **microplásticos** e aditivos afeta processos biogeoquímicos e interage com mudanças globais, como o **aquecimento** e **acidificação do oceano**.

Já em praias e costões rochosos, a presença contínua de resíduos muda a dinâmica da areia, intensifica processos de erosão e afeta espécies que dependem desses locais para reprodução, como aves e tartarugas-marinhas. Quando somados, esses impactos **reduzem a diversidade biológica**, enfraquecem a resiliência dos ecossistemas e afetam diretamente serviços ambientais essenciais, como proteção costeira, pesca e turismo sustentável.

5.3. Impactos nas Pessoas

Os efeitos do lixo no mar também atingem dimensões sociais, econômicas, culturais e de saúde pública. As praias, ambientes de simbolismo e espaço de lazer na costa brasileira, acumulam resíduos trazidos por drenagem urbana, ventos e correntes, **reduzindo a atratividade turística**, comprometendo a economia de municípios que dependem do setor. A

pesca também é afetada: redes e linhas abandonadas, além de capturar organismos e **reduzir estoques pesqueiros**, danificam equipamentos de pescadores artesanais, causando perda de renda. Na figura 5, é possível observar pescadores recolhendo resíduos presentes no ambiente marinho.

Figura 5: Pescadores da Colônia de Pesca Z13 trazem lixo recolhido ao redor das ilhas Cagarras até a praia de Copacabana, no Rio de Janeiro.

Fonte: Fernando Frazão, Agência Brasil.

6. O Futuro Que Queremos

Proteger o oceano é proteger tudo o que pulsa ao nosso redor: a água que bebemos, o clima que nos abriga, os alimentos que chegam à mesa e até os momentos de descanso à beira-mar. Quando falamos em lixo no mar, falamos de algo que pode ser prevenido, e essa prevenção começa nas escolhas de cada pessoa, em casa, na escola, na comunidade e nos espaços de decisões públicas.

Construir um futuro mais saudável para o oceano não exige grandes invenções, exige pequenas ações feitas com constância. Cada gesto conta, como uma gota que se soma a tantas outras até criar uma onda de transformação.

Algumas atitudes simples podem abrir caminhos para esse futuro:

- Separar corretamente os resíduos e encaminhá-los para a reciclagem, quando disponível;
- Reduzir o uso de plásticos descartáveis, optando por materiais duráveis e reutilizáveis;
- Dar nova vida aos objetos, prolongando seu uso ou adaptando-os para novas funções;
- Participar de mutirões de limpeza, fortalecendo o cuidado coletivo com praias, rios e bairros;
- Levar o tema para conversas com familiares, colegas e estudantes, ajudando a espalhar conhecimento e responsabilidade.

Quando todos se unem, o cuidado com o oceano deixa de ser um desafio distante e se transforma em prática diária. Só assim construiremos um futuro onde o oceano possa continuar sendo casa, alimento, equilíbrio e inspiração.

Saiba Mais

O tempo que um resíduo permanece no ambiente marinho varia conforme o material e as condições do oceano. Plásticos como **PP** e **PET** podem levar de **100 a 450 anos** para se degradar, fragmentando-se em pedaços cada vez menores que permanecem por ainda mais tempo. **Bitucas de cigarro** duram entre **10 e 20 anos**, liberando substâncias tóxicas durante o processo. O **alumínio** pode persistir até **500 anos**. **Redes sintéticas** também duram **décadas** e seguem causando impactos. Essas diferenças mostram como o lixo no mar permanece no ambiente por gerações, reforçando a importância de evitar o descarte inadequado.

Atividade Sugerida

Atividade 1 - O caminho do Lixo: Da Cidade ao Mar

Habilidades BNCC:

- (EF05GE10); (EM13CHS301);

Objetivo: Visualizar como os resíduos sólidos urbanos chegam ao oceano.

Metodologia: O educador preparará um mapa simples da cidade (impresso ou desenhado na lousa) e disponibilizará canetas ou lápis e fichas com elementos que influenciam a geração, coleta e transporte de resíduos até o mar, como “chuva”, “bueiro”, “rio”, “mar” e “lixão”, etc.

Os estudantes montarão uma trilha mostrando como um resíduo descartado de forma inadequada pode chegar ao oceano. Para isso, poderão criar diferentes cenários, como enchentes ou falhas na coleta.

Ao final, a turma discutirá a importância do descarte correto, o papel da drenagem urbana e a responsabilidade compartilhada na redução da poluição marinha.

Atividade 2 - Mapa de Risco de Lixo da Escola

Habilidades BNCC:

- (EF05GE10); (EM13CHS301);

Objetivo: Identificar as áreas onde o lixo se acumula e pensar em soluções reais para a gestão de resíduos sólidos.
Metodologia: Os estudantes receberão pranchetas (ou cadernos), luvas e sacos de coleta e percorrerão a escola para identificar áreas com maior acúmulo de resíduos. Após a coleta, deverão quantificar e classificar os itens encontrados por tipo (plástico, metal, papel, vidro etc.).

Com base na análise, cada grupo deverá propor intervenções, como instalar mais lixeiras, criar placas informativas ou reorganizar fluxos de uso dos espaços.
A atividade busca promover a compreensão da dinâmica de geração e acúmulo de resíduos e incentivar a elaboração de propostas concretas para melhorar o ambiente escolar.

Recursos complementares sugeridos

Cartilha “Mariana e a batalha contra os Super Macabros - A ameaça do lixo nos mares”. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/sites/www.marinha.mil.br.secirm/files/publicacoes/cartilha-mariana.pdf>.

Cartilha “Um manual sobre o Lixo Marinho Feito por Crianças”. Disponível em: <Um Manual sobre O Lixo Marinho Feito por crianças.>.

E-book “Lino nos Mares: do entendimento à solução”. Disponível em: <LIXO NOS MARES: DO ENTENDIMENTO À SOLUÇÃO>.

“Plano Estratégico de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar no Estado de São Paulo”. Disponível em: <(PDF) Plano Estratégico de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar (PEMALM) para o estado de São Paulo. São Paulo, 2021.>.

“Guia Didático sobre o Lixo no Mar”. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/cea/1997/11/guia-didatico-sobre-lixo-no-mar.pdf>.

“Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar”. Disponível em: <Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar>.

Website “Marine Debris Program”. Disponível em: For Educators | Marine Debris Program>.

Website “National Geographic: Estes pescadores indianos estão transformando plástico do mar em estradas”. Disponível em: <Estes pescadores indianos estão transformando plástico do mar em estradas | National Geographic>.

E-book “Suvaco: O Oceano e uma Viagem no Tempo”. Disponível em: <Livro-Suvaco.pdf>.

Podcast “O Mar Não Está Pra Peixe: Episódio 3 - Afogando em plásticos”. Disponível em <Um podcast para entender a relação entre seres humanos e o oceano – Jornal da USP>.

Mídia Sugeridas:
Estamos criando um oceano de plástico? | MARES LIMPOS #1

Bitucas de cigarro também são lixo | PEMALM I O caminho das hastes flexíveis | PEMALM

A Grande Ilha de Lixo do Pacifico

Pesca fantasma | PEMALM

Oceano de Plástico - Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ju_2NuK5O-E&t=140s

Um Mar de Lixo - Legendado I Ilha do Lixo - Curta-metragem

Referências bibliográficas sugeridas

AGAMUTHU, P.; MEHRAN, S. B.; NORKHAIRAH, A.; NORKHAIRIYAH, A. Marine debris: A review of impacts and global initiatives. Waste Management & Research, v. 37, n. 10, p. 987-1002, 2019.
BARBOZA, L. G. A.; CÓZAR, A.; GIMENEZ, B. C. G.; BARROS, T. L.; KERSHAWM P. J.; GUILHERMINO, L. Macroplastics Pollution in the Marine Environment. In: World Seas: An environmental evaluation. Academic Press, 2019. p. 305-328.
BHUYAN, S.; VENKATRAMANAN, S.; SELVAM, S.; SZABO, S.; HOSSAIN, M.; RASHED-UN-NABI, R.; PARAMASIVAM, C. R.; JONATHAN, M. P.; ISLAM, S. Plastics in marine ecosystem: A review of their sources and pollution conduits. Regional Studies in Marine Science, v. 41, 2021.
BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 2. ago. 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 20 nov. 2025.
DO NASCIMENTO, L. O.; BARRETO, J.; GOMES, L. E. O.; BOMFIM, L. N. S.; MARTINS, A. S. Solid waste ingestion by marine megafauna on Southeast Brazilian coast. Marine Pollution Bulletin, v. 190, 2023.

ENGLER, R. E. The Complex Interaction between Marine Debris and Toxic Chemicals in the Ocean. Environmental Science & Technology, v. 46, p. 12302-12315, 2012.
GESAMP (2019). Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P. J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UM/UNEP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130p.
HAHLADAKIS, J. N. A meta-research analysis on the biological impact of plastic litter in the marine biota. Science of The Total Environment, v. 928, 2024.
TURRA, A.; SANTANA, M. F. M.; OLIVEIRA, A. L.; BARBOSA, L.; CAMARGO, R. M. MOREIRA, F.; DENADAI, M. R. Lixo nos mares: do entendimento à solução. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo: 2020.
UNEP 2005: Marine Litter, an analytical overview.
UNEP, 2009. Marine Litter. A Global Challenge. Nairobi: UNEP. 232 pp.

CAPÍTULO 41 - Microplásticos: O Desafio de Ver o Invisível

Stanley Lohan Nichel Alves[1], Maria Emília Meira Reis[2] e Luiza Piol Lombardi[3]

[1] [2] Grupo de Pesquisa em Lixo Marinho em Ambientes Costeiros e Oceânicos (LixoMar)
[3] Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo

1. Introdução: O problema cresceu sem ser visto

O plástico se tornou o grande protagonista da nossa vida moderna. Ele está nas bolsas, aparelhos médicos, nos brinquedos, nas roupas, nos carros e até nos alimentos embalados que encontramos no mercado. Essa presença constante ajuda a explicar por que, hoje, cerca de **85% de todo o lixo produzido por seres humanos que chega aos oceanos é feito de plástico**.

A história desse material ganhou força na metade do século XX, quando a indústria viu no plástico um potencial de "supermaterial": leve, resistente, moldável e barato. Ele parecia perfeito para atender às mais diversas necessidades do dia a dia, e realmente atendeu.

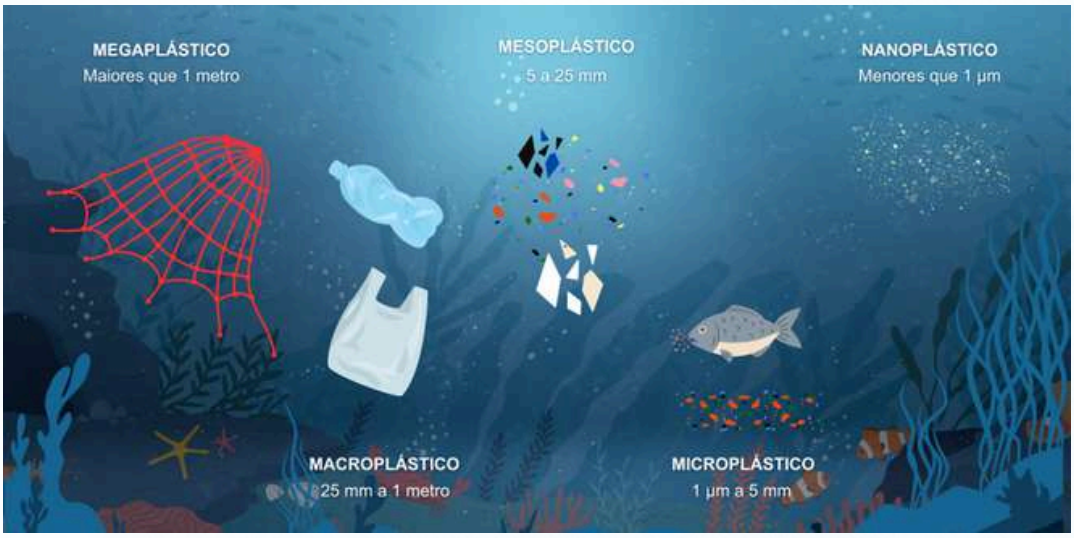
Mas essa durabilidade, que parecia uma maravilha tecnológica, acabou se transformando em um desafio ambiental. Muitos produtos plásticos são usados por pouco tempo: um copo descartável dura minutos; uma embalagem, talvez alguns dias; outros itens, poucos meses. Já o plástico em si pode permanecer no ambiente por **décadas ou séculos**. Isso criou uma combinação perigosa: uso rápido mais descarte acelerado mais material persistente. O resultado foi uma montanha crescente de resíduos e impactos sociais, ambientais e até de saúde pública.

A presença do plástico no mar não é novidade. A entrada massiva desse material nos oceanos se intensificou nos anos 1960, principalmente com a popularização dos produtos descartáveis. Poucos anos depois, cientistas começaram a registrar os primeiros sinais do problema: pequenos pedaços de plástico boiando na superfície do mar e dentro do estômago de animais marinhos.

Com o tempo, ficou claro que o maior perigo não está apenas nos objetos grandes que enxergamos. O plástico que flutua no oceano interage com os raios solares, as ondas e o atrito, quebrando-se aos poucos em pedaços cada vez menores, se espalhando por toda parte: na água, nos sedimentos do fundo, na areia das praias e até no ar que respiramos.

Para estudar esse processo, cientistas organizam as partículas de plástico conforme o tamanho (Figura 1):

Figura 1: Escala de classificação dos resíduos plásticos de acordo com o tamanho.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Entre todas as categorias, os microplásticos assumiram o protagonismo científico na atualidade, não só pela abundância, mas pela capacidade de circular por diferentes ambientes, interagir com organismos e alcançar lugares onde o olhar humano não alcança. É neste universo microscópico, mas de impactos gigantes, que este capítulo mergulha.

2. Compreendendo os Microplásticos. O que são?

Os microplásticos (MPs) são resíduos plásticos com menos de 5 milímetros de tamanho. Apesar do tamanho reduzido, eles representam um dos maiores desafios ambientais da atualidade. Diferentemente de garrafas, sacolas e redes, que percebemos com facilidade no ambiente, os MPs muitas vezes passam despercebidos, mas estão por toda parte: na areia, na coluna d'água, nos sedimentos do fundo do mar e até mesmo no ar.

Para compreender melhor sua origem, os microplásticos são agrupados em duas categorias principais:

2.1. Microplásticos Primários

São produzidos intencionalmente em tamanhos microscópicos. Incluem grânulos industriais, comumente chamados de ***pellets***, usados na fabricação de diversos produtos, e microesferas utilizadas em cosméticos e produtos de higiene.

2.2. Microplásticos Secundários

Surgem da fragmentação de plásticos maiores ou de fontes de desgaste cotidiano, como fibras liberadas durante a lavagem de roupas sintéticas e partículas que se soltam de pneus em uso. No ambiente, o plástico é frequentemente exposto à ação de ondas, ventos, raios solares (especialmente a radiação UV) e de organismos marinhos. Com o tempo, essa combinação de fatores provoca tanto a quebra física quanto a degradação química do plástico, gerando partículas cada vez menores. A Figura 2 exemplifica algumas fontes secundárias de microplásticos.

Figura 2: Exemplos de fontes secundárias de microplásticos presentes na vida diária.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

3. Os Diferentes Tipos de Microplásticos:

Além de serem classificados pelo tamanho, os microplásticos também podem ser identificados pelo formato, o que ajuda a entender suas origens e caminhos no ambiente marinho. Entre os tipos mais comuns, destacam-se:

3.1. Fragmentos

São partículas resultantes da fragmentação de itens maiores, como embalagens, tampas ou objetos rígidos. Costumam apresentar formas irregulares e bordas angulosas. Formam-se principalmente por ação mecânica (ondas, atrito e impacto) e à degradação causada pela luz solar.

3.2. Fibras

Microplásticos alongados e finos, parecidos com pequenos fios, geralmente oriundos do desgaste de tecidos sintéticos, como poliéster e nylon, durante a lavagem de roupas ou do uso de redes de pesca. Fibras são um dos tipos mais encontrados em estudos ao redor do mundo.

3.3. Espumas

Derivam de plásticos espumados, como o poliestireno expandido (isopor®). Possuem textura porosa e leve, fragmentando-se facilmente em partículas menores.

3.4. Filmes

São lâminas muito finas de plástico que se formam a partir da degradação de sacos plásticos, embalagens flexíveis, filmes agrícolas e outros materiais delgados. Por serem leves e maleáveis, ficam facilmente suspensos na água ou acumulados na superfície das

praias.

3.5. Pellets

São grânulos esféricos ou cilíndricos usados como matéria prima na indústria do plástico. Apesar de essenciais para a produção de inúmeros produtos, podem se perder durante o transporte e manuseio, chegando ao ambiente antes mesmo de serem transformados.

4. Onde os Microplásticos se Acumulam?

Os MPs podem ser encontrados em praticamente todas as partes do oceano. Por serem leves, resistentes e facilmente transportados por ventos, marés e correntes, acabam se distribuindo desde as praias até o fundo do mar. A seguir, apresentamos onde essas partículas costumam se concentrar e por quê.

4.1. Nas praias

As praias funcionam como verdadeiras **zonas de retenção**. Ondas, ventos e variações de maré empurram as partículas para a faixa de areia, onde elas ficam presas entre os grãos. Diversos estudos brasileiros já registraram microplásticos em praias urbanas e turísticas, como Copacabana (RJ), Ponta Negra (RN) e Camburi (ES).

4.2. Na superfície do Mar

Muitos MPs permanecem flutuando na superfície do mar, especialmente aqueles feitos de **polietileno (PE)** e **polipropileno (PP)**, os mesmos tipos de plásticos usados em sacos plásticos, tampas, garrafas, embalagens de alimentos e diversos produtos do cotidiano. Por serem menos densos que a água, essas partículas podem viajar longas distâncias impulsionados por correntes oceânicas, contribuindo para áreas de grande acúmulo, como os **giros subtropicais**.

4.3. Na Coluna d'Água

Outras partículas não flutuam nem afundam totalmente: ficam suspensas na coluna d'água. Nesse ambiente, são facilmente ingeridas por organismos como zooplâncton, larvas, peixes pequenos e organismos filtradores, permitindo que os MPs avancem pela cadeia alimentar até espécies ecologicamente importantes.

4.4. No Fundo do Mar

Com o tempo, alguns plásticos afundam naturalmente, principalmente aqueles mais densos que a água do mar. Outros são levados ao fundo depois de serem recobertos por algas, microrganismos ou sedimentos, um processo chamado de **bioincrustação**.

5. Por que os Microplásticos são perigosos?

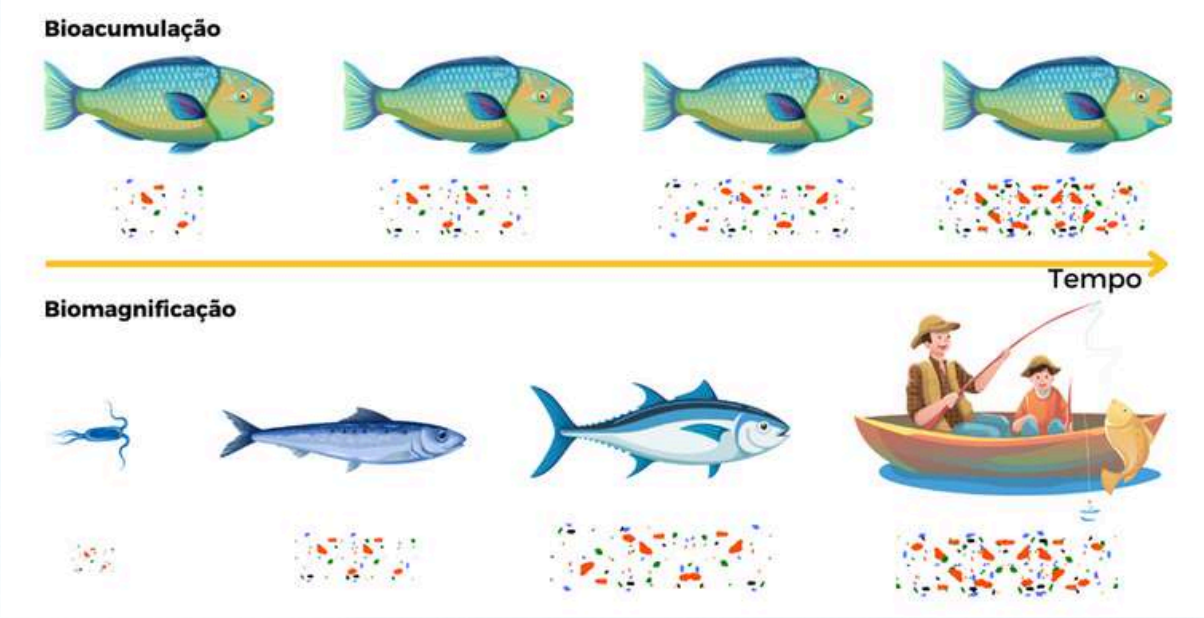
Os MPs representam um desafio ambiental pois são pequenos, persistentes e numerosos. Eles se espalham pelo oceano, entram em contato com diversos organismos e podem se acumular ao longo da cadeia alimentar, gerando efeitos físicos, químicos e ecológicos.

5.1. Impacto nos Animais

Muitos organismos confundem microplásticos com alimento, seja pela aparência, tamanho ou porque elas acumulam **biofilmes** que exalam odor semelhante ao de presas naturais.

Ao ingerir MPs, ou os contaminantes que eles carregam, parte dessas substâncias pode se acumular nos tecidos do organismo, processo conhecido como **bioacumulação**. Quando esse animal é consumido por um predador, os contaminantes passam para o nível superior da cadeia, aumentando sua concentração, fenômeno chamado de **biomagnificação**. A Figura 3 exemplifica esses processos.

Figura 3: Representação dos processos de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia alimentar.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

5.2. Contaminação Química

Os microplásticos também funcionam como vetores de substâncias tóxicas. Eles podem:

- **Liberar aditivos** presentes na fabricação do plástico, como bisfenol A (BPA), retardantes de chama e ftalatos, que são disruptores endócrinos.
- **Adsorver poluentes** já presentes no ambiente, como metais pesados, pesticidas, PCBs e hidrocarbonetos.

Essa combinação torna os MPs fontes móveis de contaminação.

5.3. Impactos nos Ecossistemas

Além dos efeitos diretos sobre os organismos, os MPs interferem em processos ecológicos importantes:

- **Mudança na composição dos sedimentos** de praias, estuários e fundos marinhos, afetando organismos que vivem enterrados, como poliquetas e pequenos crustáceos.
- Aumento da **dispersão de microrganismos**, **espécies de invasoras** e **patógenos**.

- **Danos aos manguezais**, onde se aderem à superfície das raízes, reduzindo a oxigenação e dificultando o crescimento de novas plantas;
- **Alterações na luz** e **temperatura da superfície do sedimento**, interferindo na fotossíntese de algas e plantas marinhas.

5. Um Problema Pequeno, de Grande Importância

Os microplásticos são pequenos, mas expressivos em seus impactos. Eles mostram como as ações humanas, sejam grandes ou pequenas, transformam o oceano. Com educação, pesquisa, políticas públicas e mudanças de hábitos, é possível reduzir esse problema e construir um futuro em que o mar seja mais saudável, diverso e seguro para todas as formas de vida.

Saiba Mais

A coleta de microplásticos no oceano utiliza diferentes métodos para superfície, coluna d'água e sedimentos. As redes **Manta** e **Neuston** são comuns na superfície, filtrando grandes volumes de água e capturando partículas flutuantes. Para a coluna d'água, garrafas oceanográficas como **Niskin** permitem amostrar profundidades específicas com boa precisão. Nos sedimentos, a depender da profundidade e do ambiente, diferentes ferramentas podem ser usadas: em praias e áreas rasas, **pá de inox**, **colher metálica**, **quadrats** (usados para delimitar área) ou **amostradores manuais**; em ambientes submersos, como estuários e fundo marinho, **corers** recuperam camadas preservadas e **drags** amostram áreas maiores. Cada método tem vantagens e limitações, tornando necessário combinar técnicas para compreender a distribuição de microplásticos no ambiente marinho.

Atividade Sugerida

Atividade 1 - Plásticos Invisíveis: Investigando Produtos do Dia a Dia

Habilidades BNCC:

- (EF05GE10); (EM13CHS301);

Objetivo: Identificar onde microplásticos estão presentes no cotidiano.

Metodologia: A turma será dividida em grupos, que receberão embalagens e rótulos de produtos de consumo, higiene e cosméticos (sabonetes, esfoliantes, itens de limpeza, roupas etc.). Esses materiais também podem ser trazidos de casa.

Cada grupo deverá criar uma ficha de investigação, buscando nos rótulos termos relacionados a compostos plásticos, como polietileno (PE), polipropileno (PP), nylon/poliamida, poliéster, acrílico, poliestireno e politereftalato de etileno (PET).
Ao final, a turma discutirá quais produtos chamaram atenção por conter plástico em sua composição e quais alternativas mais sustentáveis podem ajudar a reduzir o consumo e a produção de microplásticos.

Atividade 2 - Jogo: Da embalagem ao microplástico
Objetivo: Compreender o processo de fragmentação
Metodologia: O professor distribui cartas representando etapas da fragmentação (plástico inteiro → fragmentado → microplástico → ingestão por organismos. Os alunos devem montar o fluxo na ordem correta, após a montagem cada grupo ou dupla deve explicar de forma oral a justificativa da ordem final.

Atividade 3 - Experimento: Extração de microplásticos de produtos reais
Objetivo: Simular métodos de laboratório
Metodologia: Os alunos devem ser separados em grupos ou duplas, cada grupo receberá uma quantidade de areia limpa, corante, pequenas fibras de plástico, béqueres, sal de cozinha, peneira fina, pipetas, microscópio ou lupas. O procedimento consistirá em adicionar os microplásticos simulados à areia, misturar a solução salina (água com sal de cozinha) para a flotação, coletar às particulas suspensas e observar em microscópio ou lupa. Os alunos devem registrar os resultados como: coloração, forma e quantidade em tabelas, e posteriormente discutir com a turma ou elaborar um relatório científico simples (introdução, método, resultados e conclusão).

Recursos complementares sugeridos

Livro “Microplásticos: um problema complexo e urgente”. Disponível em: <Microplásticos: um problema complexo e urgente>.

Livro “Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções”. Disponível em: <Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções>.

Livro “Atlas do Plástico”. Disponível em: <ATLAS DO PLÁSTICO 2020 1>.

PodCast “Um inimigo fácil de engolir”. Disponível em: <https://open.spotify.com/episode/0pAuIcZVSbLQqwateIdNhM?si=c400a75430fa4b79>.

E-book “Contaminação por Microplásticos em Ecossistemas Costeiros do Rio de Janeiro: Desafios & Oportunidades”. Disponível em: <https://ilhasdorio.org.br/wp-content/uploads/2024/05/ABLM_ebook_v10.pdf>.

Guia Prático de Orientação “Impacto dos Microplásticos na Saúde”. Disponível em: <https://www.apepoc.es/descargas/Guia_microplasticos_br.pdf?utm_source=chatgpt.com>.

Vídeo “Microplásticos e a poluição nos oceanos” Disponível em: <Microplásticos e a poluição nos oceanos | Minuto da Terra>.

Mídia sugerida:
Poluição plástica em números e imagens
O que são pellets plásticos?
PNUMA | Como os microplásticos afetam sua saúde

Referências bibliográficas sugeridas

ACHILIAS, D. S.; ROUPAKIAS, C.; MEGALOKONOMOS, P.; LAPPAS, A. A.; ANTONAKOU, E. V. Chemical recycling of plastic wastes made from plyethylene (LDPE and HDPE) and polypropylene (PP). Journal of Hazardous Materials, v. 149, p. 536-542, 2007.
CARPENTER, E. J.; ANDERSON, S. J.; HARVEY, G. R.; MIKLAS, H. P.; PECK, B. B. Polystyrene Spherules in Coastal Waters. Science, v. 178, n. 4062, p. 749-750, 1972.
CARPENTER, E. J.; SMITH, JR.; K. L. Plastics on the Sargasso Sea Surface. Science, v. 175, n. 4027, p. 1240-1241, 1972.
GRINDLEY, J. R. Pollution of the sea. South African Journal of Science, v. 68, n. 6, p. 162 170, 1972.
ISSIFU, I.; SUMAILA, U. R. A Review of the Production, Recycling and Management of Marine Plastic Pollution. Journal of Marine Science and Engineering, v. 8, n. 945, 2020.
United Nations Environment Programme (2021). From Pollution to Solution. A global assessment of marine litter and plastic pollution Nairobi.

CAPÍTULO 42 - POLUIÇÃO QUÍMICA DO OCEANO

Stanley Lohan Nichel Alves[1], Herilly Friqs de Jesus[2], Caius César Honorato Diniz do Nascimento[3] e Thamires Alexsandra Torres[4]

[1] Grupo de Pesquisa em Lixo Marinho em Ambientes Costeiros e Oceânicos (LixoMar)
[2] [3] [4] Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm).

1. Introdução: Quando a Poluição Não Se Vê:

Quais são as substâncias químicas invisíveis que entram nos oceanos e como elas definem a poluição química marinha?

Quando pensamos em poluição marinha, é comum lembrarmos dos resíduos que conseguimos ver: garrafas, tampinhas, latas, sacos plásticos e tantos outros itens espalhados pela areia ou boiando na água. Esses materiais chamam atenção por serem grandes, visíveis e aparecerem com frequência nas praias. Porém, existe outro tipo de ameaça que não vemos tão facilmente, mas que pode ser ainda mais perigosa para o oceano e para toda a vida que depende dele: a **poluição química**.

Antes de continuarmos, é importante entender dois conceitos fundamentais: **Contaminação** significa que uma substância está presente em quantidade acima do que é considerado seguro pelas leis ou normas oficiais. Já o termo **poluição** é usado quando essas substâncias, geralmente introduzidas pela ação humana, causam danos reais ao ambiente, aos animais, às plantas e até a saúde das pessoas. Ou seja, algo pode estar contaminado sem necessariamente estar causando poluição, mas quando os efeitos negativos aparecem, dizemos que há poluição.

A poluição química chega ao mar por diferentes rotas: rios com esgoto, chuva que arrasta produtos agrícolas, substâncias levadas pelo vento, atividades de embarcações e descarte incorreto de químicos no dia a dia. Mesmo invisíveis, esses contaminantes podem causar sérios danos aos organismos marinhos e contaminar peixes e frutos do mar, afetando a saúde humana. No final, esses impactos não atingem apenas o ambiente. Eles afetam também a pesca, o turismo, o lazer e qualidade de vida das comunidades que vivem próximas ao mar. Por isso, entender o que é poluição química e como ela acontece é fundamental para que possamos preveni-la e proteger nossos oceanos.

Prepare-se para mergulhar nesse universo invisível, onde cada substância conta uma história, e onde entender o problema é o primeiro passo para transformar o futuro do oceano.

2. De Onde Vem a Poluição Química dos Oceanos?

Embora muitas vezes passe despercebida, a poluição química que chega ao mar tem origens bem definidas e, na maior parte das vezes, começa em terra firme. Tudo o que produzimos, usamos e descartamos pode, de alguma maneira, alcançar o oceano. Essa

poluição não vem de um único ponto, mas de uma rede de caminhos que ligam nossas atividades ao ambiente marinho, desde os centros urbanos e industriais até as águas mais profundas. Por isso, esses poluentes podem ser classificados de acordo com sua origem em diferentes categorias:

2.1. Fontes Terrestres:

Grande parte da poluição química que alcança o oceano nasce no ambiente terrestre. O **esgoto sem tratamento**, vindo tanto de áreas industriais quanto de residências, carrega para os rios e para o mar uma mistura complexa de nutrientes, fármacos, corantes, plastificantes, produtos de higiene, metais e outros compostos capazes de alterar processos biológicos mesmo em baixas concentrações.

Outro fluxo contínuo de contaminantes vem da **agricultura**, onde fertilizantes e pesticidas são facilmente arrastados pela chuva, alcançando cursos d'água e, por fim, o ambiente marinho. Próximos à costa, **lixões** e **aterros** sem estrutura adequada também se tornam problemáticas: o chorume, rico em substâncias tóxicas e metais, pode infiltrar no solo, escorrer para rios ou ser carreado por estuários até o mar, ampliando a carga de poluentes. Essas diversas rotas evidenciam que o oceano responde diretamente às escolhas feitas longe do oceano.

No Brasil, um dos episódios mais marcantes de poluição química foi o **rompimento da barragem de Fundão**, da mineradora Samarco, em Mariana (MG), em 2015. Cerca de 3**9,2 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração** seguiram pelo Rio Doce até o Atlântico, arrastando sedimentos finos e metais, como ferro, manganês e mercúrio. A enxurrada destruiu comunidades inteiras, impactou ecossistemas fluviais, estuarinos e costeiros, e comprometeu a qualidade da água ao longo de centenas de quilômetros, causando impactos ambientais, sociais e econômicos. A figura 1 apresenta uma imagem aérea do Rio Doce após o impacto causado pelo rompimento da barragem.

Figura 1: Imagem aérea do Rio Doce impactado por rejeitos de mineração após rompimento da barragem em Mariana (MG).

Fonte: Secom/Governo do estado do Espírito Santo.

2.2. Fontes Marinhas

Diversas atividades realizadas diretamente no mar liberam substâncias tóxicas capazes de se dispersar por grandes distâncias e alterar ecossistemas inteiros. As embarcações são uma das principais fontes desse tipo de contaminação. Para evitar o acúmulo de organismos nos cascos, muitos navios usam **tintas anti-incrustantes** que liberam metais, como cobre e zinco, e compostos orgânicos tóxicos, como tributilestanho (TBT), irgarol, diuron e clorotalonil. Mesmo em pequenas quantidades, essas substâncias podem prejudicar o crescimento, a reprodução e o comportamento de diversos organismos marinhos.

A **água de lastro** também contribui para o problema. Ela é usada para estabilizar os navios, mas durante sua troca ou limpeza dos tanques, podem ser liberados nutrientes, metais, pesticidas e resíduos de manutenção, aumentando a carga de contaminantes no oceano. Além disso, águas de lastro também podem transportar espécies invasoras e patógenos pelo oceano.

A exploração de recursos naturais é outra fonte importante de poluição química. A **extração de petróleo** e a **mineração submarina** podem liberar hidrocarbonetos, metais e partículas tóxicas na água. Já a **dragagem**, comum em portos e canais, revolvem sedimentos antigos que podem conter contaminantes acumulados por décadas, recolocando-os em circulação e tornando-os acessíveis aos organismos marinhos.

Um dos episódios mais emblemáticos desse tipo de impacto foi o **derramamento de petróleo** que atingiu o Brasil em 2019. As manchas de óleo (petróleo cru) apareceram inicialmente no litoral da região Nordeste e, depois alcançaram o Sudeste, afetando mais de 1.000 praias. O desastre comprometeu ecossistemas costeiros, a pesca, o turismo e a saúde de diversas comunidades. O petróleo contém compostos altamente tóxicos, como os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), que podem causar danos severos aos organismos marinhos e permanecer no ambiente por longos períodos. A figura 2 mostra um peixe envolvido pelo óleo que chegou ao litoral brasileiro.

Figura 2: Peixe capturado por óleo na areia da praia de Icapuí, no Ceará.

Fonte: Emanuelle Rabello e Marcelo Soares.

2.3. Fontes Atmosféricas

Os poluentes atmosféricos incluem gases e partículas extremamente pequenas, facilmente transportadas pelo vento. Eles são liberados por **indústrias**, **veículos**, **queimadas** e outras atividades humanas. Entre os contaminantes mais comuns estão metais, microplásticos, pesticidas e hidrocarbonetos.

Essa fonte de poluição é especialmente preocupante porque podem percorrer grandes distâncias até alcançar o oceano. À medida que essas partículas permanecem suspensas no ar, elas são levadas pelos ventos e acabam chegando ao oceano por dois caminhos principais: pela **deposição seca**, quando caem diretamente sobre a superfície da água, e pela **deposição úmida**, quando a chuva incorpora esses poluentes e os leva para rios, estuários e, finalmente, para o mar.

Um exemplo marcante desse transporte é a **chegada de partículas de chumbo à Antártica**, provenientes de emissões industriais e antigas embarcações. Ao se depositarem sobre o gelo, essas partículas reduzem a capacidade de refletir a luz solar e aceleram o derretimento da camada superficial.

Os gases atmosféricos também alcançam o oceano de forma direta. O dióxido de carbono (CO_2), por exemplo, é emitido em grandes quantidades pelas indústrias e transportado pelos ventos até que seja absorvido pela água do mar. Essa absorção altera o **sistema carbonato marinho**, diminui o pH e leva ao processo conhecido como **acidificação dos oceanos**, que afeta diversos organismos e desequilibra os ecossistemas costeiros e oceânicos.

3. Quais São os Principais Poluentes Químicos que Atingem os Oceanos?

A poluição química nos oceanos é formada por uma mistura complexa de substâncias provenientes de diferentes origens. A seguir, são apresentados os principais grupos de poluentes presentes no oceano e ambientes costeiros.

3.1. Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos são derivados do petróleo e combustíveis fósseis, como óleo diesel e gasolina. Eles chegam ao oceano por derramamentos, vazamentos, descargas e até pela atmosfera. Em contato com o mar, o óleo forma uma camada superficial que impede a troca de gases, reduz os níveis de oxigênio e bloqueia a luz solar, prejudicando a fotossíntese.

Existem dois tipos principais de hidrocarbonetos: **alifáticos** e **aromáticos**. Entre os aromáticos, destacam-se os **hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs)**, que representam cerca de 90% dos aromáticos presentes no petróleo. Altamente tóxicos, alguns HPAs são carcinogênicos e podem causar graves danos à fauna marinha. Já os alifáticos são **menos reativos** e tendem a degradar-se mais facilmente no ambiente. Eles são a base de combustíveis como gasolina (contendo pentano e hexano) e gás de cozinha (propano e butano).

3.2. Elementos Metálicos

Antes conhecidos como “**metais pesados**”, os elementos metálicos incluem tanto **metais**, como ferro e manganês, quanto **metalóides**, como arsênio e silício. Podem ser **essenciais**, quando desempenham funções importantes no metabolismo (exemplo: ferro, zinco e silício), ou **não essenciais**, quando são tóxicos mesmo em baixas concentrações (exemplo: chumbo, arsênio e cádmio).

Embora naturais no ambiente, suas concentrações aumentam devido a efluentes industriais, mineração, esgoto e resíduos urbanos. Uma vez no mar, esses elementos podem bioacumular e biomagnificar, podendo levar a contaminação dos seres humanos pelo consumo de pescado. Dentre os aspectos mais preocupantes destes elementos, destaca-se sua não biodegradabilidade, o que significa que eles não desaparecem do ambiente, apenas mudam de estado ou localização, classificando-se, assim, como **contaminantes permanentes**.

3.3. Excesso de Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo)

O nitrogênio (N) e o fósforo (P) são fundamentais para a vida marinha, mas seu excesso, proveniente de esgoto, efluentes agrícolas e industriais, pode desencadear o fenômeno de **eutrofização** (Figura 3). Esse processo estimula o crescimento exagerado de algas e fitoplâncton, que, ao morrerem, consomem grandes quantidades de oxigênio durante a decomposição. O resultado são áreas com pouco ou nenhum oxigênio, chamadas **zonas hipóxicas** ou **anóxicas**, onde muitos organismos não conseguem sobreviver.

Figura 3: Lago eutrofizado.

Fonte: Csehak Szabolcs

3.4. Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)

Os POPs são substâncias orgânicas altamente estáveis, tóxicas e capazes de viajar grandes distâncias pelo ar. Como são **lipofílicos**, ou seja, têm afinidade química com lipídios, acumulam-se nos tecidos gordurosos dos organismos, onde permanecem por longos períodos. Devido a isso, são encontrados tanto na água, solo e ar, quanto em alimentos como leite materno e organismos marinhos.

3.4. Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)

Os POPs são substâncias orgânicas altamente estáveis, tóxicas e capazes de viajar grandes distâncias pelo ar. Como são lipofílicos, ou seja, têm afinidade química com lipídios, acumulam-se nos tecidos gordurosos dos organismos, onde permanecem por longos períodos. Devido a isso, são encontrados tanto na água, solo e ar, quanto em alimentos como leite materno e organismos marinhos.

Entre seus efeitos estão distúrbios hormonais, problemas reprodutivos e danos neurológicos e imunológicos tanto na fauna marinha quanto em seres humanos. Alguns exemplos de POPs são: **diclorodifeniltricloroetano (DDT)**, **bifenilos policlorados (PCBs)**, **dioxinas** e **furanos**. Devido à alta toxicidade, muitos POPs foram banidos ou restritos desde os anos 1970 e 1980, e atualmente são regulados pela **Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes**, que busca reduzir sua emissão e proteger ecossistemas e populações humanas.

3.5. Contaminantes Emergentes

Os contaminantes emergentes formam um grupo diversificado de substâncias, sintéticas ou naturais, que ainda não são plenamente monitoradas ou regulamentadas, mas que apresentam riscos ao ambiente e à saúde humana. Mesmo presentes em baixas concentrações, podem ser **persistentes**, **tóxicos** e **dificilmente removidos por sistemas de tratamento convencionais**. Dentre os principais contaminantes emergentes, estão:

3.5.1. Fármacos e desreguladores endócrinos: incluem **antibióticos**, **antiinflamatórios**, **betabloqueadores**, **hormônios** (naturais ou sintéticos) e **cafeína**. Chegam ao oceano principalmente pelo esgoto doméstico.

3.5.2. Produtos de higiene pessoal e cosméticos: abrangem os desinfetantes, **fragrâncias**, **repelentes**, **filtros UV** de protetores solares, dentre outros. Entram no oceano pelo esgoto ou pelo uso direto em praias e áreas costeiras.

3.5.3. Micro e nanopartículas: o principal exemplo são os **microplásticos**. Seu tamanho reduzido facilita sua dispersão e ingestão por organismos marinhos. Sua superfície funciona como um ímã que atrai outros poluentes, transportando-os pelo ambiente.

3.5.4. Compostos e subprodutos industriais: são exemplos os **retardantes de chamas**, **plastificantes**, **solventes** e **polifluoroalquiladas (PFAS)**. Possuem diversas fontes, e estão associados a efeitos de curto e longo prazo em organismos e seres humanos.

4. E Como Nós Podemos Reduzir a Poluição Química?

Um oceano saudável depende de ações responsáveis tanto da população quanto dos setores produtivos. Entre as atitudes individuais que ajudam a reduzir a poluição química estão o descarte correto de medicamentos, o uso de produtos biodegradáveis e a não eliminação de óleo em pias ou locais inadequados. No entanto, essas medidas não são suficientes sozinhas. Indústrias como a agrícola, mineradora, metalúrgica e portuária estão entre as principais fontes de contaminação e têm grande potencial de contribuir para sua redução.

Ações coordenadas entre empresas, órgãos governamentais e instituições ambientais — como fortalecimento de legislações, fiscalização efetiva, uso de tecnologias limpas, melhor gestão de resíduos, planos de emergência e monitoramento ambiental — são essenciais para mitigar o problema.

Somadas, essas iniciativas mostram que a proteção do oceano depende tanto de políticas públicas e do setor privado quanto das escolhas diárias de cada pessoa. Apenas com esforços conjuntos é possível promover uma melhora real na saúde dos oceanos.

Saiba Mais

Os estuários funcionam como "filtros naturais", pois a mistura entre a água doce e salgada forma uma zona onde processos físicos, químicos e biológicos atuam de forma dinâmica, favorecendo a retenção de nutrientes, metais, hidrocarbonetos e outros contaminantes, que acabam se acumulando nos sedimentos. Isso ocorre porque, à medida que a salinidade aumenta, muitos contaminantes se ligam às partículas em suspensão e acabam decantando. Porém, essa mesma característica torna esses ambientes áreas de risco: atividades humanas intensas, dragagens, tempestades ou mudanças no fluxo dos rios podem remobilizar poluentes antigos, devolvendo-os à coluna d'água e tornando-os novamente disponíveis para os organismos. Por isso, os estuários são ao mesmo tempo essenciais para proteger o oceano e muito vulneráveis à contaminação.

Atividade Sugerida

Atividade 1 - Jogo das Decisões Costeiras
Habilidades BNCC:
(EF05GE10); (EM13CHS301);

Objetivo: Entender como escolhas humanas afetam a poluição química
Metodologia: A turma será dividida em grupos, que receberão cartas com diferentes cenários, como construir um porto, expandir áreas agrícolas, instalar uma indústria, implantar uma estação de tratamento de efluentes ou criar uma área de proteção ambiental.

Cada grupo deverá analisar seu cenário e descrever se ele é ambientalmente benéfico ou prejudicial, considerando os potenciais impactos da poluição química. Em seguida, os demais grupos atribuirão "pontos de impacto químico", podendo somar (+1) ou reduzir (–1) a pontuação daquele cenário.

Ao final, será elaborada uma classificação geral e conduzida uma discussão coletiva, comparando trajetórias e destacando quais ações contribuem para um oceano mais saudável.

Atividade 2 - Detetives dos Contaminantes
Habilidades BNCC:
(EF05GE10); (EM13CHS301);

Objetivo: Identificar contaminantes químicos presentes em produtos comuns e compreender como eles chegam ao ambiente marinho.
Metodologia: O desafio será identificar substâncias químicas potencialmente contaminantes presentes em produtos de uso diário. Para isso, serão disponibilizados itens variados, como shampoos, cremes, perfumes, protetores solares, caixas vazias de medicamentos, detergentes, produtos de limpeza e maquiagens.

A turma será dividida em grupos, cada um com uma ficha de investigação. Os estudantes deverão procurar nos rótulos ingredientes associados a impactos ambientais (como parabenos, triclosan, ftalatos, compostos de amônia e metais) utilizando, se necessário, uma lista-guia fornecida pelo educador.

Em seguida, cada grupo identificará as rotas pelas quais esses contaminantes podem alcançar o ambiente, como esgoto doméstico, efluentes industriais, água da chuva, descarte inadequado ou uso direto no mar.

Ao final, os grupos apresentarão suas fichas. Para visualizar as conexões, o educador poderá montar no quadro, com fios de lã coloridos, a sequência interligada:

Produto → Contaminante → Tipo de Impacto → Rota → Oceano

Assim, será formada uma rede coletiva de poluição química no cotidiano.

Recursos complementares sugeridos

E-book “Cartilha de Educação Ambiental Para Militares da Marinha do Brasil”. Disponível em: <CARTILHA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA MILITARES DA MARINHA DO BRASIL>.
Vídeo “Assassino Invisível: Lixo industrial na Ilha de Maré chega a níveis mortais”. Disponível em: <Assassino Invisível: lixo industrial na Ilha de Maré chega a níveis mortais>.
Vídeo “Biosfera I Poluição e Acidificação dos Oceanos I Mar em Perigo”. Disponível em: <Biosfera | Poluição e Acidificação dos Oceanos | Mar em Perigo>.
Vídeo “POPs”. Disponível em: <POPs>.

Website “Ministério do Meio Ambiente: Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes”. Disponível em: <Convenção de Estocolmo>.
Vídeo “What is eutrophication?”. Disponível em: < What is eutrophication? >.

Mídia Sugerida:
POLUIÇÃO DA ÁGUA - RESUMO
Um ano após desastre de Mariana, pescadores ainda sofrem com contaminação
Vidas Sob o Mar de Petróleo: Retrospectiva e Visão Geral
Acidificação dos Oceanos - Minuto Antártico - InterAntar
A poluição das águas e as cianobactérias - Water pollution and Cyanobacteria

Referências bibliográficas sugeridas

Livro “Contaminantes orgânicos em ambientes aquáticos”. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/55985/4/2020_liv_rmcavalante.pdf>.
Livro “THE ROLE OF SOURCES OF MARINE CHEMICAL POLLUTION IN ADDRESSING MARINE CHEMICAL POLLUTION”. Disponível em: <https://backtoblueinitiative.com/wp-content/uploads/2022/11/Sources-of-marine-chemical-pollution.pdf>.
Livro “Marine Chemical Pollution”. Disponível em: <https://www.iopan.gda.pl/MarPoLab/pollution_eng.pdf>.
Livro “Understanding Chemical Pollution at Sea”. Disponível em: <https://www.chemical-pollution.com/medias/pdf/learning-guide/understanding-chemical-pollution-at-sea.pdf>.
Livro “Marine Pollution – Monitoring, Management and Mitigation”. Disponível em: <Marine Pollution – Monitoring, Management and Mitigation | SpringerLink>.

CAPÍTULO 43 - IMPACTOS DOS POLUENTES NO OCEANO

Stanley Lohan Nichel Alves[1], Herilly Friqs de Jesus[2], Luiza Piol Lombardi[3], Caius César Honorato Diniz do Nascimento[4] e Thamires Alexsandra Torres[5]

[1] Grupo de Pesquisa em Lixo Marinho em Ambientes Costeiros e Oceânicos (LixoMar)
[2] Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm)
[3] Graduanda em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo
[4] [5] Laboratório de Geoquímica Ambiental e Poluição Marinha (LabGAm).

1. Introdução: Por Que Precisamos Falar Sobre Poluição Química?

O oceano cobre mais de 70% do nosso planeta e funciona como um grande laboratório natural: cheio de vida, movimento e conexões que regulam o clima, fornecem alimento, sustentam milhões de espécies e influenciam diretamente a saúde humana. Cada gota de água participa de um equilíbrio delicado que mantém o ecossistema em harmonia e garante que nossa respiração, alimentação e bem-estar. No entanto, esse sistema tão vasto vem sendo ameaçado pela presença crescente de substâncias que não fazem parte desse equilíbrio: os poluentes químicos, capazes de alterar processos naturais e causar impactos profundos em todo o ambiente marinho.

Esses poluentes vêm de diferentes lugares. Alguns chegam de forma direta, como óleo derramado de navios ou o esgoto que não recebe tratamento. Outros chegam silenciosamente, carregados pela chuva, pelo ar ou pelos rios: agrotóxicos usados na agricultura, medicamentos descartados no lixo comum, produtos de limpeza que vão pelo ralo, metais pesados liberados por indústrias, tintas e combustíveis, entre tantos outros. Há também substâncias que parecem inofensivas, como filtros solares, cosméticos e repelentes, mas que podem causar grandes alterações nos organismos marinhos.

E o que acontece quando tudo isso chega ao mar?

Alguns poluentes atuam como venenos, causando intoxicação nos organismos aquáticos, tais como peixes, moluscos e crustáceos. Outros alteram a fisiologia da biota, atuando como desreguladores hormonais, interferindo no crescimento, na reprodução e até no comportamento. Existem também os poluentes que se acumulam no corpo dos seres vivos e passam de um nível da cadeia alimentar para o outro, tornando-se ainda mais perigosos. Além disso, muitos desses produtos alteram a qualidade da água, reduzem o oxigênio disponível e modificam ambientes inteiros, como manguezais, recifes e praias. A forma que as substâncias químicas vão atuar, se causando intoxicação, efeitos fisiológicos, acumulando nos tecidos e passando pela cadeia trófica ou alterando a qualidade dos ambientes aquáticos vai depender de uma série de fatores,

tais como: as características químicas desses compostos, a biodisponibilidade dos mesmos, os mecanismos de detoxificação (eliminação) dos organismos e a capacidade de acumular nos tecidos e permanecer no ambiente.

Neste capítulo, vamos embarcar juntos nessa investigação: entender como esses poluentes se comportam e que impactos provocam na vida marinha e, indiretamente, em nós. Este é um mergulho importante para compreender os desafios invisíveis que o oceano enfrenta, e como podemos agir para protegê-lo.

2. Como Esses Poluentes Impactam o Ambiente?

No ambiente marinho, a poluição nem sempre é evidente. A maior parte dos poluentes químicos só é detectada por meio de análises específicas, o que torna seu controle mais difícil e suas consequências mais silenciosas. Uma vez no oceano, esses contaminantes não ficam restritos à água, eles se dispersam pelo sistema marinho, depositam no sedimento (que podem ser ressuspendidos por movimentações no fundo oceânico), acumulam-se em diferentes ambientes e acabam afetando tanto a vida aquática quanto a saúde e o bem-estar humano.

A partir deste ponto, veremos os principais impactos causados por esses poluentes no oceano, na biodiversidade e na vida humana.

2.1. Impactos Ecológicos

Muitos dos compostos que hoje chamamos de poluentes, como alguns metais, nutrientes e até certos hidrocarbonetos, existem naturalmente no ambiente. O problema não é a presença deles, mas sim o excesso. Essas substâncias, quando em excesso, passam a ser chamadas de contaminantes. Quando as atividades humanas aumentam suas concentrações além do que o ecossistema consegue suportar, e essas substâncias passam a causar desequilíbrios e impactos que afetam desde organismos microscópicos até os grandes predadores, incluindo os seres humanos, elas passam a ser denominadas de poluentes.

E como os ecossistemas respondem a esses contaminantes?

Quando substâncias tóxicas se acumulam nos sedimentos, elas podem permanecer indisponíveis para a biota. Os sedimentos são considerados grandes sumidouros de poluentes, através dos processos de adsorção (ligação dos compostos com a superfície do sedimento) e precipitação. No entanto, essas partículas podem ser ressuspendidas para a coluna d'água e alterar diretamente a vida no ambiente marinho. Além disso, as partículas acumuladas no sedimento podem afetar diretamente a diversidade de organismos bentônicos (que vivem e/ou dependem do sedimento), como caranguejos, moluscos e microrganismos, diminuindo essa diversidade e abundância, dando lugar para que espécies mais resistentes dominem o meio. Isso afeta a cadeia alimentar inteira.

2.1.1. Manguezais: Raízes que respiram.

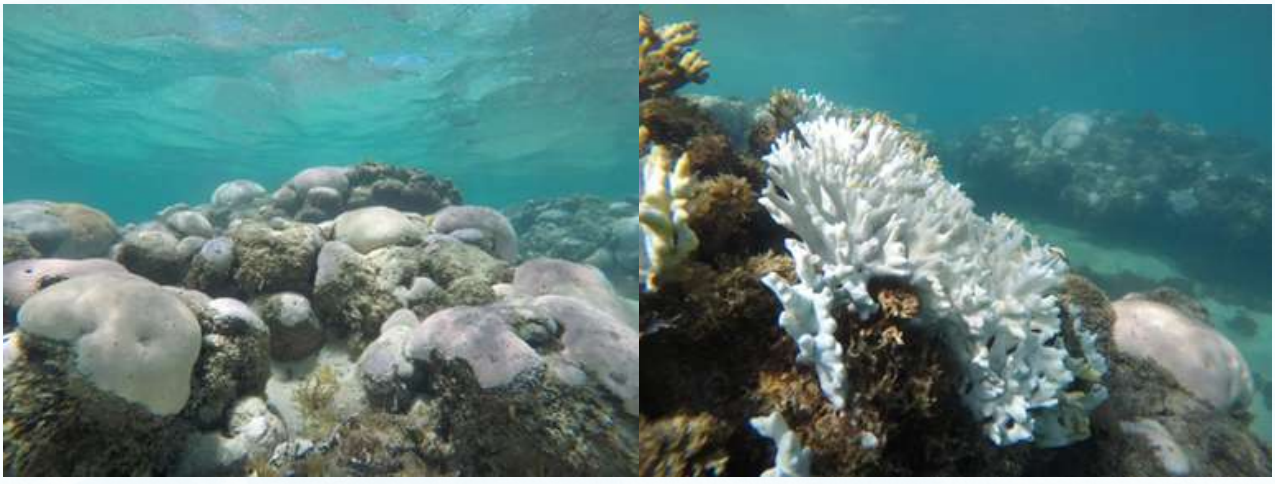
Os manguezais são áreas especialmente sensíveis. Hidrocarbonetos e elementos metálicos

podem recobrir as raízes aéreas das árvores (os pneumatóforos), impedindo-as de respirar. O resultado é a morte de plântulas, enfraquecimento de árvores adultas e perda de habitat da espécie que dependem do manguezal para se reproduzir, se alimentar ou se proteger. Outro impacto é a contaminação dos sedimentos e das águas entre os grãos, que podem ser ingeridos pela biota e causar contaminação. Essa contaminação por contaminantes orgânicos e inorgânicos também pode causar alterações nos indivíduos e diminuição da biodiversidade pelo aumento da mortalidade.

2.1.2. Recifes de corais: Beleza ameaçada por pequenas substâncias

O excesso de nitrogênio e fósforo na água, proveniente de atividades humanas como esgoto e agricultura, atua como um 'superalimento' para as microalgas, causando seu crescimento exagerado; essa proliferação de algas não só diminui a transparência da água, prejudicando a luz que os corais precisam para sobreviver, mas também, ao se decompor, consome a maior parte do oxigênio dissolvido, o que pode sufocar e matar os organismos do recife. Além disso, a presença elevada desses nutrientes cria um ambiente propício para o desenvolvimento de organismos patogênicos, tornando os corais mais vulneráveis a doenças e enfraquecendo todo o ecossistema recifal. Além dos nutrientes, diversos contaminantes químicos representam ameaças sérias aos recifes. Pesticidas podem alterar a reprodução e o desenvolvimento dos corais, enquanto que metais e outros contaminantes orgânicos podem afetar também a alimentação e as defesas desse ecossistema. Além disso, muitos destes podem afetar as algas simbióticas, causando o fenômeno de branqueamento (Figura 1).

Figura 1: Corais após processo de branqueamento.



Fonte: Natalia Roos.

2.1.3. Pradarias marinhas: Plantas que sentem a poluição

As **pradarias marinhas**, formadas principalmente por plantas dos gêneros *Halodule* e *Thalassia*, também sofrem com a contaminação. O excesso de nutrientes provoca a proliferação de algas na superfície da água, reduzindo a luz que chega às plantas e prejudicando a fotossíntese. Já os metais acumulados no sedimento comprometem o crescimento das raízes e das folhas, enfraquecendo as pradarias e facilitando a ocupação por algas oportunistas.

2.1.4. Organismos marinhos: Toxicidade aguda e crônica

A **toxicidade aguda** de poluentes químicos no oceano manifesta-se quando organismos entram em contato imediato com substâncias capazes de causar danos fisiológicos, celulares ou comportamentais, mesmo em exposições de curta duração. Muitos contaminantes, como metais, hidrocarbonetos, pesticidas e até fármacos, têm a capacidade de interferir em processos biológicos essenciais, resultando em efeitos rápidos e muitas vezes severos. Um exemplo clássico ocorre após derramamentos de petróleo, como o do **Golfo do México em 2010**, quando milhares de peixes, tartarugas e aves marinhas apresentaram letargia, desorientação e falha respiratória devido à inalação e absorção de HPAs, substâncias conhecidas por causar danos celulares e hepáticos. Esses compostos, ao atravessarem as membranas celulares, desencadeiam estresse oxidativo, levando à destruição de células e órgãos vitais.

Figura 2: Pelicano coberto de petróleo após o vazamento da plataforma Deepwater Horizon, em 2010.

Fonte: Win McNamee/Getty Images.

Além dos hidrocarbonetos, elementos metálicos como mercúrio, cobre e cádmio também podem causar toxicidade aguda. Em áreas portuárias, por exemplo, o fitoplâncton exposto ao cobre liberado pelas tintas anti-incrustantes tem **fotossíntese reduzida**, enquanto larvas de moluscos frequentemente sofrem mortalidade aguda. Descargas de esgoto contendo altas concentrações de amônia causam prejuízos à respiração e equilíbrio da osmorregulação em peixes.

Pesticidas agrícolas que chegam ao mar por dragagem também podem provocar efeitos imediatos. Em regiões costeiras próximas a áreas de cultivo intensivo, camarões e caranguejos são expostos a **organofosforados**, compostos que **bloqueiam o funcionamento do sistema nervoso**, levando à morte. Mesmo a base da cadeia alimentar é rapidamente afetada: herbicidas como o glifosato **reduzem o crescimento de algas e cianobactérias**, comprometendo a produção primária e impactando todos os níveis tróficos subsequentes.

Já a toxicidade crônica ocorre a partir de exposições prolongadas a baixas concentrações de substâncias que, embora não causem morte imediata, induzem danos cumulativos e de longo prazo nos organismos marinhos. Muitos contaminantes, como PCBs, dioxinas, certos pesticidas e metais, são bioacumuláveis e lipossolúveis, ou seja, se depositam e se concentram nos tecidos gordurosos dos seres vivos.

Um exemplo notório é o do mercúrio, que se biomagnifica ao longo da cadeia alimentar, um predador de topo pode acumular, causando alterações na reprodução e no sistema nervoso. A exposição crônica a poluentes orgânicos persistentes (POPs), como PCBs, é conhecida por causar disrupção endócrina, alterando os hormônios de peixes e mamíferos marinhos e resultando em feminização de machos, infertilidade e falhas no desenvolvimento larval.

Em bivalves, como ostras e mexilhões, a exposição contínua a HPAs pode afetar o sistema imune, levando a doenças. Além disso, a toxicidade crônica de alguns contaminantes pode causar danos ao DNA, aumentar a incidência de tumores em peixes e comprometer as defesas antioxidantes dos organismos, afetando a sobrevivência de populações inteiras ao longo do tempo.

2.2. Impactos na Saúde Humana

2.2.1 Via alimentação: O principal caminho de exposição humana

A poluição marinha retorna à população humana principalmente pelo **consumo de pescados contaminados**. Peixes, crustáceos e moluscos podem **bioacumular** metais, POPs e outros contaminantes presentes na água, no sedimento ou em seu alimento. Quando ingeridos, esses compostos passam ao ser humano por **biomagnificação** e podem causar efeitos graves, como câncer, alterações hormonais, problemas neurológicos, respiratórios e renais.

Um dos exemplos mais conhecidos é o do mercúrio, que se acumula principalmente em peixes grandes como atum e espadarte. Ao ser ingerido, o mercúrio atinge o sistema nervoso central, podendo causar **alterações motoras**, **déficits cognitivos** e **danos neurológicos irreversíveis**.

Além dos metais, muitos compostos orgânicos persistentes, como pesticidas, dioxinas e PCBs, estão associados à **desregulação hormonal**, **queda da fertilidade**, maior **risco de câncer** e **alterações no sistema imunológico**. Os fármacos, incluindo hormônios, embora ainda pouco compreendidos, podem contribuir para a resistência a antibióticos e provocar alterações hormonais em humanos expostos por longos períodos.

Para reduzir esses riscos, órgãos como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA) estabelecem limites seguros e índices de avaliação, como a **ingestão diária estimada** (EDI), o **quociente de risco** (THQ), a quantidade máxima de consumo seguro (MSCQ) e a margem de exposição usada para contaminantes carcinogênicos. Esses parâmetros orientam o consumo de pescados e ajudam a proteger a saúde humana.

2.2.2. Via contato direto: Recreação, turismo e vida em áreas costeiras

Em locais próximos à esgotos não tratados, áreas portuárias ou regiões impactadas por derramamentos de petróleo, a água pode conter hidrocarbonetos, solventes, metais e outros contaminantes capazes de causar **irritações na pele**, **olhos** e **vias respiratórias**, além de sintomas sistêmicos em casos de exposição mais intensa.

2.2.3. Via exposição ocupacional: riscos ampliados para trabalhadores do mar

Trabalhadores que passam longos períodos de tempo em ambientes marinhos ou costeiros estão mais suscetíveis à contaminação por poluentes químicos devido à **intensidade e continuidade da exposição**. Isso inclui pescadores, marisqueiras, catadores de caranguejo, trabalhadores portuários, aquicultores, mergulhadores profissionais, e equipes de resposta a desastres ambientais.

2.3. Impactos Sociais

A poluição dos ecossistemas costeiros afeta diretamente comunidades litorâneas e tradicionais, aumentando sua vulnerabilidade. A degradação ambiental acarreta na **redução de serviços essenciais**, como proteção natural e provisão de alimentos, agravando desigualdades sociais. Além disso, atividades culturais ligadas ao mar, como pesca, navegação, culinária e rituais, podem ser comprometidas, resultando em **perda de identidade cultural** e **ruptura de tradições** que sustentam o modo de vida dessas populações.

2.4. Impactos Econômicos

Os poluentes marinhos comprometem setores fundamentais da economia costeira, especialmente a pesca e a aquicultura. Os **poluentes se acumulam na cadeia alimentar**, interferindo no crescimento, reprodução e sobrevivência de inúmeras espécies de peixes, crustáceos e moluscos de interesse comercial, reduzindo estoques pesqueiros. A contaminação também pode **inviabilizar áreas inteiras**, diminuindo a produtividade e afetando o sustento de comunidades que dependem do mar.

O turismo é igualmente prejudicado: esgoto, manchas de óleo, lixo e turbidez e perda da qualidade da água afastam visitantes e podem levar ao impedimento de uso para banho em praias, afetando empregos e economias locais. Além disso, o estado arca com altos custos para remediação e prevenção, como limpezas de praias, tratamento de água, monitoramento ambiental e recuperação de ecossistemas.

Saiba Mais

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão que define normas e limites para poluentes no Brasil, sendo essencial para controlar a contaminação química nos oceanos e proteger a saúde humana. Suas resoluções estabelecem padrões de qualidade da água, limites para substâncias tóxicas e regras para o lançamento de efluentes, ajudando a prevenir impactos em ecossistemas marinhos e reduzir riscos associados ao consumo de pescados contaminados e ao uso recreativo das praias. Ao orientar práticas de monitoramento, tratamento de resíduos e prevenção da poluição, o CONAMA garante maior segurança ambiental e contribui para a conservação do oceano e o bem-estar da população.

Atividade Sugerida

A Viagem dos Poluentes na Cadeia Alimentar

Habilidades BNCC:

- (EF05GE10); (EM13CHS301);

Objetivo: Compreender como os poluentes se acumulam dentro dos organismos (bioacumulação) e como se tornam mais concentrados à medida que sobem na cadeia alimentar (biomagnificação).

Metodologia: Para realização dessa atividade, o professor precisará de tampinhas coloridas ou bolinhas de papel, que representarão os poluentes, e cartões com nomes de diferentes organismos, como fitoplâncton, zooplâncton, peixes pequenos, peixes médios, peixes grandes e seres humanos (exemplificando uma cadeia alimentar). Os materiais podem ser espalhados pelo chão ou colocados dentro de caixa opaca.

A turma será dividida em grupos, cada um representando um nível da cadeia alimentar. O grupo do fitoplâncton coleta algumas tampinhas do ambiente; o zooplâncton “come” o fitoplâncton e acumula essas tampinhas junto com novas; e assim por diante, até os níveis superiores. À medida que a cadeia avança, os alunos observam que os poluentes se acumulam nos organismos (bioacumulação) e aumentam de concentração nos níveis mais altos (biomagnificação). No final, a turma discute os impactos disso na vida marinha e na saúde humana, e cada aluno cria um desenho ou frase representando como os poluentes viajam no oceano.

Recursos complementares sugeridas

E-book: Guia Prático de Orientação “Impacto dos Microplásticos na Saúde”. Disponível em: <https://www.apepoc.es/descargas/Guia_microplasticos_br.pdf?utm_source=chatgpt.com>.
Website “National Geographic: Qual o impacto dos protetores solares nos ecossistemas?”. Disponível em: <Qual o impacto dos protetores solares nos ecossistemas? | National Geographic>.
Vídeo: “Os impactos do protetor solar no meio ambiente”. Disponível em: <Os impactos do protetor solar no meio ambiente >.
Episódio de Podcast: Hidrocarboneto e os seus impactos ambientais

Mídia Sugerida:
Poluição dos rios

Referências bibliográficas sugeridas

Capítulo “Marine Life and Ecosystem Resilience as Oceans and Seas Get Increasingly Polluted”, presente no livro “The Palgrave Encyclopedia of Sustainable Resources and Ecosystem Resilience”. Disponível em: <Marine Life and Ecosystem Resilience as Oceans and Seas Get Increasingly Polluted>.
Capítulo “Marine Pollution and Its Impacts on the Blue Economy”, presente no livro “Handbook of Sustainable Blue Economy”. Disponível em: <Marine Pollution and Its Impacts on the Blue Economy>.
Capítulo “Pollution in Marine Ecosystem: Impact and Prevention”, presente no livro “Current Status of Marine Water Microbiology”. Disponível em: <Pollution in Marine Ecosystem: Impact and Prevention | SpringerLink>.

CAPÍTULO 44 - Morfologia do fundo marinho

Pedro Smith Menandro[1], Paulo Henrique Cetto[2], Ana Laura Lopes Piol[3], Lara Ferreira Peçanha[4] e Valéria da Silva Quaresma[5]

[1 2 3 4 5] Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES

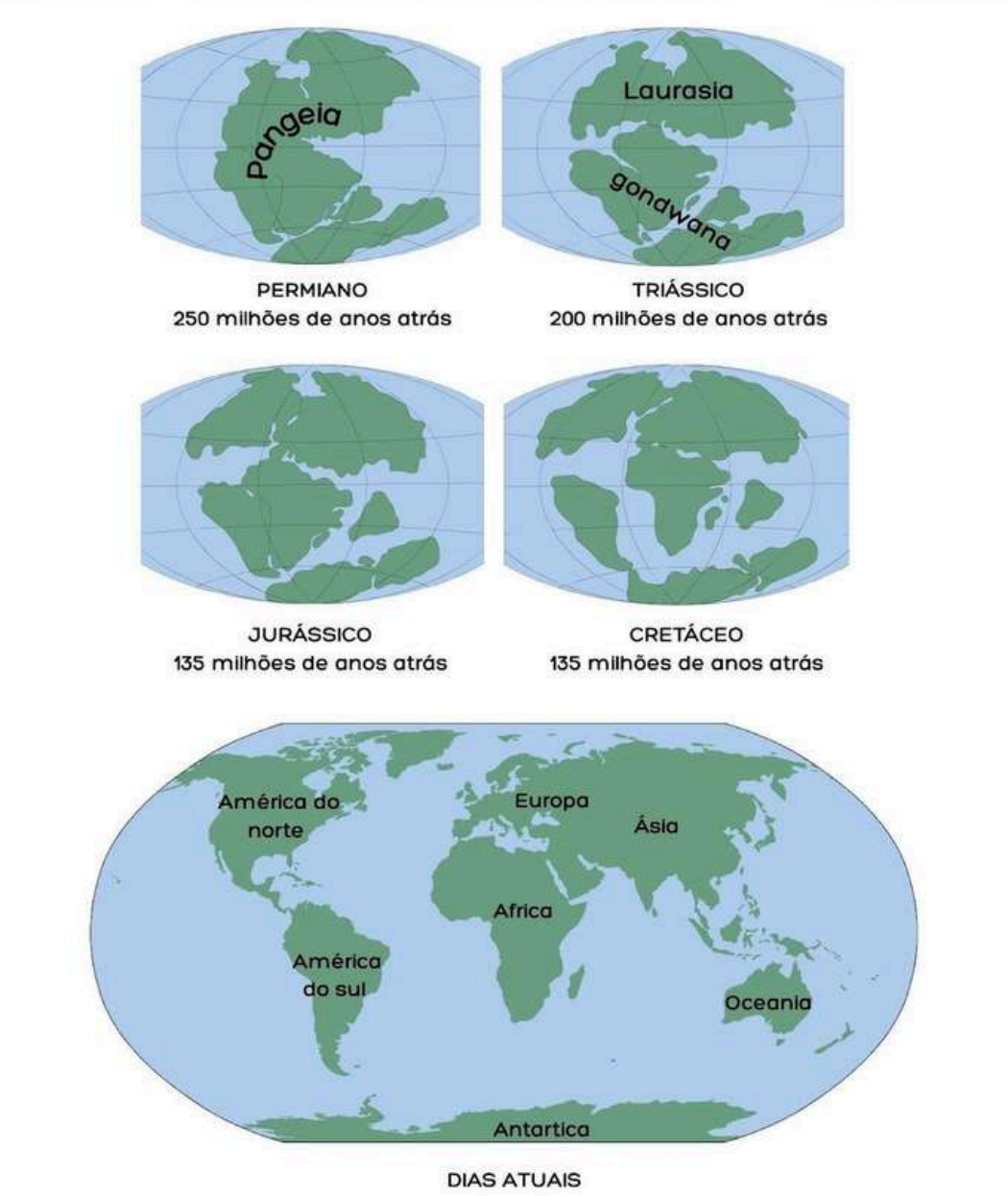
Introdução

Apesar de seu caráter científico revolucionário, a teoria da tectônica de placas não chegou a ser agraciada por um prêmio Nobel, uma vez que não poderia ser creditada à uma única pessoa. De importância fundamental para o entendimento da evolução da morfologia dos fundos oceânicos, essa teoria foi desenvolvida a partir da contribuição de algumas pessoas (ou de diferentes grupos de pesquisa). Neste capítulo, iremos mencionar alguns nomes como Alfred Wegener, Tuzo Wilson e Marie Tharp.

O cientista Alfred Wegener reuniu uma grande quantidade de dados para desenvolver e discutir sua teoria da deriva continental (Figura 1), que mais tarde descreveu com mais detalhes em seu livro “A Origem dos Continentes e dos Oceanos”, publicado em 1912. Observações como, por exemplo, os encaixes quase perfeitos entre a costa oeste da África e a costa leste da América do Sul, e entre a costa sul da Austrália e a costa leste da Antártida, contribuíram fortemente para a ideia da deriva continental. Contudo, naquela época as forças físicas envolvidas nesse processo ainda não eram bem entendidas.

Wegener não viveu para ver sua teoria da deriva continental ser incorporada aos estudos da tectônica de placas. Mas o fato de que os continentes já estiveram unidos em um supercontinente gigante, que Wegener chamou de Pangeia, foi gradualmente aceito. Em grande parte, isso ocorreu devido à aquisição sistemática e mais rápida de novos dados de profundidade à partir da década de 50, graças à consolidação das tecnologias de sondagem acústica herdadas da Segunda Guerra Mundial. Esses dados foram sendo compilados, interpretados e publicados até meados da década de 70 por Marie Tharp e Bruce Heezen, pesquisadores da Universidade de Columbia - EUA (Lamont-Doherty Earth Observatory). A descoberta crucial feita por eles foram os vales de rifte (fendas geológicas alongadas e profundas) observados ao longo do eixo central de um sistema de cordilheiras meso-oceânicas. A interpretação de que os eixos dessas feições seriam uma zona de separação (limite divergente), por onde haveria a liberação de magma e formação de crosta, embasou o conceito de expansão dos fundos oceânicos, tornando-se prova concreta da teoria da tectônica de placas.

Figura 1: Ilustração da Teoria da Deriva Continental

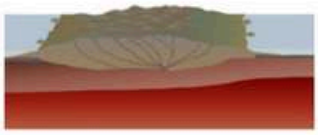
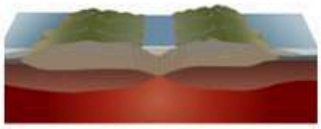
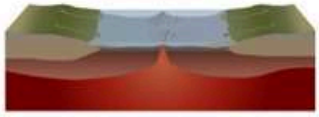
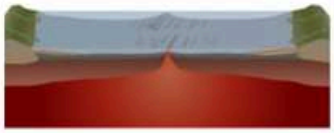
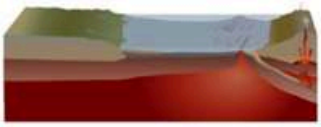
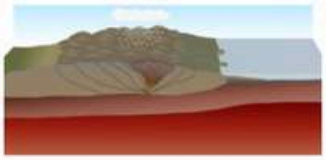


Fonte: Elaborado pelos autores com o uso de elementos do software Canva (2025).

Ciclo de Wilson

Os continentes como conhecemos hoje nem sempre foram assim. Imagine que os continentes da Terra estão sempre dançando em um ritmo lento, impulsionados pela tectônica de placas. Quando um supercontinente se desintegra, ele abre espaço e dá origem a novos oceanos. Inversamente, quando continentes que estavam separados se movem e se juntam novamente, eles formam um novo supercontinente, e os oceanos que estavam no meio se fecham ou se fundem em um único e imenso oceano mundial. Esse processo de criação e destruição de oceanos, causado pela lenta movimentação dos continentes, é chamado de Ciclo de Wilson (Tabela 1), em homenagem ao cientista Tuzo Wilson.

Tabela 1: Estágios do Ciclo de Wilson.

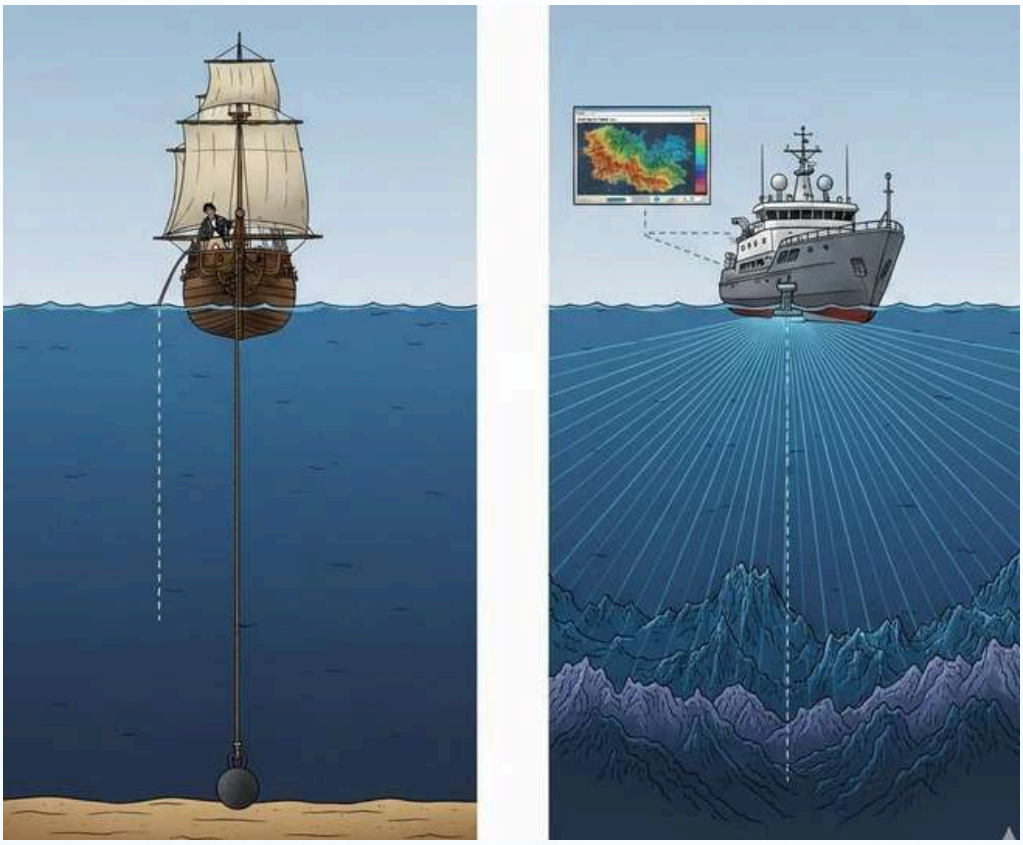
Estágio	Característica	Exemplo	Figura
Embrionário	Ocorre quando uma área continental sofre uma tensão devido ao calor do magma e um afinamento da crosta continental, gerando um rifteamento.	Sistema de rifte da África	
Juvenil	Ocorre com o início da subducção em uma das margens. Os flancos continentais que sofreram um soerguimento são erodidos gradativamente, e seus sedimentos são depositados na nova bacia oceânica formada.	Mar Vermelho	
Maduro	Ocorre com a expansão do fundo oceânico.	Oceano Atlântico	
Declínio	Ocorre com o desenvolvimento de placas destrutivas, que podem ser formadas devido a colisões continentais ou novos rifteamentos. Neste estágio ocorre uma subducção, causando um encolhimento da bacia oceânica.	Oceano Pacífico	
Terminal	Ocorre quando a bacia se estreita, mantendo-se irregular.	Mar Mediterrâneo	
Sutura	Ocorre quando há colisão entre blocos continentais, devido a litosfera oceânica estar subduccionada, formando as cadeias de montanhas.	Himalaia	

Fonte: Fabirichter - Own work, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79650957.

Como é o relevo submarino?

Ainda nos dias de hoje, é comum ouvir que sabemos mais sobre a superfície da lua e de alguns outros planetas do que dos nossos próprios oceanos. Quando falamos de mapeamento do fundo do mar, geralmente estamos nos referindo às profundidades que podem chegar a até 11 km nas fossas abissais! Com a tecnologia atual, é possível mapear o fundo dos oceanos utilizando barcos, satélites e até mesmo AUVs (que são robôs submarinos autônomos, ou seja, são programados para executar determinado trabalho e posteriormente voltar para o navio). Esse mapeamento é difícil e caro, e levará décadas até realmente conseguirmos finalizar.

Figura 2: À esquerda, ilustração representando a medição da profundidade com uma linha de prumo; à direita, ilustração mostrando a medição das profundidades do fundo marinho usando tecnologias mais modernas (acústica submarina).



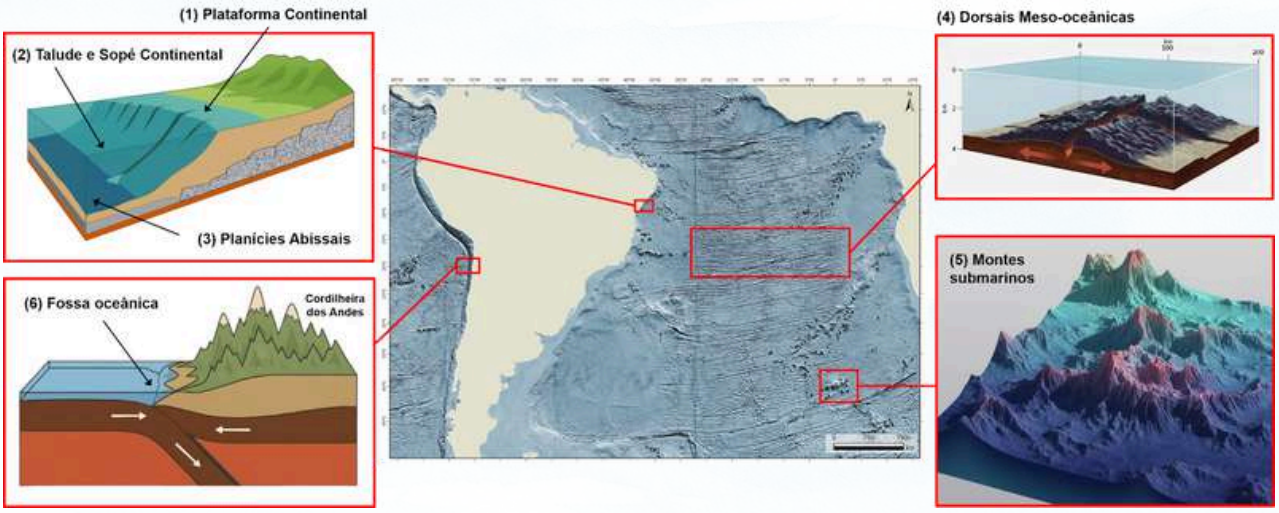
Fonte: Imagem fora de escala gerada por Inteligência artificial - Gemini.

Antes do século 19, os métodos para se medir a profundidade consistiam basicamente em descer uma corda com um peso na ponta até o fundo (Figura 2A). Claro que tais medições eram pouco precisas. Um dos primeiros mapas batimétricos (profundidades) foi publicado em 1855 no livro do oficial da Marinha Americana Maury M.E. (The Physical Geography of the Sea).

A história do mapeamento dos oceanos se inicia na expedição *H.M.S. Challenger*, entre os anos de 1873 e 1876, onde foram realizadas 500 medidas de profundidade, descobrindo-se, por exemplo, as Fossas Marianas (11 Km) e uma das cordilheiras submarinas, conhecida hoje como a Cordilheira Meso-Atlântica.

Em 1912, com o acidente com o navio *Titanic* ocorreu um impulsionamento no desenvolvimento das técnicas e em seguida, com as grandes guerras mundiais de 1914 e 1939, novos aprimoramentos foram feitos nas técnicas de medições da profundidade dos oceanos. Já há aproximadamente 50 anos, outro fato relevante e histórico para o mapeamento do fundo marinho, quando Marie Tharp, Bruce Heezen e William Ewing construíram um mapa da morfologia submarina de maneira similar ao que é conhecido ainda hoje.

Figura 3: Na parte central, parte do mapa do fundo marinho com alguns esquemas representando diferentes características e formas do oceano: 1) Plataforma Continental; 2) Talude e sopé continental; 3) Planície abissal; 4) Cordilheira Meso-oceânica; 5) Montes submarinos; 6) Fossas oceânicas.



Fonte: Autores com auxílio de inteligência artificial - Gemini.

Assim a partir desses mapeamentos se descobriu algumas áreas diferentes nos oceanos (conforme indicado acima na Figura 3):

(1) Plataforma Continental: é considerada uma continuação do continente na parte que fica embaixo d'água, e vai desde a linha de costa até a chamada quebra da plataforma, que geralmente alcança no máximo 200 m de profundidade, onde o relevo muda de inclinação de forma repentina. Essa área costuma ter tantos sedimentos provenientes dos continentes, devido a sua proximidade, quanto dos oceanos, por causa da atividade de organismos marinhos. Em geral, pode ser dividida em dois tipos: do tipo margem continental passiva, como a plataforma continental do Brasil, que pode chegar a mais de 200 km de largura; e do tipo margem continental ativa, que é mais estreita e irregular, associadas geralmente a regiões com zonas de subducção, como a costa do Chile.

(2) Talude e Sopé Continental: Logo depois do limite da plataforma continental fica o talude continental, que é uma área de transição entre as regiões mais rasas e mais profundas. Essa região geralmente tem um relevo irregular e uma inclinação bem acentuada, entre 200 e 2000 metros de profundidade, onde é comum encontrar cânions submarinos e canais escavados. Já o sopé continental é o lugar onde, geralmente, os sedimentos vão se acumulando.

(3) Planícies Abissais: As planícies abissais são áreas do fundo do mar que são mais planas, ficam nas partes mais profundas dos oceanos, entre 2 e 6 mil metros de profundidade, e chegam a representar mais de 40% do fundo marinho.

(4) Dorsais Meso-oceânicas: as cordilheiras meso-oceânicas aparecem em todos os oceanos, e têm cerca de 60 mil km de extensão, sendo conhecidas como a maior cadeia de montanhas do planeta. São formadas onde o fundo oceânico se abre, permitindo que o magma suba, o que faz o fundo do mar se expandir e criar nova crosta oceânica.

(5) Montes submarinos: Os montes submarinos são feições solitárias, geralmente com origem vulcânica, que podem se elevar a centenas ou milhares de metros acima do fundo oceânico. São como montanhas isoladas que crescem no fundo dos oceanos, e possuem grande importância ecológica pois são pontos de abrigo e alimentação para inúmeras espécies marinhas e registram a história tectônica dos oceanos.

(6) Fossas Oceânicas: são as regiões de maiores profundidades do planeta Terra. Elas são formadas nas regiões em que ocorre o mergulho de uma placa oceânica sob outra placa, podendo ser oceânica ou continental (chamadas de zonas de subducção). Um dos exemplos é a Fossa das Marianas, no Oceano Pacífico, chegando a aproximadamente 11 mil metros de profundidade. Outro exemplo, mostrado na Figura acima é a Fossa Peru-Chile, também conhecida como Fossa do Atacama.

Considerações finais

Assim, vimos que o fundo dos oceanos é um local de grande atividade, com diversas formas e feições, e com muitos mistérios ainda para serem descobertos. Em termos geológicos, são muito ricos e precisam ser mais bem conhecidos e mapeados por vários motivos e atividades que envolvem grande valor econômico e ecológico. Um fundo marinho mais bem conhecido traz muitos benefícios, ou seja, é vantajoso tanto para saber como proteger um organismo que vive em determinado habitat marinho, como para um país inteiro poder se planejar em como utilizar e proteger os recursos marinhos (vivos ou não); traz benefícios desde a praia até às profundezas, desde pequenos fenômenos até questões relacionadas com as mudanças climáticas. Precisamos conhecer melhor o nosso planeta, e para isso precisamos mapear o fundo do oceano para conhecer bem seu relevo e seus habitats!

Saiba Mais

- Estima-se que, ao longo dos últimos quatro bilhões de anos, esse o Ciclo de Wilson já se repetiu vinte ou mais vezes, mostrando o quão dinâmica e 'inquieta' é a superfície do nosso planeta.

- Atualmente, só conseguimos mapear o fundo marinho em detalhe de cerca de 27% dos oceanos. Conforme novas expedições acontecem, novas descobertas são feitas. No Brasil, por exemplo, sabemos que vários montes submarinos são maiores do que a maior montanha conhecida no Brasil (pico da Neblina)!

Atividade Sugerida

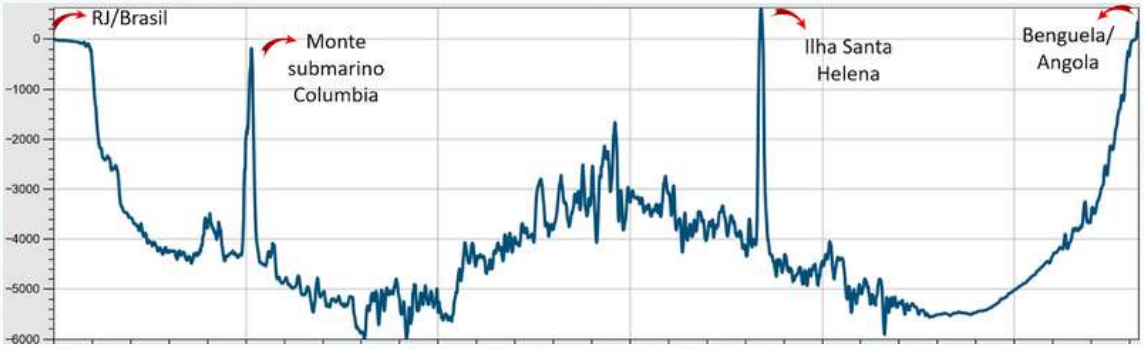
Habilidades BNCC:

- (EF69LP38); (EF07GE09);

Mostrar o Google Maps com a camada Satélite habilitada, que permite visualizar as grandes feições do fundo marinho.

Um exemplo de exercício prático pode envolver o desenho de um perfil topográfico (de profundidades) cruzando o oceano Atlântico Sul, entre Brasil e África. A ideia é identificar as províncias descritas neste capítulo. A Figura 4 abaixo mostra um exemplo de perfil: do lado esquerdo, começa no Brasil e vai cruzando o oceano, passando por plataforma continental, talude, montes submarinos, planície abissal, cordilheira meso-oceânica, até chegar na África. Uma possibilidade para traçar os perfis é através do uso do aplicativo Geomap (disponível para livre download em <https://www.geomapapp.org>). Outra possibilidade é tentar mostrar a relação entre isóbatas com os valores de profundidade (isolinhas de profundidades) - similar a curvas de nível, e o perfil. Ou seja, isolinhas mais próximas vão indicar inclinação maior, e isóbatas mais afastadas vão indicar uma região do fundo marinho mais plana.

Figura 4: Perfil de profundidades cruzando o Atlântico Sul entre Brasil e África.



Fonte: Autores (através do software QGIS).

Recursos complementares sugeridos

Youtube

- Canal @VictorCavalcante, onde poderá encontrar vídeos sobre a Tectônica de Placas e Ciclo de Wilson.
- Canal @geoilustrada com o vídeo “Relevo Oceânico”.
- Canal @geologiaemfoco onde poderá encontrar o vídeo “O relevo do fundo oceânico”.

Livros
Introdução às ciências do mar.
Disponível em:https://cienciasdomarbrasil.furg.br/documentos/livros.

Morfologia do Ambiente Marinho
Disponível em: http://pggmbrasil.org/publica%C3%A7%C3%B5es.

Referências bibliográficas sugeridas

CASTELL, Jorge P.; KRUG, Luiz Carlos (Ed.). Introdução às ciências do mar. Editora Textos, 2015.
CORRÊA, Iran Carlos Stalliviere. Morfologia do ambiente marinho. 2021.
Fabirichter - Own work, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79650957
Heezen, B.; Tharp, M. World Ocean Floor. 1977; Library of Congress Geography and Map Division Washington. Available online:
VIANA, D. D. L. et al. Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil. 2021.p 188-217.2021

CAPÍTULO 45 - Processos sedimentares na zona costeira

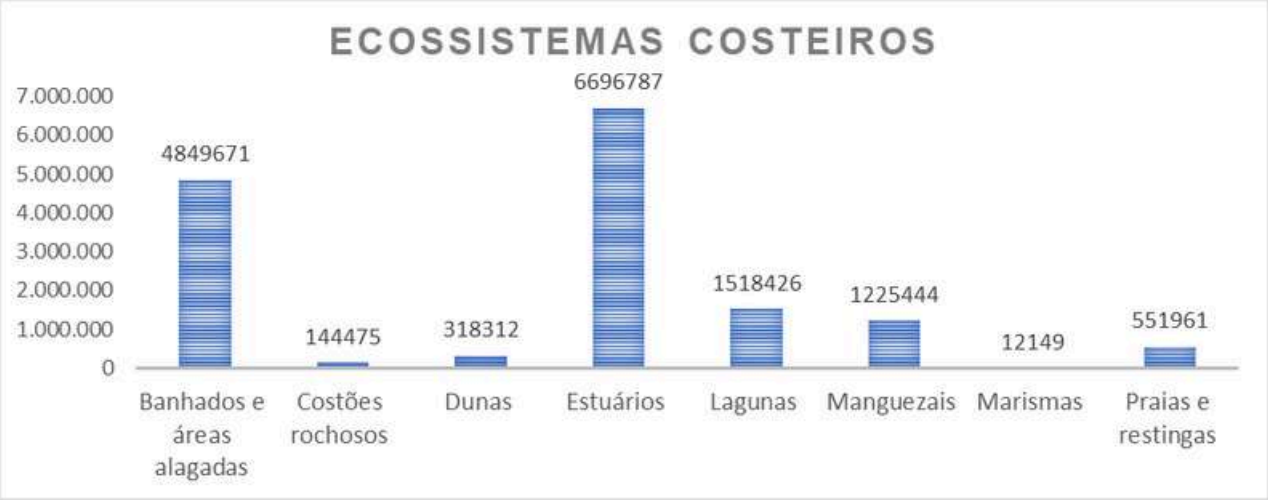
Valéria da Silva Quaresma[1], Tarcila Franco Menandro[2] e Mayara Oliveira Bandeira[3]

[1 2 3] Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES

Segundo o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, a zona costeira é uma área de transição entre o continente e o mar. No Brasil, sua definição está em documentos oficiais que levam em conta tanto aspectos políticos quanto ambientais.

De acordo com dados da Portaria MMA nº 34/2021, mais de 400 municípios estão dentro dessa zona, que abrange diferentes ecossistemas e cobre grandes áreas do país (Figura 1). É importante lembrar que esses ecossistemas fazem parte do dia a dia da população, servindo como fonte de sustento e lazer para muitas famílias. Por isso, qualquer tipo de interferência, seja causada pela natureza ou pela ação humana, pode gerar não apenas problemas ambientais, mas também sociais.

Figura 1: Extensão dos ecossistemas costeiros brasileiros (área em hectare).



Fonte: Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil (2010).

Atualmente, um dos maiores desafios nessas regiões está relacionado aos processos sedimentares, como a erosão e o assoreamento. Esses processos podem acontecer tanto por causa das ações humanas quanto por fatores naturais. Entre as principais causas estão o aumento do nível do mar, a ocorrência mais frequente de tempestades e ondas fortes, a ocupação desordenada da costa e a construção de obras como portos e estradas, entre outras.

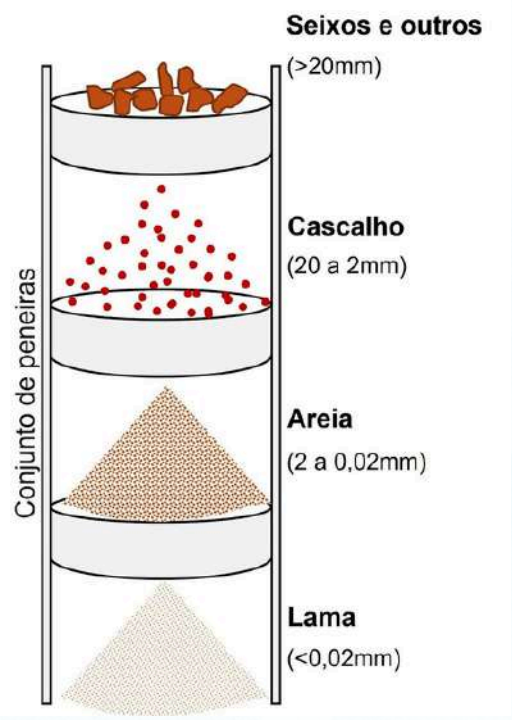
A partir desse enfoque, vamos falar sobre um tema bastante complexo: os processos sedimentares que acontecem nessa região de forma geral, com foco especial nos processos de assoreamento e erosão que ocorrem em diferentes tipos de ambientes.

Processos sedimentares

Os processos sedimentares são aqueles que envolvem o aporte (chegada), o transporte e a deposição dos sedimentos. Esses sedimentos podem ter diferentes origens: podem ser terrígenos (vindos do continente), biogênicos (formados por organismos), químicos ou autigênicos (formados no próprio local por processos químicos), além dos vulcânicos e cosmogênicos (esses dois últimos não são muito relevantes para a nossa discussão).

Os sedimentos também podem ser classificados de acordo com o tamanho dos grãos (Figura 2), chamado de granulometria, que varia desde cascalhos a argilas. O tamanho da partícula (como a areia, por exemplo) e sua composição mineralógica (como quartzo ou carbonato), quando interagem com o fluxo das correntes e das ondas, determinam o tipo de processo sedimentar que vai ocorrer, se será de transporte ou de deposição.

Figura 2: Conjunto de peneiras utilizadas na separação do sedimento de acordo com o diâmetro das partículas - granulometria.

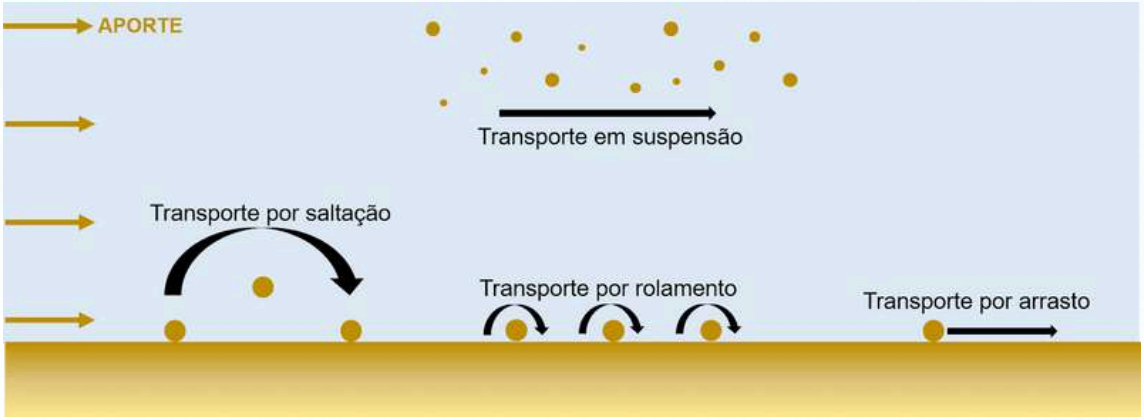


Fonte: elaboração prória

Em um processo sedimentar, o aporte — ou seja, a quantidade de sedimento que chega a um ambiente, tem um papel muito importante. O processo de erosão acontece quando há um desequilíbrio entre o que chega e o que sai: se sai mais material do que entra e se deposita, ocorre a erosão. O mesmo vale para o assoreamento. Quando chega mais sedimento do que a energia local (como correntes ou ondas) consegue movimentar, esse material acaba se acumulando em excesso, o que pode gerar impactos diretos no ambiente. Esses efeitos serão mostrados em alguns exemplos mais adiante. Dessa forma, podemos entender os processos sedimentares como processos dinâmicos, que envolvem não apenas o material sedimentar (como areia e lama), mas também a energia local, representada pelas correntes e ondas.

Os fundamentos da dinâmica sedimentar incluem o aporte, a ressuspensão do material que está no fundo, o transporte e a deposição. O transporte dos sedimentos pode acontecer de duas maneiras: em suspensão, quando as partículas ficam misturadas na água, ou junto ao fundo, quando se movem por saltação, rolamento ou arrasto das partículas (Figura 3).

Figura 3: Esquema com os diferentes tipos de transporte sedimentar: Suspensão, saltação, rolamento e arrasto



Fonte: Elaboração própria.

Esses conceitos são importantes para entendermos o que acontece nos processos de erosão e assoreamento. Outro ponto fundamental é o tamanho dos grãos do sedimento (a chamada granulometria) que formam o depósito. Areia e cascalho não se comportam da mesma forma que os sedimentos lamosos, e isso influencia diretamente o tipo de depósito e o processo sedimentar que ocorre em cada ambiente.

Quando as partículas de silte e argila entram em contato com a água do mar, que tem sal e uma alcalinidade diferente do dos rios (pH da água do mar em torno de 8,1), elas tendem a se unir a outras partículas, como matéria orgânica, areia fina e até substâncias poluentes. Isso acontece por causa da carga elétrica dos minerais de argila, que faz com que essas partículas se agregam, formando os chamados flocos. As partículas de areia, por outro lado, não têm essa característica. Elas permanecem separadas umas das outras, sendo depositadas como grãos individuais.

O processo de erosão também é diferente entre esses dois tipos de sedimentos. As partículas maiores e arenosas geralmente são transportadas no fundo, movendo-se por rolamento ou arrasto e ficando pouco tempo em suspensão. Já as partículas lamosas são carregadas em suspensão, misturadas na água por mais tempo. Essa diferença é muito importante, especialmente quando se estuda a dispersão de poluentes, já que o comportamento das partículas influencia diretamente onde essas substâncias vão se concentrar.

Agora vamos discutir mais os processos deposicionais e erosivos e seus diferentes aspectos.

Processos deposicionais

Os sedimentos que chegam a um determinado ambiente é o que vai dar origem aos depósitos encontrados nesse local. Esses depósitos se formam quando há acúmulo de partículas. No entanto, em algumas situações, o aporte de sedimentos pode aumentar muito, fazendo com que ocorra o assoreamento — ou seja, o excesso de material depositado. Esse processo pode ter causas naturais ou acontecer por interferência humana, como desmatamento ou mau uso do solo, e obras de engenharia que modificam o ambiente.

Figura 4: Exemplos de ambientes em processo de assoreamento indicados pela presença de plumas de sedimento, dragagem do excesso de sedimento depositado, margens descobertas devido ao desmatamento e bancos de areia no leito dos rios.

Fonte: Imagens retiradas do Canva e da biblioteca da Integration and Application Network - Ben Fertig e Adrian Jones (ian.umces.edu/media-library).

Normalmente, quando falamos em assoreamento, é porque isso virou um problema. O assoreamento pode acontecer por vários motivos, como obras mal planejadas ou falta de cuidado com a bacia hidrográfica, por exemplo, com o desmatamento nas áreas próximas aos rios que chegam até o estuário.

Esse termo é muito usado para falar de canais de navegação que ficam rasos demais e precisam ser dragados com frequência para continuar funcionando com segurança. A dragagem constante, feita para manter esses canais navegáveis, gera muitas dúvidas e preocupações, pois pode causar problemas ambientais. Isso acontece porque, junto com os sedimentos, podem vir poluentes — tanto orgânicos quanto químicos. Além de ser um processo caro e causar transtornos para a população e para o porto, a dragagem também pode provocar dispersão de poluentes, mudanças nas correntes locais e outros impactos ambientais.

Além de causar problemas em canais de navegação, a diminuição da profundidade de estuários, lagunas e lagoas pode aumentar o risco de inundações durante os períodos de chuva devido a diminuição da profundidade e a presença de bancos de areia no leito dos rios e canais. Outro ponto importante é a mudança da linha de costa, que pode gerar impactos econômicos e ambientais. Isso acontece porque áreas que antes ficavam próximas ao mar ou eram alagadas podem ficar secas e acabar sendo ocupadas de forma irregular, enquanto outras regiões podem ser tomadas pelo avanço das águas.

Por isso, o assoreamento é uma preocupação tão grande quanto a erosão, já que é um processo complexo, resultado de fatores naturais e ações humanas, que podem atuar separadamente ou juntos. Evitar o assoreamento indesejado exige uma abordagem integrada e eficiente, que envolva o poder público, a sociedade, a educação ambiental e soluções técnicas adequadas.

Processos erosionais

Como já mencionado, a erosão costeira é um processo natural em que há mais retirada de material sedimentar do que acúmulo, devido à ação das ondas e das correntes. No entanto, a interferência humana também pode intensificar esse processo. Quando a erosão se torna muito forte e constante, ela pode ameaçar áreas de importância econômica ou social, além de provocar impactos ambientais e problemas para as comunidades locais.

Figura 5: Exemplos de ambientes com erosão mostrando elementos como escarpas íngremes, raízes expostas, estruturas humanas danificadas e ecossistemas costeiros suprimidos.

Fonte: Imagens retiradas do Canva e da biblioteca da Integration and Application Network - Ben Fertig e Adrian Jones (ian.umces.edu/media-library).

A erosão costeira pode ter muitas causas. Algumas vêm de fenômenos globais, como o aumento do nível do mar e o aumento da energia das ondas, que fazem com que o mar tenha mais força para retirar o material sedimentar do litoral. Esses fatores estão diretamente ligados às mudanças climáticas. Mas a ação humana também tem um papel importante. Quando há ocupação desordenada de praias, planícies costeiras, manguezais e marismas, o ambiente perde parte de sua capacidade natural de se proteger das ondas. Outro fator a se destacar é a interferência nos rios e bacias hidrográficas. Por exemplo, a construção de barragens impede que os sedimentos transportados pelos rios cheguem até o litoral. É como se as barragens segurassem o "alimento" do litoral, que acaba ficando sem material para repor o que o mar leva embora. Além disso, a extração de areia dos canais dos rios e suas margens (mineração) também reduz a quantidade de sedimentos que chegariam naturalmente à costa. Todos esses fatores, juntos, contribuem para o avanço do mar levando aos processos de erosão das praias e ecossistemas costeiros.

A restinga é a vegetação que cresce nas areias das dunas da praia e ajuda a fixar o sedimento, sendo um grande aliado contra a erosão causada pela ação das ondas e do vento. É muito comum encontrar lixo na vegetação da restinga, demonstrando seu poder de segurar o material que chega até às praias e, ao mesmo tempo, o impacto da ação humana neste ambiente. A restinga também sofre com a ação do ser humano devido a sua retirada para construções e ao pisoteio e destruição causada por banhistas nas praias. A ausência da vegetação de restinga pode intensificar os processos de erosão na região costeira.

Figura 6: Exemplos de ambientes com erosão mostrando elementos como escarpas íngremes, raízes expostas, estruturas humanas danificadas e ecossistemas costeiros suprimidos.

Fonte: Integration and Application Network - Ben Fertig e Adrian Jones (ian.umces.edu/media-library).

É importante lembrar que, embora o processo de erosão das praias seja o mais conhecido e comentado, outros ambientes costeiros também sofrem com esse problema — como os manguezais e as planícies de maré. Os manguezais, por exemplo, ocupam cerca de um milhão de hectares no Brasil e têm um papel fundamental na proteção da costa, servindo como berçário para várias espécies marinhas e barreira natural contra as ondas. Por isso, esses ambientes merecem atenção especial. Cerca de 35% da faixa litorânea do Estado do Amapá já apresenta sinais de erosão, o que mostra que o problema vai muito além das praias e afeta também os ecossistemas vitais para o equilíbrio costeiro.

QUADRO RESUMO

Processo	O que é?	Causa Principal	Consequências
ASSOREAMENTO	Acúmulo excessivo de	Pode ocorrer naturalmente, mas aumenta pela ação	Diminuição da profundidade da
EROSÃO	Retirada de sedimentos dos ambientes, geralmente causada por ondas, correntes e chuva.	Pode ser natural, mas é agravada pela ocupação irregular e retirada de vegetação das bacias hidrográficas e regiões costeiras (como restingas e manguezais).	Perda de praias, avanço do mar sobre casas e estradas, destruição de ecossistemas e aumento de riscos para comunidades costeiras.

Considerações Finais

Sempre que ocorre uma interferência no ambiente, há também uma resposta — e é fundamental que as autoridades estejam preparadas para evitar ou minimizar os impactos causados. Para proteção dos ambientes de uma forma geral é necessário: leis ambientais que sejam cumpridas, programas de educação e conscientização da população e também soluções técnicas tanto para se evitar o impacto quanto para minimizá-los.

É essencial conhecer bem o ambiente antes de qualquer intervenção e avaliar as possíveis consequências. Isso porque os ambientes costeiros estão interligados, por exemplo, um estuário se conecta tanto com a bacia hidrográfica quanto com o oceano. Assim, uma mudança feita a quilômetros de distância pode gerar efeitos diretos na zona costeira.

Entre as soluções de engenharia usadas para conter a erosão por exemplo, estão os espigões, construídos nas praias para reter sedimentos e reduzir a perda de areia, e as chamadas obras de engorda de praia, que consistem em adicionar mais areia em trechos onde ela foi levada pelo mar. No entanto, essas soluções são caras e, muitas vezes, poderiam ser evitadas com um bom gerenciamento ambiental e o cumprimento das leis existentes. Há também obras pouco eficazes, como a construção de grandes

muros para impedir o avanço das ondas. Em vez de resolver o problema, esses muros aumentam a energia das ondas, o que intensifica a erosão e acelera a retirada de sedimentos.

Figura 7: Sequência temporal de imagens do Google Earth da praia de Conceição da Barra (ES) nos anos de 2004 (condição pré-obras), 2009 (início das intervenções), 2011 (período pós-construção) e 2025 (configuração atual).

A comparação evidencia mudanças significativas na linha de costa associadas à construção de espigões e às obras de engorda de praia, técnicas usadas para mitigar processos de erosão e recuperar o estoque de sedimentos.

Fonte: Google Earth.

No fim, fica a reflexão: É melhor prevenir o problema ou gastar milhões tentando consertá-lo depois?

Saiba Mais

Você sabe a diferença entre “sedimento” e “solo”?

O “sedimento” é o material sólido que é transportado e depositado em um corpo d’água, como os rios, lagos e o mar. Já o "solo" é a camada superior da Terra, que fornece suporte para as plantas e é essencial para a agricultura. Ele é composto por minerais, matéria orgânica, água e ar.

Você sabe o que são lagunas?

São corpos d'água relativamente fechados que possuem alguma conexão com o mar, tornando a água salobra (uma mistura de água doce e salgada). A abertura que liga a laguna ao mar pode ser permanente ou periódica, como uma barra de areia que se abre em eventos de tempestades formando um canal entre os dois corpos d’água. A conexão com o mar faz com que os sedimentos da laguna tenham características únicas, diferentes tanto dos corpos d’água doce, quanto do mar.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF69LP38); (EF07GE09);

Use mapas ou fotos de satélite do Google Earth para observar mudanças nas margens de rios e praias. Ex.: Praia de Marataízes (ES) nos anos de 2010, 2013 e 2025; Praia de Meaípe (ES) nos anos 2018 e 2025.

Proponha um experimento simples: uma bandeja com areia, simulando chuva e corrente de água para visualizar erosão e deposição. Exemplo: Instituto de Geociências, UNICAMP. (2015). "Coastal Crumble". GeoIdeias nº 73. Atividade "Litorais mudando Investigando como a erosão, o transporte e a deposição das ondas podem mudar as formas dos litorais", disponível em: https://www.ige.unicamp.br/geoideias/wp-content/uploads/sites/20/2015/06/73_Coastal_crumble_pt.pdf).

Recursos complementares sugeridos

Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). Turma da Mônica e os Oceanos. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/TurmadaMnicaOceanos.pdf.

Referências bibliográficas sugeridas

BRASIL. Marinha do Brasil. Guia de diretrizes de prevenção e proteção à erosão costeira. Brasília: Marinha do Brasil, 2024. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/secirm/sites/www.marinha.mil.br.secirm/files/2024-12/Guia-de-diretrizes-de-preven%C3%A7%C3%A3o-e-prote%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-eros%C3%A3o-costeira.pdf.

Helenice Vital; Marcelo Esperle Dias; Alex Cardoso Bastos. (Org.). Plataforma Continental Brasileira: estados do Espírito Santo e Ceará. 1ed.Rio de Janeiro: PGGM, 2021. v. 2, 121 p.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais. Fortaleza: Imprensa Universitária / Edições UFC, 2014. ISBN 978-85-7485-168-6.

MUEHE, Dieter (org.). Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 475 p. (Projeto Orla, Série Estudos de Caso).

TORRES, Admilson M.; EL-ROBRINI, Maâmar; COSTA, Wagner J. P. (orgs.). Panorama da erosão costeira no Brasil: Amapá. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. ISBN 978-85-7738-394-8 (online). Disponível em: https://storage.googleapis.com/wzukusers/user-31897907/documents/5c93e06b04107nndJxXl/Panorama_erosao_costeira_Brasil_2018.pdf

Capítulo 46 - Recursos Minerais Marinhos

Jordan S.S. Leite[1], Karen R. Lima[2], Valéria da Silva Quaresma[3]

[1 2 3] Laboratório de Geociências Marinhas (LABOGEO - UFES)

1. O que são os recursos minerais marinhos?

Recursos minerais marinhos são depósitos de minerais que se formam no fundo dos oceanos, tanto em áreas mais rasas, próximas à costa, como em regiões muito profundas do oceano. Nas partes rasas, como a plataforma continental, é comum encontrar areias, cascalhos, sal-gema e fosforitas. Já nas áreas mais profundas, aparecem os nódulos e crostas polimetálicos (ricas em cobalto), hidrocarbonetos e os sulfetos maciços (depósitos ricos em metais que se formam próximos às fontes hidrotermais submarinas). Cada tipo de recurso se forma em condições geológicas específicas, e seus depósitos contêm metais de grande valor econômico, como cobre (Cu), níquel (Ni), manganês (Mn), cobalto (Co), lítio (Li) e terras raras (REEs), que são muito usados na fabricação de tecnologias modernas, como baterias, eletrônicos e veículos elétricos.

Os recursos minerais da plataforma continental podem ser caracterizados como:

- Granulados siliciclásticos: Areia e cascalhos, compostos principalmente por quartzo.
- Granulados bioclásticos: Agregados de fragmentos e esqueletos de organismos marinhos, como algas calcárias, conchas e corais, o que os torna ricos em carbonato de cálcio.
- Placeres de minerais pesados: Tratam-se de minerais mais densos, como ouro e diamante, que são minerais preciosos, e como a ilmenita, zircão, rutilo e monazita, que são recursos industriais.
- Sal-gema (evaporitos): Configuram depósitos de sais minerais, formados pela evaporação de grandes quantidades de água do mar.
- Fosforitas: Depósitos sedimentares compostos, principalmente, por minerais fosfáticos, e se desenvolvem em regiões de ressurgência costeira, processo responsável por transportar nutrientes até a superfície, e que apresentam baixas taxas de sedimentação.

Já os recursos minerais de regiões do talude e de áreas mais profundas podem ser classificados em:

- Carvão mineral: Se formam pelo acúmulo de restos de material vegetal, que são transformados pela ação de bactérias e pelo calor e alta pressão, resultando na acumulação de carbono.

- **Hidrato de gás:** Encontrado no talude continental, é formado pelo aprisionamento de moléculas de água e gás metano, que ficam retidos pela alta pressão e baixa temperatura.
- **Nódulos polimetálicos:** São concreções ricas em metais que possuem alto valor econômico, como ferro, manganês, níquel, cobalto, cobre, entre outros elementos. Apresentam um crescimento lento, que se dá por precipitação química na coluna d'água.
- **Crostas cobaltíferas**: Formações resultantes da precipitação que ocorre sobre elevações submarinas, como os montes submarinos, cadeias de montanhas e platôs marginais. Elas são ricas principalmente em cobalto, e compostas também por manganês, níquel e platina.
- **Sulfetos maciços hidrotermais**: Depósitos com altas concentrações de cobre, zinco, chumbo, ouro e prata, que ocorrem em regiões de descarga de fluidos hidrotermais de altas temperaturas.

Os hidrocarbonetos, como o petróleo e o gás natural, por sua vez, podem ser encontrados em diferentes profundidades, e são os principais bens minerais explorados nos oceanos. Assim como na formação do carvão mineral, a decomposição lenta de materiais em ambientes com pouco oxigênio e altas temperaturas e pressão possibilitam a formação do petróleo e do gás, sendo esse último a etapa do petróleo no estado gasoso.

2. Por que esses recursos são estratégicos e relevantes atualmente?

O interesse pelos recursos minerais do mar vem aumentando por causa da transição energética, já que a produção de baterias, turbinas eólicas e carros elétricos precisa de muitos metais estratégicos. Como várias minas em terra já estão esgotadas ou ambientalmente impactadas, o fundo do mar passou a ser visto por países e empresas como uma nova fronteira para buscar esses minerais.

Embora a extração de combustíveis fósseis, como petróleo e gás, seja feita há décadas, os depósitos de recursos minerais no fundo do mar passaram a ser visados pelo aumento do preço dos recursos em terra, devido ao esgotamento das jazidas, o que atrai o interesse para a exploração em águas profundas. Com isso, a explotação dos recursos marinhos vai depender do nível de competitividade dos custos em relação aos minerais continentais, assim como da tecnologia disponível para que seja possível ter acesso a eles.

Desta forma, considerando que os recursos minerais marinhos já compõem nosso cotidiano, é possível listar alguns de seus principais usos, como a utilização de areia e cascalho na construção civil, a aplicação do carbonato de cálcio como fertilizante na agricultura para corrigir a acidez dos solos, e o sal-gema (cloreto de sódio), o famoso sal de cozinha, usado não só na culinária como também na indústria química.

3. Governança e legislação

A gestão dos recursos minerais marinhos depende de uma estrutura legal que define claramente quem é responsável por cada área do oceano e como cada país pode utilizar esses recursos. O principal instrumento internacional que estabelece essas regras é a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), conhecida mundialmente pela sigla em inglês UNCLOS. Esse tratado, ratificado por mais de 140 países, inclusive o Brasil, organiza o espaço oceânico em diferentes zonas, cada uma com direitos e deveres específicos.

A CNUDM divide os oceanos em duas grandes esferas de governança: a área sob jurisdição nacional e a Zona Internacional dos Fundos Marinhos (chamada simplesmente de “A Área”). Nas regiões próximas ao litoral, o país costeiro possui direitos exclusivos de exploração e aproveitamento dos recursos naturais, como na Zona Econômica Exclusiva (ZEE), que se estende até 200 milhas náuticas, e na Plataforma Continental Jurídica (PCJ), que pode chegar a 350 milhas náuticas conforme reivindicações aceitas pela ONU (Figura 1). No caso brasileiro, a gestão dessas áreas é guiada por políticas internas, como a Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM) e o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM).

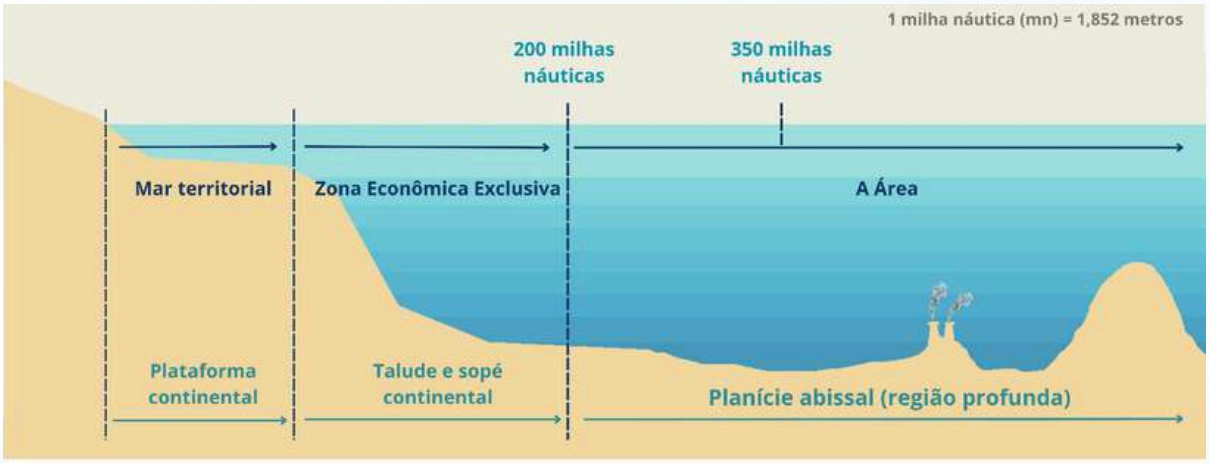
Dentro da ZEE e da PCJ, o Brasil já explora ou pesquisa diversos depósitos minerais. Excluindo petróleo e gás, o recurso mais importante em volume e valor no mundo é a mineração de agregados (areia e cascalho), muito utilizada na construção civil e em projetos como a engorda de praias. Outro elemento de interesse crescente são os granulados bioclásticos (principalmente carbonato de cálcio), considerados estratégicos pelo governo brasileiro devido ao potencial de reduzir a dependência de fertilizantes importados. Historicamente, o país também extraiu “placeres” de minerais pesados (ex: ilmenita, rutilo e zircônio) em estados como Paraíba, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro.

Já a área, localizada além da jurisdição de qualquer país, abriga recursos minerais marinhos de mar profundo, como os nódulos polimetálicos em planícies abissais, as crostas cobaltíferas em montes submarinos e os sulfetos massivos, em fontes hidrotermais. Por decisão internacional, esses bens são classificados como Patrimônio Comum da Humanidade, ou seja, pertencem a todos e devem beneficiar toda a humanidade. Para administrar e regular essas atividades, a CNUDM instituiu a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (ISA), responsável por elaborar normas, emitir contratos de exploração e explotação, e definir regras ambientais.

Atualmente, mais de 30 contratos de exploração estão vigentes, mas a aprovação das regras finais de explotação, o chamado *Mining Code* (Código de mineração em mar profundo), ainda está em discussão. A governança nessa região, entretanto, não é apenas técnica: envolve também debates sobre preservação ambiental, modelos de gestão compartilhada e a implementação de ferramentas de gerenciamento por áreas, fundamentais para proteger ecossistemas delicados do mar profundo. As dúvidas envolvem principalmente como definir “dano ambiental grave” e como garantir que a

mineração em larga escala não comprometa ecossistemas altamente vulneráveis. A comunidade científica tem sido clara: é necessário aplicar o princípio da precaução, evitando avançar sem conhecimento suficiente sobre os impactos.

Figura 1: A ilustração representa a divisão do espaço oceânico de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM). Da costa em direção ao alto mar é possível observar as seguintes divisões: Mar territorial: Soberania plena do estado costeiro; Zona Econômica Exclusiva (ZEE): Direitos soberanos para explorar e gerir recursos vivos e não vivos; A Área: Área marinha internacional, regida pelo princípio do "Patrimônio Comum da Humanidade".



Fonte: Autores.

EXPLORAÇÃO ≠ EXPLOTAÇÃO

A exploração, também chamada de pesquisa mineral, é a fase inicial. Trata-se de um processo científico e de investigação, voltado para conhecer a área e caracterizar os depósitos minerais. Nessa etapa, realizam-se levantamentos geológicos, coletas de amostras, análises laboratoriais e estudos ambientais. É uma atividade de menor impacto ambiental, cujo objetivo é reunir informações para verificar se vale a pena ou não avançar.

Corresponde à extração comercial dos minerais. Ela utiliza máquinas pesadas em operações de larga escala e, por isso, possui impactos muito mais intensos.

Requer licenciamento ambiental específico, tecnologias complexas e investimentos elevados em sistemas que funcionem a grandes profundidades.

4. Componentes Tecnológicos e Estágio de Desenvolvimento

Mesmo com décadas de estudos, a mineração em águas profundas ainda exige tecnologias extremamente avançadas, já que grande parte dos depósitos de interesse está a cerca de 4.000 metros de profundidade. Nessa região, a pressão é altíssima, a luz não chega e o ambiente é corrosivo, o que torna qualquer operação um grande desafio de engenharia. O sistema de mineração costuma ser descrito como composto por três grandes partes interligadas (Figura 2):

1. Veículos de Pesquisa e Apoio (ROVs e AUVs): Esses veículos são essenciais para a exploração e o monitoramento ambiental. Os **ROVs** (Remotely Operated Vehicle = Veículo operado remotamente) são operados por controle remoto a partir do navio, enquanto os **AUVs** (Autonomous Underwater Vehicle = Veículo subaquático autônomo) são autônomos e capazes de mapear grandes áreas com sensores geofísicos de alta resolução.

2. Coletoras Submarinas (Seafloor Collectors): São máquinas que operam diretamente no leito marinho, geralmente usando um sistema de esteiras para locomoção. A técnica varia de acordo com o tipo de recurso:

- Para nódulos polimetálicos, o coletor revolve o sedimento superficial, recolhendo os nódulos por mecanismos de sucção ou coleta mecânica.
- Para sulfetos e crostas cobaltíferas, utilizam-se cortadoras que trituram o material rochoso antes de recolhê-lo.

3. Sistema de Elevação (Riser) e Navio-Plataforma: Após a coleta, o material é bombeado até o navio-plataforma por uma tubulação. A bordo, ocorre a separação inicial do minério, o armazenamento e o controle de todo o sistema submerso.

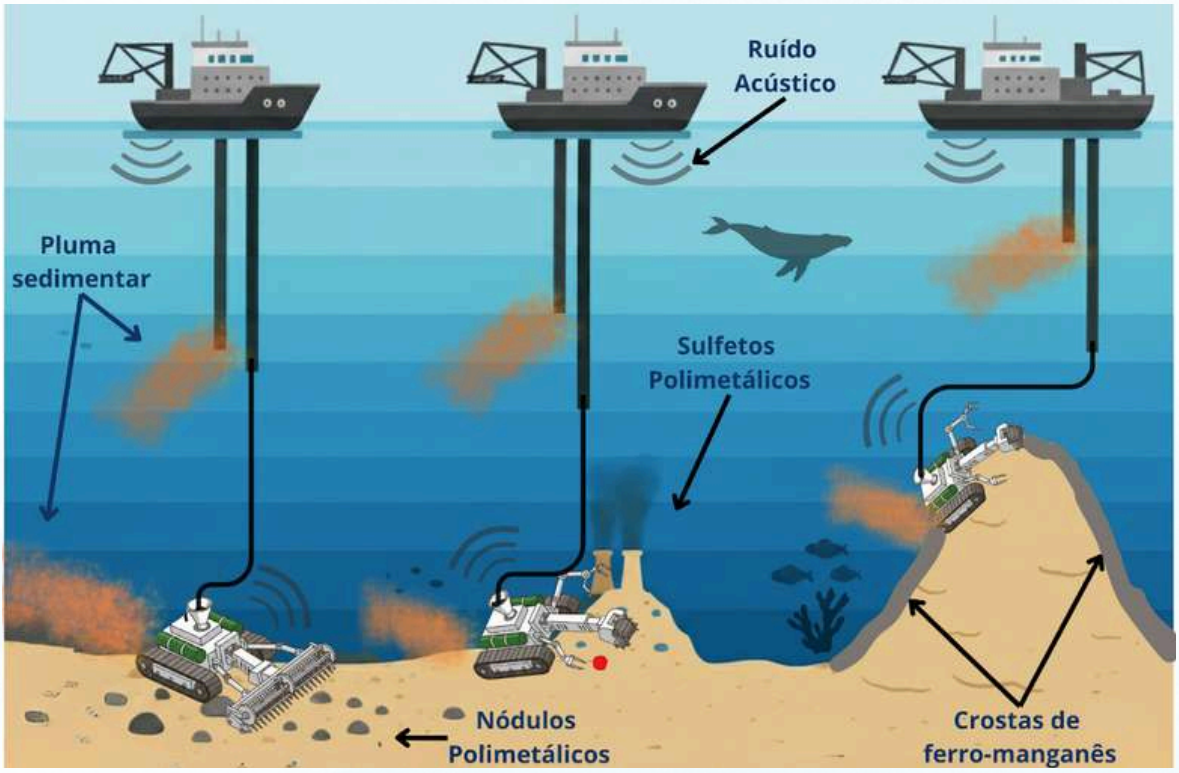
Apesar de várias nações estarem testando protótipos, ainda não existe um sistema totalmente operacional para uso prolongado em escala industrial. O Japão realizou o primeiro teste piloto bem-sucedido em 2017, mas a mineração de nódulos polimetálicos permanece em fase pré-operacional. A expectativa global é que avanços significativos ocorram nesta década, mas o debate ambiental pode influenciar esse ritmo.

A tecnologia utilizada causa impactos que precisam ser melhor compreendidos antes de operacionalizar este maquinário. O principal é a destruição física do habitat: a passagem das máquinas remove o sedimento do fundo marinho, mata organismos bentônicos e fragmenta ecossistemas únicos. Outro efeito crítico são as plumas de sedimentos geradas no fundo durante a coleta e quando liberadas pelo descarte de água e sedimentos pelo navio.

Ambos os tipos de pluma contêm sedimentos e, potencialmente, metais pesados e substâncias tóxicas (se houver lixiviação). A sedimentação dessas plumas pode sufocar as comunidades vizinhas. Há um consenso de que o descarte de rejeitos deve ocorrer a pelo menos 1.000 metros de profundidade, preferencialmente próximo ao fundo, para evitar a zona fótica (onde ocorre a produtividade biológica). Além disso, ruídos, luzes e vibrações dos equipamentos podem afetar espécies tanto do fundo quanto da coluna d'água.

A incerteza sobre a magnitude real dos impactos e a falta de padronização ambiental e técnica são desafios regulatórios atuais. Por isso, o desenvolvimento tecnológico precisa caminhar junto com regulamentações ambientais e diretrizes internacionais de mitigação.

Figura 2: Esquema ilustrativo dos principais sistemas de mineração em mar profundo, destacando os três tipos de depósitos minerais atualmente considerados para exploração comercial. À esquerda, a coleta de nódulos polimetálicos em planícies abissais, realizada por veículos rastreadores que removem a camada superficial do sedimento e geram plumas sedimentares. Ao centro, a extração de sulfetos polimetálicos associados a antigas fontes hidrotermais, mobilizando equipamentos que fragmentam o depósito. À direita, a mineração de crostas de ferro-manganês ricas em cobalto, que ocorrem em flancos e topos de montes submarinos e são removidas por sistemas de corte. Em todos os casos, o material coletado é bombeado para navios-plataforma na superfície, e a operação produz ruído e plumas que podem se dispersar na coluna d'água.



Fonte: Autores (2025).

5. Perspectivas e Desafios: O que está em jogo?

A busca por minerais do mar profundo está ligada diretamente à crescente demanda global por metais críticos, usados em baterias, painéis solares, turbinas e outros equipamentos essenciais à transição energética. Alguns desses metais, como níquel, cobalto ou tálio, são encontrados em grandes quantidades nos nódulos polimetálicos, e em alguns casos as reservas marinhas podem superar em milhares de vezes as terrestres.

Defende-se que a mineração oceânica poderia diversificar o suprimento global e reduzir a pressão sobre ecossistemas terrestres frágeis, especialmente em regiões tropicais onde a mineração causa desmatamento e conflitos sociais. Outro argumento é a possível redução de geração de carbono, já que um único depósito oceânico pode fornecer diversos metais ao mesmo tempo.

Entretanto, os riscos ambientais são profundos. Os ecossistemas de mar profundo são extremamente vulneráveis: nódulos e crostas demoram milhões de anos para se formar; espécies bentônicas têm crescimento lento; e qualquer perturbação pode deixar marcas

por séculos. A destruição de campos de nódulos ou fontes hidrotermais pode levar à perda de espécies endêmicas, muitas das quais sequer foram descobertas. As plumas de sedimento podem afetar regiões distantes, e o impacto do ruído é ainda pouco compreendido. O grande desafio é que ainda não há conhecimento científico suficiente para prever a extensão real desses danos. Diferentemente da mineração terrestre, cujo impacto é visível e localizado, a mineração profunda afeta áreas enormes, com danos invisíveis aos olhos humanos, mas permanentes para o oceano.

6. Ética e desafios

A mineração em águas profundas apresenta questões éticas que vão além da tecnologia ou da economia. Como os recursos da "Área" são considerados Patrimônio Comum da Humanidade, qualquer decisão sobre explotação envolve debates sobre justiça, igualdade e responsabilidade com as gerações futuras.

A retirada de minerais em ecossistemas que podem levar milênios para se recuperar levanta uma pergunta fundamental: quem deve se beneficiar desses recursos e quem arcará com os danos ambientais? Esse é o centro da discussão sobre justiça intergeracional.

A CNUDM determina que a ISA deve garantir que esses recursos sejam usados "para o benefício da humanidade como um todo". No entanto, para que isso seja efetivo, é necessário definir critérios claros sobre o que constitui "dano grave", como aplicar o Princípio da Precaução e como distribuir benefícios de forma justa entre países com diferentes capacidades tecnológicas.

Outro ponto ético importante é a necessidade de governança policêntrica, que envolva diversos atores — governos, cientistas, empresas, organizações ambientais e sociedade civil. Quanto maior a diversidade de vozes, maior a chance de decisões equilibradas. Para isso, a transparência e o compartilhamento de dados científicos são fundamentais.

Saiba Mais

Com a crescente demanda por insumos de alta tecnologia e a crescente escassez dos recursos minerais terrestres, podemos considerar alguns dos recursos citados como "metais do futuro", visados para suprir a produção de materiais que usamos no nosso cotidiano:

Metal	Aplicação principal	Fonte potencial
Níquel	Baterias e aço	Nódulos polimetálicos
Cobalto	Baterias	Crostas cobaltíferas
Cobre	Cabos elétricos	Sulfetos hidrotermais
Manganês	Ligas metálicas	Nódulos polimetálicos

Atividade Sugerida

ATIVIDADE 1: JOGOS – Para que cada mineral pode ser usado?
Habilidades BNCC:
(EF02GE07); (EF03GE05); (EF08HI24); (EM13CHS302)

- Objetivo: Entender quais são os recursos minerais marinhos e como eles podem ser identificados no cotidiano.
- Como fazer: Fica a critério do professor como será o tipo de jogo, mas é possível desenvolver um jogo da memória, por exemplo, onde cada recurso apresenta seu produto e o aluno deverá ligar os pares (Ex: Sulfetos polimetálicos – Smartphones). Cada aluno tem uma tentativa, e a cada erro a chance passa para o próximo. Caso o aluno acerte, o professor pode fazer uma breve explicação sobre o recurso. No fim vence a equipe ou aluno com maior quantidade de acertos.

ATIVIDADE 2: DEBATE – Explorar ou não os recursos marinhos?
Habilidades BNCC:
(EF02GE07); (EF03GE05); (EF08HI24); (EM13CHS302)

- Objetivo: Analisar os pontos positivos e negativos da mineração em mar profundo, buscando fortalecer a capacidade de argumentação dos alunos.
- Como fazer: A turma pode ser dividida em 3 grupos, um representando a empresa que prestará o serviço de mineração, outro representando um grupo de pesquisadores especializados na parte ambiental, e um representando a ISA, sendo esse último responsável por entender os dois lados e propor regras e condições para uma potencial exploração.

ATIVIDADE 3: SIMULAÇÃO – Reunião da ISA

- Objetivo: Simular uma reunião de acordos internacionais sobre usos dos recursos marinhos, como uma simulação da ONU, onde cada país deve representar seus interesses e todos precisam chegar em um acordo.
- Como fazer: O professor pode atuar como um representante da ISA e mediar a reunião, definindo um tema a ser discutido, e cada aluno (ou dupla/trio) representará um país envolvido nesse assunto. A ideia é que os alunos tenham um tempo de preparação com estudos e pesquisa e preparação para falar sobre as problemáticas que serão levantadas durante a reunião, buscando defender os interesses de seu país.

ATIVIDADE 4: INOVAÇÃO – Projetando o futuro

- Objetivo: Criar projetos de exploração visando o menor impacto possível no ambiente marinho, buscando explorar a criatividade dos alunos.

Como fazer: Pode ser por meio de uma maquete, através de desenhos, mapas mentais,

ou qualquer recurso mais interativo e visual. A ideia é que os alunos criem projetos de estudo, análise e exploração das áreas a serem mineradas, buscando priorizar opções que apresentem o menor impacto ambiental possível.

Recursos complementares sugeridos

Mapas: https://isa.org.jm/deepdata-database/maps/
Livros: https://isa.org.jm/life-under-water-activity-book-for-children/
Vídeo "Existem TRILHÕES no fundo do mar": https://www.youtube.com/watch?v=Nhmo6hfBZgk
Vídeo "Mineração no fundo do mar: uma saída para a escassez de alguns metais?": https://www.youtube.com/watch?v=F85AKqzasIc&t=2s

Referências bibliográficas sugeridas

BLANCHARD, C.; GOLLNER, S. Area-based management tools to protect unique hydrothermal vents from harmful effects from deep-sea mining: a review of ongoing developments. Frontiers in Political Science, v. 4, p. 1033251, 2022. DOI: 10.3389/fpos.2022.1033251.

BOLLMANN, M. et al. World ocean review 2010: living with the oceans. 2010. (cap. 7, páginas a definir).

CLARK, M. R.; DURDEN, J. M.; CHRISTIANSEN, S. Environmental Impact Assessments for deep-sea mining: Can we improve their future effectiveness? Marine Policy, v. 114, p. 103695, 2020. DOI: 10.1016/j.marpol.2019.103695.

GOLLNER, S. et al.Resilience of benthic deep-sea fauna to mining activities. Marine Environmental Research, v. 129, p. 76–101, 2017. DOI: 10.1016/j.marenvres.2017.04.010.

HEIN, J. R.; KOSCHINSKY, A.; KUHN, T. Deep-ocean polymetallic nodules as a resource for critical materials. Nature Reviews Earth & Environment, v. 1, n. 3, p. 158–169, 2020. DOI: 10.1038/s43017-020-0027-0.

LE, J. T.; LEVIN, L. A.; CARSON, R. T. Incorporating ecosystem services into environmental management of deep-seabed mining. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, v. 137, p. 486–503, 2017. DOI: 10.1016/j.dsr2.2016.08.007.

MADUREIRA, P.; SQUIRES, D.; PINTO RIBEIRO, L. The International Seabed Authority and the United Nations 2030 Agenda for sustainable development. Resources Policy, v. 86, p. 104166, 2023. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.104166.

MARTINS, L. R.; BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C. N. Nódulos polimetálicos e outros depósitos de mar profundo: o retorno do interesse. Gravel, v. 4, 2006.

MARTINS, L. R.; SOUZA, K. G. Recursos minerais do mar. In: SILVA, C. R. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. Cap. 5, p. 66-87.

MELLO, S. L. M.; QUENTAL, S. H. A. J. Depósitos de sulfetos metálicos no fundo dos

oceanos. Revista Brasileira de Geofísica, v. 18, p. 411–430, 2000.
MILLER, K. A.; THOMPSON, K. F.; JOHNSTON, P.; SANTILLO, D. An overview of seabed mining including the current state of development, environmental impacts, and knowledge gaps. Frontiers in Marine Science, v. 4, p. 418, 2018. DOI: 10.3389/fmars.2017.00418.
MOURA NETO, J. S.; AZEVEDO, M. A. L. O Brasil e o mar no século XXI: subsídios para o aproveitamento sustentável do mar brasileiro. 3.ed. Rio de Janeiro: Quiteriense Serviços Gráficos e Editoriais, 2022. p. 109–132; 151–185.
PALMA, J. J. C.; PESSANHA, I. Depósitos ferromanganesíferos de oceano profundo. Revista Brasileira de Geofísica, v. 18, p. 433–446, 2000.
PETERSEN, S. et al. News from the seabed: geological characteristics and resource potential of deep-sea mineral resources. Marine Policy, v. 70, p. 175–187, 2016. DOI: 10.1016/j.marpol.2016.03.012.
SANTOS, E. M. et al. Gás natural: a construção de uma nova civilização. Estudos Avançados, v. 21, p. 67–90, 2007.
WASHBURN, T. W. et al. Impacts of the first deep-sea seafloor massive sulfide mining excavation tests on benthic communities. Marine Ecology Progress Series, v. 712, p. 1–19, 2023. DOI: 10.3354/meps14287.
WEDDING, L. M. et al. From principles to practice: a spatial approach to systematic conservation planning in the deep sea. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 280, 20131684, 2013. DOI: 10.1098/rspb.2013.1684.

CAPÍTULO 47 - Unidades de Conservação Marinhas: Conceitos, Territórios e Desafios

Karoline Fernanda Ferreira Agostinho[1]

[1] Grupo de pesquisa em Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental - Universidade Federal do Espírito Santo

O que são as Unidades de Conservação?

As Unidades de Conservação (UC's) constituem um dos principais instrumentos da política ambiental brasileira para a proteção da biodiversidade, dos recursos naturais e dos valores culturais associados ao território. A primeira Unidade de Conservação do Brasil foi instituída em 1937 (Parque Nacional do Itatiaia). Contudo, apenas nos anos 2000 surgiu a Lei nº 9.985/2000 - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) - que criou um sistema único, com categorias de UC's bem definidas e regras gerais para a criação, gestão e participação social.

O SNUC reúne as Unidades de Conservação em dois grandes grupos as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral (Figura 1) têm como objetivo preservar a natureza, permitindo apenas o uso indireto dos recursos naturais, como pesquisa científica, educação ambiental e visitação controlada. Nesse grupo incluem-se categorias como Estação Ecológica (ESEC), Reserva Biológica (REBIO), Parque Nacional (além dos equivalentes estaduais e municipais) (PARNA/PE/PMA), Monumento Natural (MONA) e Refúgio de Vida Silvestre (RVS).

Já as Unidades de Uso Sustentável (Figura 2) conciliam conservação com o uso direto dos recursos naturais, por meio de práticas sustentáveis e participação social, abrigando categorias como Áreas de Proteção Ambiental (APA), Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), Florestas Nacionais (FLONA), Reservas Extrativistas (RESEX), Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS) e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN). Esta estruturação permitiu que o país fortalecesse a conservação e a preservação de ambientes terrestres, costeiros e marinhos.

Proteção Integral

Estação Ecológica;
Reserva Biológica;
Parque Nacional / Estadual / Municipal;
Monumento Natural;
Refúgio da Vida Silvestre.

Figura 1. Reserva Biológica do Atol das Rocas. Foto de João Marcos Rosa
Disponível em: https://sl1nk.com/National-Geographic-Brasil.

Uso Sustentável

Área de Proteção Ambiental;
Áreas de Relevante Interesse Ecológico;
Florestas Nacionais;
Reservas Extrativistas;
Reservas de Desenvolvimento Sustentável;
Reservas Particulares do Patrimônio Natural.

Figura 2. Área de Proteção Ambiental de Setiba.
Imagem disponível em: https://iema.es.gov.br/APA_Setiba.

Unidades de Conservação Marinha

Além de atuar na proteção de ambientes terrestres, o SNUC também abrange ecossistemas costeiros e oceânicos, que passaram a ganhar maior destaque nas últimas décadas diante da crescente pressão humana sobre o mar. A criação da Reserva Biológica do Atol das Rocas, em 1979, representou o marco inicial da conservação marinha no Brasil, sendo a primeira Unidade de Conservação inteiramente marinha do país. Com sua rica biodiversidade e extrema sensibilidade ecológica, o Atol das Rocas tornou-se referência para a proteção de ilhas oceânicas, impulsionando a criação de outras áreas no ambiente marinho e costeiro.

As Unidades de Conservação Marinhas foram criadas para proteger ecossistemas como recifes, bancos de algas, manguezais, ilhas oceânicas e áreas de mar aberto, fundamentais para a dinâmica ecológica. Elas abrangem tanto categorias de Proteção Integral quanto de Uso Sustentável, permitindo conservar os ambientes marinhos, apoiar atividades tradicionais — como a pesca artesanal — e integrar conservação, cultura e modos de vida costeiros. Assim, tornam-se essenciais para preservar a biodiversidade oceânica, fortalecer as comunidades costeiras, promover o turismo sustentável e ampliar a educação ecológica no país.

A proteção da biodiversidade oceânica depende diretamente da manutenção de áreas resguardadas, que atuam como refúgios para espécies sensíveis e ameaçadas. Esses ambientes incluem locais de desova e alimentação de tartarugas marinhas; berçários naturais de peixes e crustáceos; zonas de nidificação de aves marinhas; extensos bancos de corais e rodolitos; além de rotas migratórias utilizadas por baleias e golfinhos. Ao garantir a saúde dos habitats, as Unidades de Conservação Marinhas são importantes berçários da vida marinha e núcleo de diversidade, capazes, por exemplo, de repovoar regiões adjacentes e recuperar espécies em extinção.

Um exemplo emblemático é a Ilha da Trindade, que integra a APA dos Arquipélagos de Trindade e Martim Vaz e Monte Columbia, no Espírito Santo. A área abriga o maior sítio reprodutivo da tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) (Figura 3) no Brasil. A espécie hoje está classificada como “quase ameaçada”, mas recentemente esteve em maior risco de extinção. Sua recuperação populacional, além das ações dos projetos de conservação, também está associada à proteção proporcionada pelas Unidades de Conservação, que garantem condições seguras para sua reprodução e sobrevivência.

O papel das Unidades de Conservação Marinhas é essencial tanto para manter os serviços ecossistêmicos que o oceano presta, quanto para favorecer a recuperação de ambientes que já foram degradados. Ecossistemas como manguezais, recifes de coral e pradarias marinhas exercem funções fundamentais para a vida humana e para o equilíbrio ambiental: eles ajudam a regular o clima ao armazenar carbono; protegem a costa contra erosão e tempestades; e sustentam a atividade pesqueira, garantindo alimento e renda para diversas comunidades.

Figura 3: Tartaruga-verde desovando na Ilha de Trindade, ES.

Fonte: https://www.tamar.org.br/noticia1.php?cod=1038.

Quando essas áreas recebem proteção adequada – com redução de impactos, controle da pesca e monitoramento contínuo – sua capacidade de regeneração aumenta significativamente. Isso é especialmente importante diante das mudanças climáticas, que provocam aumento da temperatura do mar, branqueamento de corais e elevação do nível do mar. Ao criar condições para que esses ambientes se recuperem, as Unidades de Conservação Marinhas fortalecem a resiliência dos ecossistemas e contribuem para que as comunidades humanas se adaptem melhor aos desafios ambientais atuais, assegurando a continuidade dos serviços naturais que sustentam a vida no planeta.

Aspectos Sociais e Culturais das Unidades de Conservação Marinhas

As Unidades de Conservação Marinhas, sobretudo as de uso sustentável, também exercem um papel essencial na valorização dos modos de vida costeiros e reconhecem a relação histórica dos povos tradicionais com o mar. Em diversas regiões do litoral brasileiro, comunidades caiçaras, quilombolas, pescadores artesanais, marisqueiras e ribeirinhos constroem, há gerações, um conhecimento profundo sobre os ciclos das marés, dos ventos, da pesca e da biodiversidade local. Esse saber popular acumulado torna-se um componente valioso para gestão compartilhada das UC's e fortalece práticas de uso sustentável dos recursos naturais.

Além de proteger o ambiente marinho, as UC's contribuem para a qualidade de vida dessas populações ao apoiar atividades culturais e produtivas, como o extrativismo de pequena escala, a culinária tradicional e o artesanato, que geram renda e preservam identidades locais. Também desempenham papel importante na segurança alimentar, já que muitas dessas comunidades dependem diretamente dos recursos marinhos para sua nutrição e sustento. Assim, a dimensão social e cultural das Unidades de Conservação Marinhas nos mostra que cuidar do oceano significa integrar pessoas,

reconhecer seus conhecimentos e apoiar modos de vida que historicamente contribuem para a proteção da natureza.

A criação de conselhos gestores e outros espaços de participação social possibilita que essas comunidades participem da tomada de decisões sobre o uso do território, reduzindo conflitos e promovendo maior justiça ambiental. Essa discussão torna-se ainda mais relevante quando consideramos que muitas comunidades estão historicamente mais expostas aos impactos ambientais do que outras parcelas da população, situação que caracteriza o chamado racismo ambiental. Esses grupos, que dependem do mar, dos rios e da terra para viver, são frequentemente os primeiros a sofrer com a poluição, a sobrepesca, a expansão urbana desordenada e grandes empreendimentos que alteram profundamente o ambiente.

No litoral capixaba, um exemplo emblemático de conflito socioambiental é o crime ambiental da Samarco/Vale-BHP, ocorrido em 2015, quando o rompimento da barragem de rejeitos em Mariana (MG) lançou milhões de toneladas de lama ao longo do Rio Doce até atingir a região de Regência, no Espírito Santo (Figura 4). A chegada da lama destruiu ecossistemas inteiros, afetou o modo de vida de pescadores artesanais, comprometeu a reprodução de espécies marinhas e impactou diretamente famílias que dependiam da pesca para sobreviver. Esse episódio evidenciou como danos ambientais de grande magnitude recaem desproporcionalmente sobre populações vulnerabilizadas, reforçando a necessidade de fortalecer mecanismos de participação social, fiscalização e garantia de direitos dentro e fora das Unidades de Conservação.

Figura 4: A) Vista da foz do Rio Doce, Espírito Santo, após a chegada dos rejeitos de minério em 2015; (B) Acúmulo de rejeitos na região, no mesmo período.

Fonte: Extraídas de Oliveira *et al.* (2020).

Desafios e Perspectivas para a Conservação Marinha no Brasil

A conservação marinha no Brasil enfrenta desafios cada vez mais complexos, especialmente devido às pressões resultantes da ocupação humana e das atividades

econômicas na zona costeira. Entre os impactos mais significativos estão a poluição, a sobrepesca e a modificação de habitats provocada por grandes empreendimentos. As atividades portuárias, por exemplo, alteram profundamente a dinâmica costeira: dragagens para aprofundamento de canais, circulação intensa de navios, risco de derramamento de óleo e introdução de espécies exóticas, como o peixe-leão (Pterois), por água de lastro são fatores que comprometem a saúde dos ecossistemas e operam diariamente em ambientes de alta sensibilidade ecológica.

Outros fatores relevantes envolvem a exploração de petróleo e a expansão da energia eólica offshore, que são atividades importantes para o país, mas podem gerar impactos significativos no ambiente marinho. As operações petrolíferas aumentam o risco de acidentes, como o vazamento de óleo na Baía de Guanabara, em 2000, que destruiu manguezais, afetou a pesca e provocou impactos socioambientais duradouros. Já os parques eólicos instalados no mar, embora sejam fontes renováveis, também exigem cuidado por interferirem nas rotas migratórias das aves, alterar a dinâmica das correntes e gerar ruído submarino. Por isso, qualquer expansão desses setores deve ser acompanhada de estudos ambientais rigorosos e participação social, garantindo que o desenvolvimento ocorra de forma compatível com a conservação dos ecossistemas costeiros e oceânicos.

Enquanto essas atividades econômicas afetam intensamente a zona costeira, os efeitos das mudanças climáticas atuam de forma simultânea, agravando a vulnerabilidade dos ecossistemas marinhos. O aumento da temperatura da água, o branqueamento dos corais, a elevação do nível do mar e a acidificação dos oceanos afetam diretamente recifes, manguezais e pradarias marinhas. Esses ecossistemas sustentam cadeias alimentares inteiras e servem de abrigo e reprodução para inúmeras espécies. Quando essas áreas perdem suas funções ecológicas, toda a teia de vida que depende delas é afetada, incluindo a pesca artesanal, a qualidade ambiental e o modo de vida das comunidades que dependem do oceano.

A esses desafios ambientais somam-se limitações institucionais enfrentadas por muitas Unidades de Conservação Marinhas, como escassez de servidores, orçamento reduzido e dificuldade de fiscalização em áreas extensas. Essas limitações tornam mais difícil implementar planos de manejo, monitorar impactos e ampliar ações de educação ambiental. Sem investimentos contínuos, essas áreas protegidas ficam mais vulneráveis às pressões externas e menos capazes de cumprir seu papel de proteger a biodiversidade e apoiar comunidades costeiras.

Apesar das dificuldades, há caminhos promissores para fortalecer a conservação marinha. A governança participativa, por meio de conselhos gestores atuantes, fortalece o diálogo entre comunidades, pesquisadores, gestores e setores produtivos. A parceria com pesquisadores amplia as pesquisas científicas, fundamentais para identificar áreas prioritárias, compreender processos ecológicos e embasar decisões. A educação oceânica, desenvolvida em parceria com escolas e comunidades, têm papel decisivo na formação de cidadãos capazes de compreender a complexidade dos ambientes

marinhos e participar ativamente da sua proteção.

O Papel das UC's na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável

Ao pensar na importância da educação oceânica, também é necessário olhar para iniciativas globais que buscam construir um futuro mais sustentável. A Agenda 2030, criada pela ONU, em 2015, reúne os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que são metas usadas pelos países para melhorar a vida da população e do meio ambiente. Esses objetivos mostram que proteger o oceano também significa cuidar da sociedade, da educação e da natureza de forma integrada, reforçando a importância das Unidades de Conservação Marinhas nesse compromisso global.

Entre esses objetivos, destaca-se o ODS 14 – Vida na Água, que trata também da proteção dos ecossistemas marinhos, da redução da poluição do oceano e do manejo sustentável dos recursos pesqueiros. No entanto, as Unidades de Conservação Marinhas contribuem para outros ODS, reafirmando que a conservação do oceano é uma tarefa transversal (Figura 5). Além desse ODS, também se relacionam com as Unidades de Conservação marinhas:

- ODS 4 (Educação de Qualidade): As UC's oferecem oportunidades educativas que aproximam estudantes e professores do oceano, fortalecendo o aprendizado e a consciência ambiental.;
- ODS 12 (Consumo e Produção Sustentáveis): quando garante o acesso das comunidades costeiras aos recursos naturais de forma justa e sustentável;
- ODS 13 (Ação Climática): quando uma UC protege manguezais e recifes, ela também ao fortalece a mitigação e adaptação às mudanças climáticas;
- ODS 17 (Parcerias e Meios de Implementação): a integração entre pesquisa, gestão participativa e práticas comunitárias ainda contribui e incentiva o trabalho coletivo entre instituições, governo e sociedade.

Assim, compreender o papel das UC's à luz da Agenda 2030 ajuda a fortalecer políticas educacionais e estratégias de conservação que valorizam o oceano como parte essencial da vida no planeta.

Figura 5: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável que se relacionam com as Unidades de Conservação marinhas.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de ONU.

Saiba Mais

O Parque Nacional Marinho de Abrolhos é reconhecido como a principal área reprodutiva das baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) no Atlântico Sul Ocidental. Todos os anos, entre julho e novembro, os indivíduos migram das águas frias da Antártica até a costa da Bahia, buscando ambientes rasos, mornos e protegidos para acasalamento, parto e cuidado dos filhotes. Graças ao fim da caça comercial e ao fortalecimento de políticas de conservação, a população de jubartes que se reproduz no Brasil apresenta uma das recuperações mais bem documentadas do mundo. Esse processo é considerado um marco global na conservação de grandes cetáceos e demonstra a importância estratégica das Unidades de Conservação Marinhas.

Atividade Sugerida

Mapeando as Unidades de Conservação da Região

Habilidades BNCC:
EF06CI07, EF09CI10, EF07GE09, EF08GE10, EF09GE12, EM13CNT102, EM13CHS502, EM13CHS303. CG2, CG4, CG6,CG7, CG10

O professor deve propor aos alunos a identificação das Unidades de Conservação na região onde vivem. O foco principal da atividade é fortalecer o senso de pertencimento e o interesse pela conservação.

Em grupos, os alunos pesquisam quais UC's existem na região, que tipo são, quais ambientes protegem e se permitem visitação. Esse mapeamento pode ser feito. Em seguida, devem construir um mapa coletivo marcando essas áreas com canetinhas coloridas, onde cada cor pode representar um tipo diferente de Unidade de Conservação.

Por fim, os alunos devem propor uma aula de campo a uma das unidades mapeadas embasando a escolha deles para o professor.

Recursos complementares sugeridos

Livro Biologia da Conservação - PRIMACK, Richard B.; RODRIGUES, Efraim. Biologia da conservação. 2001.

Conhecendo a biodiversidade marinha no Brasil - https://www.youtube.com/watch?v=xrvTy9jFTLw

Conservação em prosa - https://open.spotify.com/show/5zQ3vBvSXZDZr9pNJ9BOky

Referências bibliográficas sugeridas

ALVIM, Ronaldo (Organizador). Ecologia Humana: uma visão global. [S. l.], 2014. Disponível em: https://www.ecologiahumana.info/_files/ugd/06d729_1f58a3b34c094930a657194258bb1c49.pdf. Acesso em: 06 mar. 2025.

BRASIL. Decreto nº 9.312, de 19 de novembro de 2018. Altera o Decreto nº 91.757, de 7 de dezembro de 1985, para incluir a Ilha de Trindade e o Arquipélago de Martim Vaz e Monte Columbia no âmbito do Patrimônio Histórico Nacional. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9312.htm. Acesso em: 06 mar. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 06 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2020. Disponível em: https://brasil.un.org. Acesso em: 06 mar. 2025.

DINIZ, Heithor; RUY, Luana. Ilha da Trindade, o berçário das tartarugas-verdes brasileiras. Informativo da CIRM, v. 35, n. 1, p. 7-7, 2023.

FUNBIO – Fundo Brasileiro para a Biodiversidade. Quanto vale o verde: a importância econômica das Unidades de Conservação brasileiras. Disponível em: https://www.funbio.org.br. Acesso em: 06 mar. 2025.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). Unidades de Conservação. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/unidades-de-conservacao. Acesso em: 06 mar. 2025.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IEMA). APA de Setiba. Disponível em: https://www.iema.es.gov.br/APA_Setiba. Acesso em: 06 mar. 2025.

MARTINS, Lucas Garcia et al. Distribuição espacial de avistamentos de baleias jubarte Megaptera novaeangliae (Borowski: 1781)(Cetacea: Balaenopteridae) na zona costeira do Brasil. Research, Society and Development, v. 11, n. 10, p. e109111032463-e109111032463, 2022.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. Maurizélia de Brito. Atol das Rocas: conheça a "guarda" do único atol do Atlântico Sul. National Geographic Brasil, 2022. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/03/maurizelia-de-brito-atol-das-rocas-conheca-a-guardia-do-unico-atol-do-atlantico-sul. Acesso em: 06 mar. 2025.

O GLOBO. "Vazamento de mais de 1 milhão de litros de óleo na Baía de Guanabara completa 20 anos." O Globo, 16 ago. 2020. Disponível em: https://oglobo.globo.com/brasil/vazamento-de-mais-de-1-milhao-de-litros-de-oleo-na-baia-de-guanabara-completa-20-anos-1-24198470. Acesso em: 06 mar. 2025.

Oliveira, P.C., Di Beneditto, A.P.M., Quaresma, V.S., Bastos, A.C., Zappes, C.A. 2020. Traditional knowledge of Fishers versus an environmental disaster from mining waste in Central Brazil. Marine Policy 120: 104129.
PROJETO TAMAR. Filhote de tartaruga-verde na Ilha de Trindade, ES. Disponível em: vvvv. Acesso em: 06 mar. 2025.
SANTOS, Leonardo de Barros. PRÁTICAS DE GESTÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO NORDESTE. 2024. Disponível em: vvvv. Acesso em: 06 mar. 2025.

CAPÍTULO 48 - Planejamento Espacial Marinho

Tarcila Franco Menandro[1]

[1] Laboratório de Geociências Marinhas - LaboGeo/UFES

Planejamento Espacial Marinho: cuidar dos oceanos para um futuro sustentável

O Planejamento Espacial Marinho (PEM) é um processo público que organiza as atividades humanas nos mares e oceanos para alcançar objetivos ecológicos, econômicos e sociais. O PEM organiza o uso do espaço marinho dentro da Zona Econômica Exclusiva (ZEE), que consiste na área marítima até 200 milhas náuticas da costa – no Brasil chamamos de Amazônia Azul.

Você sabe o que é “Amazônia Azul”?
Chamamos de Amazônia Azul a área do mar que o Brasil pode explorar economicamente. O nome Amazônia Azul foi dado porque a região marítima tem muitas riquezas naturais e minerais, tão importantes quanto a floresta amazônica para o país.

O PEM cria condições para que mais de uma atividade possa existir no tempo ou espaço, evitando assim conflitos entre as diversas atividades humanas (Figura 1), como a pesca e a navegação de navios cargueiros, a produção de energia e a conservação. Assim, é possível garantir a saúde do ambiente marinho e o desenvolvimento sustentável.

Figura 1: Exemplos de usos humanos no ambiente marinho.

Fonte: Castello, X. & Calliari, L. (2015), adaptado de Talley (2011).

Fonte: gerado por IA.

A importância do PEM aumenta à medida que aumenta a competição por espaço e recursos marinhos. Essa competição é impulsionada por setores tradicionais e por novas indústrias, como as de energias renováveis offshore e aquicultura. No Brasil, o PEM encontra um cenário de grande riqueza marinha, com uma plataforma continental geodiversa e com ecossistemas de alta relevância.

Já ouviu falar em “geodiversidade”?
O Serviço Geológico Brasileiro diz que geodiversidade é a variedade de elementos e processos geológicos que criaram o planeta Terra e que continuam mudando o planeta. Ou seja, ela representa a variedade de elementos geológicos que formam um lugar.

A situação de mudanças climáticas torna o PEM ainda mais urgente e complexo. Se ocorrem mudanças no clima e nas atividades ao longo do tempo, o planejamento precisa ser inteligente e sempre ser atualizado e adaptado. Isso significa que é preciso entender como o clima funciona, se adaptar às mudanças e apoiar as ações climáticas.

A Abordagem Baseada em Ecossistemas

O PEM deve ser elaborado com base na gestão baseada em ecossistemas (GBE), uma abordagem que reconhece a importância dos sistemas marinhos e sua interconexão com a sociedade. Os princípios fundamentais da GBE incluem, entre outros:

- Proteção da estrutura, funcionamento e processos-chave do ecossistema;
- Consideração de fatores ecológicos, sociais, econômicos e institucionais;
- Foco em um local específico, que leve em consideração o ecossistema e as atividades humanas que o afetam;
- Baseado no conhecimento científico disponível e adaptável para acompanhar o aumento no conhecimento;
- Reconhecimento da importância dos benefícios que os ecossistemas fornecem, como provisão de alimentos, regulação do clima, qualidade da água e suporte para a vida, para o bem-estar humano

Ao adotar essa visão, o PEM vai além de um simples zoneamento distribuindo diferentes atividades no espaço marinho, que muitas vezes leva à degradação ambiental e a conflitos de uso por tratar cada atividade individualmente.

Benefícios do PEM

Implementar um PEM bem-sucedido pode trazer muitos benefícios, como melhorias ambientais, econômicas, sociais e de governança (Tabela 1).

Tabela 1: Exemplos de benefícios do PEM para diferentes setores.

SETOR BENEFICIADO	EXEMPLOS DE BENEFÍCIOS
Ecológico/ Ambiental	· Identificar áreas importantes para a biologia e a ecologia; · Incluir objetivos de biodiversidade na hora de tomar decisões planejadas; · Identificar e reduzir os conflitos entre o uso humano e a natureza; · Destinar um espaço para a biodiversidade e a conservação da natureza; · Criar um contexto para o planejamento de uma rede de áreas marinhas protegidas; · Identificar e reduzir os efeitos cumulativos das atividades humanas nos ecossistemas marinhos.
Econômico	· Mais certeza de acesso a áreas boas para novos investimentos do setor privado. · Descobrir quais usos podem ser usados juntos na mesma área de desenvolvimento. · Diminuição de problemas causados por usos que não são compatíveis. · Capacidade maior de planejar atividades humanas novas e que estão mudando, incluindo tecnologias novas e seus efeitos. · Maior segurança durante a operação de atividades humanas. · Promoção do uso eficiente de recursos e espaço. · Os processos de licenciamento e concessão de autorizações devem ser mais racionais e transparentes.
Social	· Melhoria das oportunidades de participação da comunidade e dos cidadãos; · Identificação dos impactos das decisões sobre a divisão do espaço oceânico (por exemplo, áreas de exclusão para determinados usos, áreas protegidas) para as comunidades e economias costeiras (por exemplo, emprego, distribuição de renda); · Identificação e melhoria da proteção do patrimônio cultural; · Identificação e preservação dos valores sociais e espirituais relacionados ao uso do oceano.
Governança	· Ações e investimentos em diferentes lugares e momentos. · Identificar e focar nos lugares onde o governo deve concentrar seus esforços. · Criação de um modelo para facilitar a tomada de decisões.

Fonte: Adaptado de Ehler e Douvere, 2009.

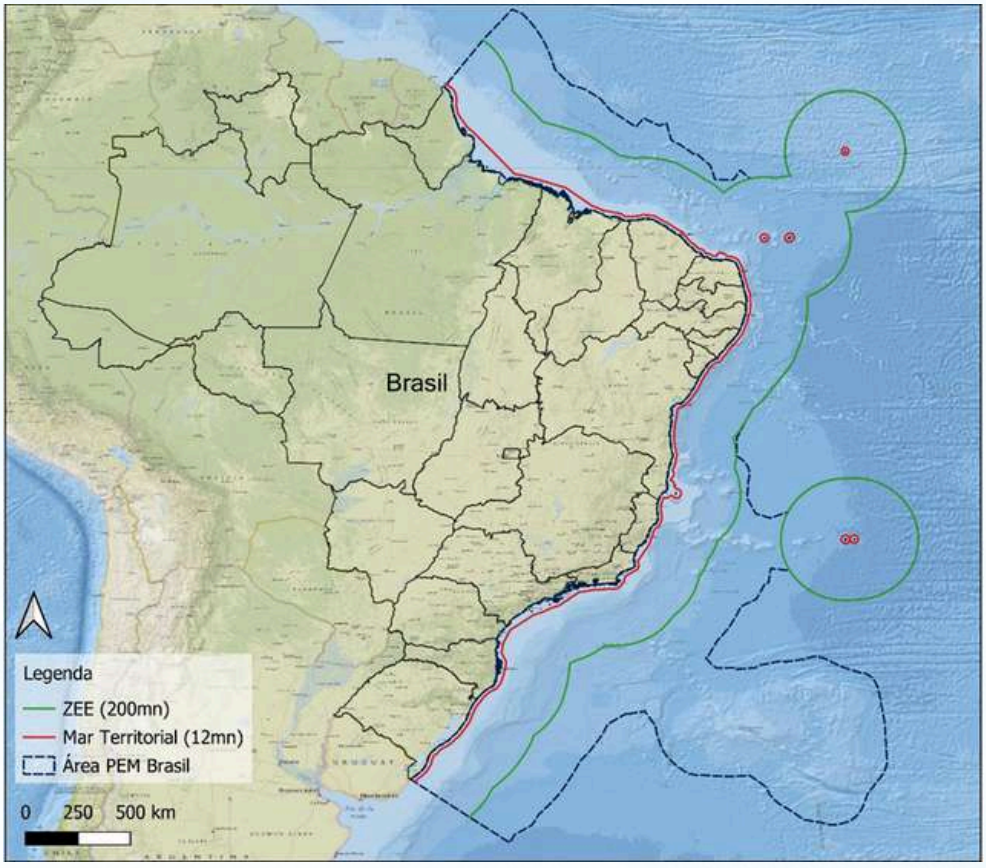
Mesmo com seus benefícios teóricos, o PEM ainda não é uma realidade na maior parte do mundo. A maioria dessas iniciativas é recente, cobre áreas pequenas e é liderada por países desenvolvidos. Em 2019, planos de PEM estavam em vigor em apenas 22 países, representando cerca de 27% das ZEEs do mundo.

O PEM no Brasil

O Brasil tem uma longa história de planejamento do território costeiro, antes de surgir o conceito moderno de PEM. O principal instrumento é o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC), que faz parte do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), estabelecido em 1988.

Muitas propostas e conceitos utilizados no PEM são compatíveis com o ZEEC, mas eles são diferentes em relação à sua área de abrangência, isto é, consideram regiões diferentes. Enquanto o ZEEC é realizado considerando o limite dos municípios costeiros até o Mar Territorial (até 12 milhas náuticas) o PEM parte da linha de costa e se estende até a ZEE (veja o mapa da Figura 2). Outra diferença é a governança dos projetos: o PEM de abrangência nacional (controlado pelo Governo Federal) e o ZEEC de abrangência estadual (controlado pelos governos estaduais).

Figura 2: Limites entre áreas de jurisdição no mar.



Fonte: Autora.

Como podemos ver no mapa, a área do PEM no Brasil é ainda maior que a atual ZEE oficial. A região que vai além da ZEE é chamada de Plataforma Continental Estendida, e está sendo oficialmente solicitada pelo Brasil para que seja um território marítimo nacional na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS), órgão que cuida da regulação dos limites marinhos no mundo inteiro. Isso ocorre por vários motivos estratégicos para o país, desde segurança até a proteção e garantia de recursos minerais marinhos.

Você encontrará mais informações sobre a Plataforma Continental e outras formas do relevo submarino no "Capítulo 44 – Morfologia do Fundo Marinho".

Participação Social

Para o PEM ser bem-sucedido, é preciso que todos os envolvidos participem de fato. A participação da sociedade ajuda a construir confiança no processo e faz com que as pessoas se sintam representadas, acreditem e respeitem o plano, aumentando a chance de seguirem as regras e diretrizes estabelecidas.

O envolvimento das pessoas que trabalham e vivem diretamente no espaço traz informações importantes de conhecimento e evidências locais. Algumas dessas informações locais, por exemplo, sobre os usos e atividades humanas, como pesca artesanal, aquicultura familiar e turismo feito pela comunidade, muitas vezes são escassas em dados oficiais. Além disso, ajuda a entender as prioridades, valores e expectativas de cada setor em relação à área marinha, facilitando a identificação e a redução de conflitos que já existam ou que possam vir a existir.

A participação social pode variar desde o fluxo unidirecional de dados/informações, passando pela consulta de informações (coleta de opiniões), até a participação plena, em que os envolvidos são verdadeiros parceiros na tomada de decisão. Uma das ferramentas usadas no desenvolvimento do PEM é o Mapeamento Participativo. O método usa formas artísticas, como o desenho, para que os participantes mostrem o que pensam, como usam e quais valores têm relacionados ao espaço marinho. Com isso é possível incluir os conhecimentos locais e valores socioculturais que às vezes não podem ser expressos em números.

Conclusão

O PEM não é um mapa que não muda, nem um conjunto de regras que não muda. É um processo que sempre deve ser atualizado, que precisa de um diálogo entre ciência, política e sociedade para apoiar as decisões que precisam ser tomadas. O sucesso não está em fazer um plano perfeito, mas em criar uma estrutura que aprende e se adapta às mudanças no ambiente, nas necessidades sociais e nas pressões e atividades econômicas.

O desafio de cuidar dos nossos oceanos é muito grande, ainda mais sem conhecermos bem o que acontece por lá. É preciso superar a falta de dados, unir os conhecimentos e o poder das instituições, além de integrar de verdade a análise econômica, a justiça social junto e o meio ambiente nas tomadas de decisão.

Assim, a participação social é a base que dá legitimidade, relevância e eficácia a qualquer esforço de planejamento costeiro e marinho. Sem o envolvimento das pessoas que vivem e dependem do mar, os planos podem ficar só em documentos técnicos "engavetados", distantes da realidade e com pouca credibilidade diante da sociedade.

Saiba Mais

O PEM no Brasil está sendo desenvolvido através de projetos organizados de acordo com as regiões brasileiras com limites costeiros. O primeiro projeto iniciado foi o da região Sul, em janeiro de 2024, considerado o "projeto-piloto" do PEM brasileiro. Faz parte do projeto PEM Sul as áreas marinhas adjacentes aos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. O projeto PEM Sudeste contempla as áreas marinhas adjacentes aos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, incluindo a Elevação do Rio Grande e a cadeia de Vitória – Trindade. Fazem parte do projeto PEM Nordeste as áreas marinhas adjacentes aos estados da Região Nordeste, exceto o Maranhão, incluindo os arquipélagos de São Pedro e São Paulo e Fernando de Noronha. Já o projeto PEM Norte se estende para as áreas marinhas adjacentes ao Maranhão, Pará e Amapá.

Região	Área de atuação (km2)	Cobertura da Amazônia Azul
Sul	0,7 milhões	12%
Sudeste	2,4 milhões	42%
Nordeste	1,7 milhões	30%
Norte	0,9 milhões	16%

A organização inicial em projetos separados foi uma decisão estratégica para a divisão dos recursos e para acelerar o processo de construção dos planos. O PEM deve ser único, assim, após as construções dos projetos regionais, será feita a integração dos resultados para a consolidação do PEM Brasil.
Você encontra mais informações sobre o Planejamento Espacial Marinho Brasileiro no site da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar: https://www.marinha.mil.br/secirm/pt-br/psrm/pem.

Atividade Sugerida

Jogo de Simulação do Planejamento Espacial Marinho (PEM)

Habilidades BNCC:

- (EF05MA14); (EF03CI07); (EF06GE08); (EF07GE09);

A atividade tem como objetivo demonstrar, de forma prática e interativa, os desafios inerentes ao PEM, destacando a multiplicidade de interesses setoriais, as limitações espaciais e a necessidade de processos decisórios negociados. Por meio da simulação, busca-se estimular a compreensão das diferentes perspectivas presentes no ambiente marinho e promover o desenvolvimento de competências relacionadas à negociação, mediação de conflitos e construção coletiva de soluções. Para desenvolver a atividade cada estudante ou dupla assume um papel setorial (turmas numerosas podem ser divididas em grupos, cada qual representando um "país" fictício com um objetivo nacional central, como conservação, incentivo a atividades humanas ou desenvolvimento social). Os materiais necessários são: 1) mapa de região marinha dividido em zonas (por exemplo: plataforma interna, plataforma externa, áreas de pesca intensiva, rotas de navegação, recifes, áreas de potencial eólico, zonas sensíveis); 2) Cartas de atores sociais/setores (ex. Pesca artesanal, Pesca industrial, Energia eólica offshore, Energia de petróleo e gás, Conservação da biodiversidade, Turismo e recreação e Transporte marítimo); 3) Cartas de setor, contendo atribuições, restrições e metas (metas obrigatórias, necessidades espaciais mínimas, restrições ambientais e tecnológicas, indicadores de sucesso); 4) Objetivo nacional que define a orientação estratégica do país; 5) Marcadores físicos ou digitais para ocupação espacial no mapa e; 6) Folhas de registro de decisões e justificativas. A condução inicia com uma breve exposição sobre o conceito de Planejamento Espacial Marinho, abordando a relevância da gestão integrada, os conflitos de uso do espaço oceânico e a necessidade de conciliar interesses econômicos, sociais e ecológicos. Cada ator (ou país) preenche uma ficha inicial de zoneamento apontando: áreas pretendidas, justificativas técnicas e socioeconômicas e impactos esperados. Em seguida, os participantes apresentam suas propostas de alocação no mapa de forma sequencial. Conflitos espaciais aparecerão naturalmente e inicia-se uma fase de negociação. Ao finalizar as negociações, o grupo elabora uma versão consolidada do zoneamento com a construção de mapas finais, justificativas das escolhas, acordos firmados entre setores, eventuais perdas ou ganhos identificados durante o processo e indicadores atendidos e não atendidos.

Recursos complementares sugeridos

Planejamento Espacial Marinho (PEM) em poucas palavras. Rede TerraMar. 15 de agosto de 2024. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=GsWenECHTaQ

Referências bibliográficas sugeridas

Carvalho, Rodrigo de Campos (2023). Planejamento Espacial Marinho da Amazônia Azul. Capítulo 14. In.: Fronteiras Do Brasil: O Litoral Em Sua Dimensão Fronteiriça. Orgs.: Bolívar Pêgo (Coordenador), Líria Nagamine, Caroline Krüger e Rosa Moura. Volume 8, Editora Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). ISBN 978-65-5635-067-7. http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-067-7/capitulo14

Ehler, C., Douvere, F. (2009). Marine spatial planning: A step-by-step approach toward ecosystem-based management (IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6). Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO. http://hdl.handle.net/11329/459

Frazão Santos, C., et al. (2024). Taking climate-smart governance to the high seas. Science, 384(6696), 734–737. DOI: 10.1126/science.adp4379.

Santos, C. F. dos, Martins, M. S. L., & Mascarello, M. de A. (2019). Oceanografia socioambiental: O que queremos com isso?. Ambiente & Educação: Revista De Educação Ambiental, 24(2), 42–67. https://doi.org/10.14295/ambeduc.v24i2.9462

UNESCO-COI, CIRM e MMA. 2025. Avaliação Rápida do MSPglobal para o Brasil. Paris, UNESCO. (Série Técnica da COI número 215).

CAPÍTULO 49 - Povos e Comunidades Tradicionais da costa

Pilsen Ca'lía da Costa Peterle[1]

[1] Grupo Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental

O mar não é apenas um espaço geográfico: é um território de memória, de histórias, de ofícios e de tradições. Nas margens do litoral, povos e comunidades tradicionais costeiras e marinhas mantêm uma relação profunda de coexistência com o oceano, expressa em práticas que atravessam gerações. Essas práticas entrelaçam vida, cuidado e ancestralidade, transformando o mar em espaço de vida, encontro e permanência.

Este capítulo propõe uma leitura das relações entre povos e comunidades tradicionais e o mar, tomando a costa brasileira como espaço de múltiplas territorialidades, saberes e resistências. Ao aproximar esses saberes das salas de aula, propomos uma educação que escuta, repara e reconhece as comunidades costeiras como sujeitos de direitos e detentores de epistemologias próprias, coautores dos currículos e guardiões de saberes que contribuem para uma educação plural, de base decolonial e integradora.

O litoral como território histórico de encontros e conflitos

Desde o início da colonização, a ocupação do litoral brasileiro foi marcada por violências e rearranjos que transformaram territórios, corpos e modos de vida. Os primeiros contatos portugueses concentraram portos, engenhos e vilas ao longo da costa, instituindo novas formas de trabalho e circulação que se articularam à expropriação de povos indígenas e à chegada forçada de populações africanas escravizadas.

Mesmo após a promulgação da Lei Eusébio de Queirós (1850), que proibiu o tráfico transatlântico de pessoas escravizadas, o litoral brasileiro permaneceu como rota de desembarques clandestinos. No Espírito Santo, por exemplo, há registros da escuna Mary E. Smith, apreendida em 1856 em São Mateus, com cerca de 400 pessoas a bordo. Esses portos ocultos, instalados entre manguezais e restingas, conectavam-se aos latifúndios do interior capixaba e às fazendas de café do Vale do Paraíba, mostrando como o mar se manteve elemento estratégico na continuidade do sistema escravocrata.

A história do litoral, portanto, não se resume à expansão territorial portuguesa, mas à persistência de sistemas de dominação e exploração que moldaram profundamente as relações entre os povos e o mar (Figura 1). Ao mesmo tempo, foi nesse cenário que surgiram comunidades que resistiram à expropriação que, nas margens, manguezais e estuários, criaram modos próprios de viver e cuidar do território.

Figura 1: Pescador Artesanal.

Fonte:https://www.gov.br/inss/pt-br/noticias/seguro-defeso-entenda-o-beneficio-para-o-pescador-artesanal

Povos Indígenas Costeiros: Ancestralidade e Manejo Tradicional

Os povos indígenas são aqueles que mantêm continuidade histórica com grupos pré-colombiano, reconhecendo-se como distintos da sociedade envolvente. Estão presentes em todas as regiões do Brasil, tanto em áreas rurais quanto urbanas, organizados em 305 etnias e falantes de 274 línguas indígenas. A Região Norte concentra a maior população indígena brasileira, resultado da interiorização forçada de povos originários após séculos de colonização e expropriação das faixas litorâneas, as primeiras atingidas pelo projeto colonial europeu.

Antes da invasão europeia, o litoral que hoje compõe o território brasileiro era habitado por inúmeras etnias, como Tupiniquim, Tupinambá, Pataxó, Potiguara, Caeté, Tabajara, Tremembé, Kariri, Kiriri, Aimoré, Maxakali e Xukuru-Kariri, entre muitas outras. Esses povos mantinham relações íntimas com os ambientes aquáticos, vivendo em estuários, manguezais, restingas e enseadas, onde desenvolveram modos de vida baseados na pesca artesanal, na coleta de moluscos e crustáceos, na agricultura de coivara e no manejo sustentável de recursos costeiros.

O mar e os rios não eram apenas fontes de alimento ou transporte, mas espaços de espiritualidade, memória e reciprocidade. Com a colonização, as zonas costeiras tornaram-se o epicentro do genocídio e da expulsão dos povos originários. A violência da conquista, as epidemias trazidas pelos colonizadores e o avanço dos engenhos e portos provocaram um colapso demográfico e territorial que empurrou muitos grupos para o interior. O litoral, primeira fronteira de contato, foi também a primeira fronteira da destruição. Ainda assim, muitas etnias resistiram e permanecem hoje nas margens do mar (em aldeias, retomadas ou comunidades urbanas) reafirmando sua existência por meio da língua, da agricultura, da pesca e dos rituais.

No Espírito Santo, os Tupiniquim (Tupinakyía em tupi) exemplificam essa permanência. Habitantes da região de Aracruz, compartilham o território indígena demarcado Tupiniquim-Guarani, onde desenvolvem práticas agrícolas, manejo de manguezais e pesca artesanal articuladas a projetos de educação escolar indígena e agroecologia comunitária. Essas práticas combinam ensino bilíngue, revitalização da língua tupi e celebrações rituais, como o toré e o awê, reafirmando o vínculo espiritual com o mar e com os rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim.

A presença indígena costeira na contemporaneidade expressa-se, portanto, em múltiplas formas de resistência, revitalização cultural e luta por direitos territoriais. Apesar das pressões históricas e contemporâneas (como a expansão urbana, a pressão industrial, o garimpo ilegal e a degradação ambiental), os povos indígenas seguem reelaborando suas territorialidades e reafirmando o mar como espaço de existência, ancestralidade e futuro.

Comunidades Quilombolas Litorâneas: o mar como refúgio e liberdade

Os quilombolas são povos e comunidades tradicionais de grande importância para a história e a cultura brasileiras. Sua origem remonta aos quilombos, agrupamentos formados, desde o século XVI, por pessoas africanas escravizadas que fugiam dos engenhos e fazendas coloniais, reunindo-se em comunidades autônomas. Esses territórios, conhecidos também como remanescentes de quilombos, foram espaços de resistência política, cultural e espiritual frente ao sistema escravocrata.

Nas regiões costeiras, as margens, restingas e ilhas transformaram-se em refúgios onde se refizeram vidas e mundos. No Espírito Santo, comunidades quilombolas como Monte Alegre, Graúna, Araçatiba e Divino Espírito Santo mantêm viva a memória da travessia forçada e das lutas pela terra e pelo reconhecimento. Nessas comunidades, o mar e os manguezais têm importância central no cotidiano: fornecem alimento, trabalho, símbolos de fé e pertencimento. O extrativismo de moluscos, a coleta de caranguejos, a pesca artesanal e o cultivo de pequenas roças de subsistência se entrelaçam com práticas culturais afro-brasileiras, como as festas de São Benedito, os cortejos de congo, os bailes de congo do Ticumbi, as ladainhas marítimas e o culto a Iemanjá. Essa relação material e simbólica com o oceano expressa o conceito de “cosmopolítica das águas”, em que o mar é compreendido não como fronteira, mas como território de ancestralidade, cuidado e resistência.

As lutas contemporâneas desses quilombos costeiros articulam-se hoje às pautas ambientais e climáticas. O Fundo Brasil de Direitos Humanos (2023) destaca que as comunidades quilombolas e os povos indígenas são protagonistas na luta por justiça climática, uma vez que suas práticas tradicionais de manejo do solo e dos ecossistemas costeiros contribuem para a conservação ambiental e o equilíbrio climático. Esses grupos, contudo, enfrentam desafios como a monocultura do eucalipto, a expansão imobiliária, os grandes empreendimentos portuários e turísticos e o avanço da poluição costeira, que ameaçam suas formas de vida e seus territórios.

Os Caiçaras: Saberes Híbridos e Convivência com o Mar

Os caiçaras são grupos tradicionais de agricultores, pescadores e artesãos que se estabeleceram ao longo da costa sudeste brasileira, especialmente entre o norte do Paraná e o sul do Rio de Janeiro. Originários da colonização portuguesa, esses grupos resultaram do encontro entre povos indígenas locais, colonos europeus e, em menor grau, populações africanas, constituindo um patrimônio cultural de grande diversidade e riqueza simbólica. São herdeiros de uma miscigenação genética e cultural que produziu modos de vida próprios, enraizados na relação íntima com o mar e com a terra. Sua cultura manifesta-se em práticas materiais e imateriais associadas à pesca artesanal, à agricultura de subsistência (sobretudo o cultivo da mandioca), à construção de canoas e à partilha comunitária do trabalho.

O modo de vida caiçara articula-se à paisagem costeira, combinando saberes ambientais, solidariedade comunitária e espiritualidade popular. As atividades cotidianas (como a pesca em canoas de um pau só, o preparo de redes e o plantio em roças de coivara) são regidas por um profundo conhecimento dos ritmos naturais, especialmente dos ventos, das correntes, das marés e dos ciclos lunares. Esse conjunto de saberes, descrito como parte do "ethos marítimo popular", constitui uma verdadeira ciência empírica do mar, transmitida pela experiência e pela oralidade.

Além das práticas produtivas, os caiçaras cultivam uma rica vida simbólica e festiva. As danças e cantos, como o fandango, o terno de reis e as ladainhas marítimas, expressam a ligação entre religiosidade, natureza e memória coletiva. A oralidade ocupa papel central na transmissão dos saberes, funcionando como um instrumento pedagógico e de preservação da identidade comunitária. Por meio das histórias contadas à beira-mar, dos cantos de trabalho e das celebrações, os caiçaras mantêm viva uma cosmologia que reconhece o oceano como espaço de pertencimento e reciprocidade.

As comunidades caiçaras enfrentam atualmente fortes pressões decorrentes do turismo predatório, da especulação imobiliária e das restrições ambientais impostas sem consulta prévia. Essas dinâmicas ameaçam o direito ao território, restringem o acesso às áreas de pesca e alteram profundamente os modos de subsistência e convivência. Diante dessas pressões, o desafio central é assegurar o reconhecimento das comunidades caiçaras como sujeitos de direitos e de sua cultura como patrimônio imaterial do país. A educação oceânica, nesse contexto, desempenha papel essencial ao valorizar seus saberes e pedagogias locais, reconhecendo neles expressões legítimas de sustentabilidade e cidadania costeira.

Pescadores Artesanais: o mar como ofício e conhecimento

Os pescadores artesanais são povos tradicionais que habitam as margens de rios, lagunas e mares, tendo suas vidas regidas pelos ritmos das marés, dos ventos e das estações. São herdeiros de uma tradição milenar, que combina saberes empíricos, técnicas ancestrais e cosmologias aquáticas. Ao longo de gerações, desenvolveram modos sustentáveis de manejo dos ecossistemas marinhos e estuarinos, retirando das

águas apenas o necessário para o sustento, sem esgotar os recursos naturais. Suas técnicas de pesca (redes, tarrafas, anzóis, armadilhas e canoas) derivam de séculos de observação dos movimentos dos peixes, das marés e das correntes, configurando um CEL de grande valor socioambiental.

Entre todos os grupos costeiros, os pescadores artesanais são, talvez, aqueles cuja relação com o mar se expressa de forma mais direta e cotidiana. No Espírito Santo, comunidades pesqueiras como as de Regência, Santa Cruz, Anchieta, Piúma e Itaúnas mantêm vivas as práticas tradicionais da pesca artesanal, adaptando-as às variações de marés e aos períodos de defeso. Nessas localidades, a pesca é mais que uma atividade econômica, é um modo de vida estruturado na cooperação comunitária, na oralidade e no pertencimento territorial.

A pesca artesanal envolve redes complexas de interdependência. Homens e mulheres ocupam papéis complementares: enquanto os pescadores saem ao mar, as fileteiras, marisqueiras e catadoras asseguram o beneficiamento, o preparo e a comercialização do pescado, além de transmitir práticas culturais e rituais que reafirmam o vínculo espiritual com as águas. Em muitas comunidades capixabas e nordestinas, o trabalho das mulheres representa o eixo de sustentação social e simbólica das comunidades, garantindo a continuidade do ofício e o fortalecimento das identidades costeiras.

Contudo, a vida dos pescadores artesanais enfrenta ameaças crescentes: a pesca industrial predatória, o avanço do turismo especulativo, empreendimentos de petróleo e gás, e os impactos das mudanças climáticas têm alterado drasticamente os ecossistemas marinhos e as condições de subsistência das comunidades. A redução dos estoques pesqueiros e a poluição costeira impõem novos desafios à permanência dos modos de vida tradicionais. Em resposta, colônias e associações de pescadores em todo o país têm se articulado em movimentos sociais que reivindicam direitos territoriais, reconhecimento cultural e políticas de gestão participativa das águas e recursos.

Povos Extrativistas Costeiros e Marinhos: guardiões dos manguezais

Os povos extrativistas costeiros e marinhos são trabalhadores e trabalhadoras que habitam as zonas estuarinas, baías e Reservas Extrativistas (RESEX) ao longo do litoral brasileiro. Vivem principalmente nas áreas de manguezal, ecossistemas de transição entre a terra e o mar, presentes em quase toda a costa do país.

Nos estuários e baías do litoral brasileiro, catadores de caranguejo, marisqueiras, apanhadores de moluscos e coletores de algas mantêm um relacionamento profundo com o manguezal. Em contraste com a visão urbana que reduz o mangue a “lama” ou “vazio ecológico”, essas comunidades o reconhecem como território de existência e reciprocidade, onde a vida se organiza em função das marés, dos ciclos lunares e da reprodução das espécies. A partir da observação e da experiência acumulada, desenvolvem regras coletivas de manejo, como a restrição da coleta em períodos de defeso, a preservação de áreas de desova e a manutenção da vegetação que sustenta os berçários naturais.

O extrativismo tradicional é, portanto, uma forma de manejo ecológico e culturalmente informada, baseada na noção de "território vivido", onde natureza e sociedade não se separam. Nessas comunidades, o conhecimento sobre os ciclos das marés, a biologia das espécies e os sinais do tempo é transmitido pela oralidade, pelos rituais e pelo trabalho coletivo.

A criação das Reservas Extrativistas (RESEX Marinhas) pelo Estado brasileiro, a partir da década de 1990, representou um marco político importante no reconhecimento desses povos como sujeitos de direito e de conhecimento. Sendo importante ressaltar que a conservação só se torna efetiva quando incorpora a participação ativa das comunidades locais, reconhecendo nelas não apenas agentes de manejo, mas produtores de epistemologias próprias da sustentabilidade.

Essa pedagogia do território, construída no cotidiano do trabalho e da resistência, expressa uma forma de educação oceânica popular, baseada na escuta, na experiência e na reciprocidade com o mundo aquático.

Povos Ilhéus: territorialidades insulares e saberes do mar

Os povos ilhéus habitam pequenas ilhas e arquipélagos costeiros, mantendo modos de vida autônomos baseados na pesca artesanal e na solidariedade comunitária. A insularidade define uma forma própria de territorialidade: assembleias locais regulam o uso dos recursos, os períodos de defeso e as práticas de manejo, num sistema de governança comunitária que reflete a interdependência entre humanos e ambiente.

Essas comunidades enfrentam desafios relacionados à poluição, à erosão costeira e à elevação do nível do mar, mas continuam a desempenhar papel estratégico na proteção da biodiversidade marinha. Reconhecer os Ilhéus como povos tradicionais é essencial para garantir sua inclusão nas políticas públicas e nas discussões sobre justiça climática e educação oceânica.

Conclusão

O litoral brasileiro é um território de saberes, memórias e convivências. Povos indígenas, quilombolas, caiçaras, pescadores, extrativistas e ilhéus expressam, cada qual à sua maneira, formas plurais de se relacionar com o mar, articulando cultura, espiritualidade e manejo ecológico.

Hoje, esses povos enfrentam perdas territoriais, degradação ambiental e exclusão dos processos de decisão. Desse modo, reconhecê-los como sujeitos ativos da gestão costeira e marinha é fundamental para uma governança que una justiça social e sustentabilidade ambiental.

Instrumentos como o Gerenciamento Costeiro Integrado (GCI), o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) e o Planejamento Espacial Marinho (PEM) devem incluir seus saberes e experiências, construindo formas de cogestão baseadas na valorização da diversidade cultural e no diálogo entre saberes tradicionais e científicos.

Para a educação básica, compreender o litoral como território vivo é um convite a formar estudantes críticos e empáticos, capazes de reconhecer o valor das comunidades tradicionais e de imaginar futuros de coexistência e cuidado. O mar, afinal, é também uma sala de aula, onde a vida ensina a escutar, a respeitar e a partilhar.

Saiba Mais

Epistemologia: É o estudo dos modos de conhecer o mundo, das formas pelas quais construímos e transmitimos conhecimento. Quando falamos em epistemologias tradicionais ou indígenas, estamos reconhecendo que há muitas formas de saber, não apenas a ciência ocidental. Esses saberes nascem da experiência, da oralidade, da espiritualidade e da convivência com a natureza, revelando outras maneiras de compreender a vida e o território.

Ontologia: Ontologia diz respeito ao modo de ser e existir no mundo. Enquanto a visão ocidental costuma separar "natureza" e "sociedade", muitas ontologias indígenas, quilombolas e caiçaras entendem que tudo está interligado: humanos, animais, rios, ventos e espíritos fazem parte de uma mesma rede de vida. Assim, o mar, a terra e os corpos não são objetos, mas parentes e sujeitos com quem se convive.

Decolonialidade: O pensamento decolonial questiona os efeitos da colonização nas formas de pensar, ensinar e viver. Propõe reparar e reverter as hierarquias coloniais que colocaram os saberes europeus como superiores.

Por que não dizer "índio"? O termo "índio" foi criado pelos colonizadores europeus e apaga a diversidade dos povos originários. Ele reduz centenas de etnias, línguas e modos de vida a uma única imagem estereotipada. Por isso, usamos "povos indígenas" ou "povos originários", reconhecendo a pluralidade, a autonomia e a continuidade histórica dessas nações que existiam muito antes da formação do Estado brasileiro.

Atividade Sugerida

Apresentação de Seminários e Debate

Habilidades BNCC:

- EF04GE06 · EF05GE04 · EF06GE08 · EF07GE04 · EF15AR01 · EF69LP24; EM13CHS102 · EM13CHS104 · EM13CHS601

Proponha que a turma pesquise diferentes povos e comunidades tradicionais do litoral brasileiro (indígenas costeiros, quilombolas litorâneos, caiçaras, pescadores artesanais, marisqueiras e populações ilhéus). Os estudantes, organizados em grupos, devem investigar: modos de vida e relação com o mar; práticas culturais e rituais ligados ao território; desafios e conflitos socioambientais (poluição, pesca industrial, turismo predatório, especulação imobiliária etc.); estratégias de cuidado, manejo e resistência comunitária.

Cada grupo apresenta seus achados por meio de cartaz (Fundamental I), painel ou slides (Fundamental II), apresentação multimídia (Ensino Médio) ou relatos e painel coletivo (EJAI). Após as apresentações, promova um debate orientado. O professor pode conduzir com perguntas como: Como cada povo se relaciona com o mar e seus recursos? Quais ameaças e conflitos impactam esses territórios? Que práticas de cuidado e conservação emergem desses saberes? O que podemos aprender com esses modos de vida sobre justiça social e ambiental? Quem vivia no litoral antes da chegada dos colonizadores e o que mudou para esses povos depois disso? Quais problemas atuais (turismo descontrolado, poluição, petróleo, pesca industrial) afetam mais esses povos? Como respeitar e valorizar esses saberes sem desrespeitar ou se apropriar da cultura dessas comunidades? Por que algumas formas de conhecer o oceano são valorizadas (ciência, turismo, indústria) e outras quase não aparecem nos livros (saberes indígenas, quilombolas, caiçaras, pescadores)?

Recursos complementares sugeridos

Guerras do Brasil Doc. Episódio 1 – Guerras de Conquista: https://www.youtube.com/watch?v=CpiTVObXIhY&list=PL4naA1n1-8x1mLUA7t-xmu_PyMrBu20H4
Nós, Laguna - https://youtu.be/j_Wr8AFaqQg?si=yCbzfG6WQRHRGRgc
Mulheres Peixe - https://youtu.be/EsRP7HeeZio?si=7YznKoKjfASzWlFA
Mulheres das Águas - https://www.youtube.com/watch?v=P62sFliw7K8&t=2s
Tupinambá, o retorno da Terra - https://vimeo.com/groups/indigenous/videos/126566470
SANGUE: Vidas e lutas quilombolas em defesa do rio – https://www.youtube.com/watch?v=M75_4WZqrqI
Vozes do Manguezal: O Legado das Marisqueiras – https://www.youtube.com/watch?v=G7WlcaDJgRE

Coletivo Ma'enduara: https://coletivomaenduara.com.br/

Referências bibliográficas sugeridas

ALMEIDA, A.; GOBI, A.; RODRIGUES, G. Caiçaras, o tradicional povo do litoral brasileiro. Dossiê Povos Tradicionais. ComCiencia, v. 193, p. 1-8, 2017.

CALLOU, Angelo Brás Fernandes. Povos do mar: herança sociocultural e perspectivas no Brasil. Ciência e Cultura, v. 62, n. 3, p. 45-48, 2010.

DE ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Terras de quilombo, terras indígenas," babaçuais livres"," castanhais do povo", faxinais e fundos de pasto: terras tradicionalmente ocupadas. Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia (PPGSCA-UFAM, Fundação Ford), 2006.

DE CARVALHO, Marcus JM. O desembarque nas praias: o funcionamento do tráfico de escravos depois de 1831. Revista de História, n. 167, p. 223-260, 2012.

DIEGUES, Antonio CS. Tradição e mudança nas comunidades de pescadores do Brasil: por uma sócio-antropologia do mar. Pesca artesanal: tradição e modernidade. Anais do III Encontro Ciências Sociais e o Mar. IOUSP/F. FORD/UICN. São Paulo, 1989.

LIMA, Paulo Victor Sousa; NASCIMENTO, Jessica Silva França; LEIVA, Francisco Javier Araos. Maretório e os povos tradicionais extrativistas costeiros e marinhos do litoral do Pará, Brasil. Ilha Revista de Antropologia, v. 26, n. 2, p. 67-91, 2024.

MOREIRA, Carla et al. "Mas é território ou maré?" O conceito de maretório e as mulheres extrativistas costeiras e marinhas do litoral do Pará, Amazônia, Brasil. Polis (Santiago), v. 23, n. 68, p. 341-381, 2024.

MÜLLER, Cíntia Beatriz. POVOS TRADICIONAIS COSTEIROS E QUESTÕES SOCIOAMBIENTAIS: DA MARÉ DOS ENFRENTAMENTOS ÀS LUTAS POR DIREITOS, CONFLITOS AMBIENTAIS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS. Publicações, 2023.

Capítulo 50 - Os Mares que conectaram o Mundo

Juliana Silva Abreu[1]

[1] Grupo Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental

1. O oceano como elo entre povos e culturas

Oceano é uma extensa área de água salgada que ocupa a maior parte da superfície terrestre. Ao longo dos séculos desempenhou um papel importante, foi vínculo essencial que conectou diferentes povos, economias e culturas (Figura 1). Desde então, o oceano foi utilizado como rotas para o comércio, migração e intercâmbio entre civilizações costeiras.

Figura 1: Conexões essenciais do oceano

Fonte: Autoria própria.

As rotas marítimas foram utilizadas para orientar as embarcações pelo oceano, também serviram como canais para a disseminação de conhecimentos, possibilitando a troca de saberes científicos, tecnológicos e culturais entre diferentes partes do mundo. Além disso,

o oceano desempenhou um papel fundamental na cultura popular, servindo de inspiração para mitos e práticas religiosas, além de influenciar várias expressões artísticas e literárias. Manifestações culturais como músicas, celebrações tradicionais e rituais evidenciaram a ligação entre as sociedades e o oceano

O papel do oceano dentro da perspectiva da Cultura Oceânica exige o reconhecimento de sua influência sobre a geografia, história, economia e o modo de vida das comunidades. Para o professor da Educação Básica, essa temática é uma ferramenta poderosa para a conexão interdisciplinar. Ela permite mostrar aos estudantes que o oceano não é um corpo d'água distante, mas sim um agente ativo, que faz parte de nossa história e cujas dinâmicas complexas continuam a moldar o mundo em que vivemos. Desta maneira, o objetivo deste capítulo é compreender a relação entre mercantilismo, rotas marítimas, produção, circulação e consumo de mercadorias com a cultura oceânica.

2. Mercantilismo e o Nascimento da Economia Marítima

Entre os séculos XV e XVIII a Europa passou por mudança econômica e política, caracterizando a transição do feudalismo para o capitalismo: o surgimento do Mercantilismo. Esse sistema serviu como alicerce para o fortalecimento das monarquias absolutistas e para a expansão marítima. Seu principal objetivo era acumular riquezas, especialmente metais preciosos, para assegurar o poder dos Estados Nacionais. Para atingir esse objetivo, seus princípios fundamentais foram:

- Metalismo: a riqueza de um país era avaliada pela quantidade de ouro e prata que possuía;
- Balança comercial favorável: exportava-se mais do que se importava;
- Colonialismo: as colônias deveriam fornecer matérias-primas e consumir os produtos da metrópole;
- Intervenção estatal: o Estado controlava o comércio e incentivava a navegação.

O oceano foi o principal cenário das mudanças econômicas e territoriais. As Grandes Navegações impulsionadas por nações como Portugal e Espanha deram origem a novas rotas comerciais e a uma economia global interligada pelo oceano. Esse período demonstrou como a sociedade desenvolveu uma relação de dependência, resultando na exploração do oceano que era visto como um meio de transporte para metais, especiarias, tecidos e pessoas livres e escravizadas entre os continentes. Essa visão contrasta com a ideia de Cultura Oceânica que busca a gestão sustentável do oceano.

A Cultura Oceânica é caracterizada pela compreensão e divulgação do impacto que o oceano tem sobre a sociedade e do efeito das ações humanas no oceano. Esse conceito visa fomentar a consciência crítica sobre a dependência entre a sociedade e o oceano, incentivando comportamentos sustentáveis. Sob essa ótica, o oceano não é apenas visto como um meio de transporte e exploração econômica, mas também como um sistema vital. Assim, ao pensar o mercantilismo pela perspectiva da Cultura Oceânica podemos substituir a antiga lógica de exploração por uma nova ética de conhecimento,

sustentabilidade e conservação do oceano.

Para os professores da Educação Básica, essa abordagem representa uma oportunidade de ressignificar o ensino da História e da Geografia, articulando o passado mercantilista com os desafios atuais de sustentabilidade e conservação do oceano. Ao trabalhar a Cultura Oceânica em sala de aula, o professor pode estimular a reflexão crítica dos estudantes sobre a dependência entre sociedade e oceano, mostrando que as rotas marítimas que um dia impulsionaram a expansão econômica agora exigem responsabilidade ambiental. Assim, o ensino do mercantilismo deixa de ser apenas uma narrativa histórica e passa a ser uma ferramenta para desenvolver consciência sobre práticas sustentáveis.

3. Produção, circulação e consumo de mercadorias

Produção e consumo globais foram revolucionados pelo comércio marítimo que transformou as colônias americanas em grandes produtoras de commodities agrícolas e minerais, incluindo açúcar, tabaco, algodão e metais preciosos (Moore, 2023). O Brasil Colônia foi incorporado rapidamente a essa economia de extração e exportação. Várias áreas da colônia se tornaram pontos importantes para o escoamento de riquezas e para o fluxo de mão de obra escravizada. Isso teve um impacto significativo no perfil demográfico e econômico do país desde seus primórdios.

O funcionamento desse sistema era marcado pela violência da colonização e da escravidão, sendo o oceano a rota principal dessa opressão. Manufaturados eram enviados da Europa, enquanto da África eram trazidos milhões de homens e mulheres escravizados. Nas Américas, a produção resultante do trabalho forçado era enviada de volta à Europa. Essa circulação evidenciou como as dinâmicas oceânicas influenciaram as estruturas socioeconômicas do mundo contemporâneo, deixando no Brasil um legado de desigualdade e injustiça social que persistiu até os dias atuais.

Essa herança histórica nos conecta à dinâmica global de produção, circulação e consumo que ainda está relacionada ao oceano. Atualmente, o oceano atua como a principal via logística do mundo movendo o comércio global. No Brasil, essa situação se apresenta de maneira significativa ao longo do litoral e os vários complexos portuários (como por exemplo Vitória, Santos, Paranaguá, Rio Grande e os portos do Nordeste) que são essenciais para o transporte de commodities brasileiras, como minério de ferro, soja e petróleo. Essa infraestrutura portuária conecta o país às cadeias globais de suprimentos e à geopolítica do comércio marítimo.

Para o professor da Educação Básica integrar esses dois momentos: a circulação e o transporte global atual no contexto do Brasil, permite que os estudantes compreendam que o oceano é um agente transformador e integrador, mas também palco de conflitos. Ao explorar a dependência entre hábitos de consumo e a vida marinha o educador utiliza a Cultura Oceânica como ferramenta poderosa para abordar a geopolítica, questões de justiça social herdadas do passado e os desafios contemporâneos como o impacto ambiental da poluição por plásticos e de atividades portuária e a sustentabilidade da economia.

4. Heranças e impactos do mercantilismo

O modelo mercantilista deixou marcas na relação da humanidade com o oceano. Ele contribuiu para o surgimento do capitalismo comercial, transformando o oceano em vias de circulação global uma herança que ainda hoje, o comércio mundial é realizado por transporte marítimo. A intensa exploração resultado da acumulação de riqueza e da visão do oceano como um recurso a ser dominado, trouxe impactos como escravidão, exploração de povos indígenas, desigualdades econômicas entre nações e degradação ambiental que começou com a exploração desenfreada dos recursos marinhos. A compreensão dessa herança histórica auxilia os estudantes a entenderem como se desenvolveu a relação entre os seres humanos e o oceano e como poderia ser modificada por meio da Cultura Oceânica.

A Economia Azul surge como uma resposta contemporânea aos impactos deixados pelo modelo mercantilista e pela exploração do oceano (Figura 2). Diferente da lógica de extração e acumulação, a Economia Azul propõe integração do desenvolvimento econômico, justiça social e conservação ambiental reconhecendo o oceano como um sistema vivo e interdependente. Ao valorizar o conhecimento tradicional das comunidades costeiras, a Economia Azul amplia a compreensão de que o oceano não é apenas fonte de riqueza material, mas também de equilíbrio climático, segurança alimentar e diversidade cultural. Assim, a Economia Azul apresenta como alternativa para transformar a herança exploratória em modelo sustentável, no qual o bem-estar humano está ligado à saúde do oceano.

Figura 2: Mercantilismo, a Herança da Exploração.

Fonte: Autoria própria, 2025

A mentalidade mercantilista de acumulação e exploração ilimitada de recursos foi a base da nossa cultura de consumo. A busca por maximizar lucros e o estímulo ao consumo criaram um ciclo de produção - descarte que resultou na crise moderna da poluição por plásticos e no lixo marinho. O educador pode usar essa conexão para ligar os hábitos de consumo individual dos estudantes aos impactos no oceano. Dessa forma, a análise do Mercantilismo se torna um ponto de partida para debater a Cultura Oceânica e para incentivar uma sociedade que reconheça a ligação entre a saúde do oceano e o bem-estar da humanidade transformando-o em um tema integrador para a formação básica.

Assim, entender o mercantilismo e as rotas marítimas é mais do que revisitar o passado, é reconhecer o oceano como protagonista da história humana. Também é compreender que a sua exploração econômica moldou tanto o desenvolvimento das nações quanto as desigualdades globais. Ao ensinar Cultura Oceânica, o professor desperta nos estudantes a consciência de que somos todos dependentes do oceano, e que seu equilíbrio é essencial para o planeta. O oceano que impulsionou o comércio no passado é o mesmo que hoje sustenta o clima, economia e a vida.

Saiba Mais

- A busca por especiarias como pimenta, cravo, canela e noz-moscada foi uma das principais motivações das viagens marítimas no século XV. Esses produtos, vindos da Ásia, valiam tanto quanto ouro na Europa, pois eram usados para conservar alimentos e produzir medicamentos e perfumes.

- As correntes oceânicas e os ventos alísios eram tão importantes para a navegação que os navegadores aprendiam a “ler o mar”. Conhecer as marés e as direções dos ventos determinava o sucesso ou o fracasso de uma expedição.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:
(EF07HI02); (EF07HI06); (EF07HI02);

Etapa 1

O professor deve promover uma breve roda de conversa com as perguntas:

- Que imagens vêm à mente quando você pensa no oceano?
- De que forma o oceano influencia a sua vida, mesmo que você não more perto do mar?
- O que é Cultura Oceânica?

Etapa 2

Divida a turma em grupos e distribua mapas-múndi impressos (ou utilize o Google Maps / mapa projetado).

Cada grupo deve:

- Identificar e desenhar as principais rotas marítimas do período mercantilista.
- Marcar os produtos comercializados.
- Adicionar ícones ou cores para representar pessoas, produtos e ideias que circularam.

Etapa 3

Os mesmos grupos devem fazer uma comparação entre:

- Rotas do passado (Mercantilismo) e rotas do presente (comércio global marítimo).
- Exploração e escravidão no passado versus impactos ambientais e desigualdades no presente.

Cada grupo deve escolher um produto atual (por exemplo: celular, roupa, peixe, brinquedo) e fazer uma pesquisa rapidamente sobre:

- De onde ele vem e como chega ao Brasil?
- Quais impactos sua produção e transporte podem geram no oceano?

Etapa 4

Promova um debate orientado com as seguintes perguntas:

- O que mudou na forma como a humanidade se relaciona com o oceano?
- Ainda existe uma “mentalidade mercantilista” hoje?
- Como poderíamos praticar uma “Economia Azul”?

Finalize com a construção de um mural com o título: “O Oceano é parte de nós: compromisso para o futuro”. Os alunos devem escrever frases curtas de compromisso, por exemplo: “prometo reduzir o uso de plástico” e “respeito o oceano como fonte de vida”

Recursos complementares sugeridos

UNESCO – Cultura Oceânica (Ocean Literacy for All): recurso sobre os sete princípios da Cultura Oceânica, com materiais multilíngues. Disponível em: https://oceanliteracy.unesco.org.

Referências bibliográficas sugeridas

BEIRÃO, A. P.; MARQUES, M.; RUSCHEL, R.R. O valor do mar: uma visão integrada dos recursos do oceano do Brasil. Essential Idea Editora, 2020. 126p.

COSTA, I. T.; OLIVEIRA, R. G.; ZAPPES, C. A. Economia Azul E Áreas Atrativas No Turismo de Sol e Praia no Sudeste do Brasil. Almanaque Multidisciplinar De Pesquisa, v. 13, p. 214, 2025.

D'ALEXANDRE, R. G. História moderna. Editora Senac São Paulo, 2024. 139p.

CHIAPPIN, J. R. N.; LEISTER, C. Contratualismo, Utilitarismo e o Modelo do Estado Mercantilista vs Patrimonialismo e Patriarcalismo: sobre o Desenvolvimento da Inglaterra e dos Estados Unidos e o Atraso do Brasil no Século XIX. Revista de Desenvolvimento e Políticas Públicas, 1(2), 117-142, 2017.

MICHELAN, K. B. A Expansão Marítima Portuguesa e a Tomada de Ceuta (1415): Uma Narrativa Acerca da Construção de Marcos Históricos. Editora Appris, 2020. 317p.

MOORE, J. O açúcar e a expansão da economia-mundo na era moderna: fronteiras da mercadoria, transformação ecológica e industrialização. História das mercadorias: trabalho, meio ambiente e capitalismo mundial (séculos XVI-XIX). São Leopoldo: Casa Leiria, p. 41-77, 2023.

RAMOS A. O (s) Oceano (s) e as suas Margens. Instituto de Inovação Educacional, v.5, 2001. 123p.

SANTORO, F.; SANTIN, S.; SCOWCROFT, G.; FAUVILLE, G.; TUDDENHAM, P.; Comissão Internacional de Oceanografia. Cultura Oceânica para todos: kit pedagógico. UNESCO Publishing, 2020. 136p.

Capítulo 51 - Navegação Marinha e Cultura Oceânica

Juliana Silva Abreu[1]

[1] Grupo Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental

1. Oceano como Caminho e Conexão entre Povos

As rotas marítimas sempre tiveram um papel essencial na história das civilizações. Foi por meio delas que os povos conseguiram se deslocar e estabelecerem em novos lugares dando origem a grandes sociedades ao longo da costa. No começo, navegar era algo simples, feito apenas observando as estrelas e as correntes marítimas, mas logo o oceano se tornou uma verdadeira via de troca de culturas, conhecimentos e mercadorias. Navios, ideias, técnicas e culturas circulavam de um lugar a outro, e ao mesmo tempo, surgiram ferramentas cada vez mais precisas para orientar a navegação, como a bússola, astrolábio e o sextante. Esses instrumentos mostraram como o estudo das estrelas e da matemática se uniu ao saber popular, permitindo a exploração do mundo ao nosso redor.

A exploração do oceano gerou problemas globais que exigiram ações e mudanças imediatas. Diante desse contexto, destaca-se a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Entre eles, o ODS 14 (Vida na Água) que tem como meta a conservação e o uso sustentável do oceano, mares e recursos marinhos. A saúde do oceano, por sua vez, está ligada à segurança alimentar, ao equilíbrio climático e à manutenção da biodiversidade. Nesse sentido, a Cultura Oceânica surge como um movimento educacional essencial ao promover a compreensão do impacto do oceano em nossa vida e do nosso impacto sobre ele, estimulando uma relação de responsabilidade.

A importância da Cultura Oceânica está em sua habilidade de funcionar como uma perspectiva interdisciplinar na educação. Ao incorporar o tema à Educação Básica, o docente proporciona uma perspectiva de mundo mais complexa e interconectada. A análise da navegação e do oceano pode ser abordada em diversas disciplinas, como Geografia, com a interpretação de cartas náuticas e estudo de correntes; e a História, investigando rotas comerciais e consequências das Grandes Navegações. Ao explorar a Cultura Oceânica por meio da navegação marinha é mais do que ensinar sobre o oceano é ensinar com o oceano. Desta maneira, este capítulo tem como objetivo compreender a navegação marinha a partir da bússola, astrolábio, sextante e outros recursos de orientação e cartografia, evidenciando sua importância histórica e educativa.

2. Arte de Navegar: Origens e Evolução

As primeiras rotas marítimas que conectaram diferentes regiões do mundo foram abertas por navegadores antigos que confiavam na observação da natureza. Povos como os Fenícios e os Gregos dominaram o Mediterrâneo, movendo-se principalmente

pela navegação de cabotagem, ou seja, próximas à costa, mas também se aventuraram em travessias mais longas guiados pelo conhecimento dos ventos e das correntes. No Oriente, Chineses desenvolveram técnicas avançadas de navegação astronômica e inventaram tecnologias como a bússola magnética muito antes dos europeus. Nessa época, navegar era uma verdadeira arte que combinava experiência prática com saberes transmitidos de geração em geração revelando uma conexão entre homem e natureza.

A partir do século XV, a Expansão Marítima Europeia trouxe uma verdadeira revolução na forma de navegar, agora com uso de instrumentos. A busca por novas rotas para o Oriente e o Novo Mundo (continente americano) estimulou o desenvolvimento e o aprimoramento de ferramentas essenciais. Instrumentos como a bússola reduzia o risco em alto mar, o astrolábio e o sextante permitiram aos navegadores calcular a latitude com precisão sem depender apenas da proximidade da costa. Esse período marcou a fusão do saber local com o conhecimento científico, transformando a navegação de uma prática empírica para uma prática mais técnica.

Apesar dos avanços tecnológicos a observação da natureza permaneceu crucial. Mesmo com a posse de bússolas e astrolábios, o sucesso das grandes viagens dependia do domínio dos elementos naturais. O conhecimento dos regimes de vento (como os alísios) ditava as rotas mais eficientes e seguras. As correntes marítimas eram aliadas ou obstáculos que precisaram ser mapeados e compreendidos. Além disso, a navegação dependia da precisão na identificação e na medição da altura das estrelas e do sol. Os instrumentos científicos apenas registravam e mediam o que os primeiros navegadores já faziam por instinto.

Portanto, a história da navegação foi a trajetória da humanidade evoluindo do instinto para o cálculo. A grande mudança ocorreu quando a leitura empírica da natureza se uniu à capacidade de quantificação dos instrumentos. A transição do "navegar por instinto" para o "navegar por instrumentos" não foi uma substituição, mas sim uma complementação. A tecnologia de medição ampliou a confiança e a capacidade de realizar travessias cada vez mais longas e seguras. Essa evolução garantiu o sucesso de expedições globais e estabeleceu as bases da oceanografia e da cartografia.

3. Instrumentos de Navegação: Da Observação ao Cálculo

Um dos instrumentos mais importantes da história da navegação foi a bússola. Sua origem remonta à antiga China, quando se percebeu que a magnetita um minério de ferro natural sempre apontava para o norte. O princípio de funcionamento da bússola baseava-se no magnetismo da Terra, sua agulha imantada se alinhava ao campo magnético terrestre, indicando o norte magnético. Simples, mas revolucionária, a bússola permitiu que navegadores mantivessem o rumo mesmo em condições difíceis, como à noite ou em dias nublados, quando não podiam contar com as estrelas ou com o sol para se orientar.

O astrolábio (figura 1), por sua vez, representou uma das maiores invenções da astronomia e da navegação. O instrumento que foi usado pelos gregos e aprimorado pelos árabes durante a Idade Média, permitia medir a altura dos astros em relação ao horizonte, auxiliando os navegadores na determinação da latitude em alto-mar. Os navegadores podiam determinar sua localização na Terra observando uma estrela ou o sol.

O sextante (Figura 2) surgiu no século XVIII como um avanço tecnológico em relação ao astrolábio. Mais preciso e prático, ele utilizava espelhos e escalas graduadas para medir o ângulo entre o horizonte e um astro. Dessa forma, era possível determinar a latitude e a longitude com maior exatidão. O sextante foi fundamental para as grandes expedições marítimas e científicas, garantindo maior segurança e confiabilidade nas rotas oceânicas.

Além desses instrumentos havia outros igualmente importantes para o sucesso das viagens marítimas. A ampulheta ajudava a medir o tempo e estimar a velocidade da embarcação; a balestilha era usada para medir a altura dos astros antes do sextante; o compasso auxiliava no traçado das rotas sobre as cartas náuticas; e o quadrante servia para calcular ângulos e distâncias. Esses instrumentos mostram a busca dos navegadores por precisão e pelo registro de observações em uma época em que a navegação dependia do conhecimento empírico e da observação direta da natureza.

Figura 1: Bússola.

Fonte: Banco de Imagens do CANVA.

Figura 2: Sextante.

Fonte: Banco de Imagens do CANVA.

4. Cartografia e a Leitura do Mundo

A Cartografia é a ciência e técnica voltada para representar a superfície da Terra por meio de mapas, com o objetivo de transmitir informações espaciais de maneira visual. A passagem dos antigos mapas marítimos baseados em relatos orais e observações da costa para as projeções matemáticas da era moderna mostra o avanço dos instrumentos de navegação. Enquanto os mapas antigos costumavam incluir figuras simbólicas, a cartografia moderna priorizou a precisão. Assim, o mapa deixou de ser apenas uma representação artística do mundo e se transformou em uma ferramenta científica fundamental para o desenvolvimento das atividades comerciais e militares.

Os mapas foram mais do que meras representações geográficas, foram representações culturais e políticas do mundo. Todo mapa representava uma escolha, um instrumento que refletia a visão de quem o produziu. Na época das Grandes Navegações, por exemplo, a centralidade da Europa em muitas projeções (como a de Mercator) não foi apenas uma questão de conveniência matemática, mas sim uma afirmação do poder político e econômico europeu sobre as rotas e os territórios descobertos.

A compreensão da evolução dos instrumentos de navegação permite refletir sobre o papel do oceano como espaço de conhecimento, conexão e transformação cultural. Inserir essa perspectiva na Educação Básica, por meio da Cultura Oceânica, é essencial para que os estudantes reconheçam o oceano não apenas como um cenário histórico, mas como um elemento vivo que molda sociedades, saberes e identidades. Ao relacionar o tempo desde as antigas técnicas de observação até as tecnologias modernas contribui para compreender a evolução do saber e de sua influência no oceano. Dessa forma, o ensino da navegação e da cartografia transcende a dimensão técnica, configurando-se como uma oportunidade de promover a valorização dos saberes locais.

Saiba Mais

As bússolas são protegidas por tampas de vidro para impedir a interferência de outros metais. E os objetos metálicos e circuitos elétricos podem interferir no seu funcionamento.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF07HI02); (EF07HI06); (EF07HI02);

Etapa 1

Em pequenos grupos, os alunos devem construir uma bússola artesanal com uma agulha imantada (esfregando-a em um ímã), apoiada em um pedaço de cortiça flutuando sobre um recipiente com água. Eles observarão como a agulha se alinha ao norte e discutirão o princípio do magnetismo terrestre.

Montagem da bússola simples usando os seguintes materiais: uma agulha imantada, um pedacinho de cortiça e um recipiente com água. Essa experiência prática ajuda a compreender de forma concreta como o magnetismo terrestre orienta a agulha e permite a navegação.

Etapa 2

Com o mapa em mãos, cada grupo deve escolher uma antiga rota marítima (por exemplo, da Europa à Ásia, ou das civilizações do Mediterrâneo) e desenhar o trajeto no mapa, indicando os principais portos e rotas de comércio. O professor pode propor a inclusão de setas que representam ventos e correntes marinhas.

Em sala de aula, o professor pode propor uma simulação digital do uso do sextante, utilizando plataformas online como Celestia ou Stellarium. Assim, os alunos poderão experimentar como a observação do céu ajudava os navegadores antigos se orientar pelos astros

Recursos complementares sugeridos

A Grande História dos Mapa: aborda a evolução da cartografia, mostrando como os mapas foram muito mais que meras representações geográficas, foram instrumentos de conhecimento, poder e exploração. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=O56WqE6G7D0&t=2s.

Referências bibliográficas sugeridas

BASTOS FILHO, J. A.; BUKZEM, S. C. Navegação Celestial em Tempos de Tecnologia GPS: Celestial Navigation in Times of GPS Technology. Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas, v. 3, n. 3, p. 204-237, 2023.

CANAS, A. C.; MARABUJO, M. R.; SOUSA, T. O Sextante do Horizonte Artificial de Gago Coutinho: A Génese Marítima da Navegação Aérea. Navegador, v. 15, n° 30, pág. 141-147, 2019.

CAMPOS, A. C. Cartografia: ciência, arte ou técnica? Definições e campos de atuação. Sergipe: s.d. Disponível em < https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalago/11190204042012Cartografia_Basica_Aula_3.pdf> Acesso em: 09 novembro. 2025.

DÉCADA DA CIÊNCIA OCEÂNICA BRASIL. 2020. Disponível em: <http://decada.ciencianomar.mctic.gov.br/> Acesso em: 28 de Outubro 2025.

DE SOUZA, M. M.; DE ALMEIDA, G. L. O uso de mapas para o ensino de História Antiga. Educação Contemporânea-Volume 27 Prática Docente-Inclusão, 2021.

FALCÃO, M. M. Um olhar sobre o mundo em rota de circum-navegação: baseado na primeira viagem de volta ao mundo da marinha de guerra portuguesa. Mário Brito Publicaçoes, 2021.

PAES, E. R. O despertar do período moderno: uma síntese analítica e histórica das tecnologias implementadas nas Caravelas: bússola, astrolábio, leme e terceiro mastro. Faces da História, v. 10, n. 2, p. 151-168, 2023.

RANK, M. Além das fronteiras do mapa: 11 Exploradores que expandiram os Limites do Mundo Conhecido. Babelcube Inc., 2015.

CAPÍTULO 52 - Manifestações Culturais Populares e Tradicionais da costa

Pilsen Ca'lía da Costa Peterle[1]

[1] Grupo Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental

As festas, danças e ofícios do litoral são janelas para compreender como as comunidades costeiras produzem sentidos, afetos e conhecimentos sobre o mar. Ao observar essas manifestações emergem narrativas que articulam memória, espiritualidade e modos de vida construídos em diálogo com o oceano. Este capítulo propõe explorar essas expressões como práticas educativas e como fontes de leitura territorial, reconhecendo nelas um conjunto de saberes que ensinam a perceber o mar não apenas como paisagem ou recurso natural, mas como espaço de convivência, ancestralidade e resistência cultural. A partir dessa abordagem, busca-se refletir sobre o papel dessas manifestações na formação de uma cultura oceânica sensível às relações entre humanidade e mar, entre tradição e futuro.

Introdução

As manifestações culturais populares constituem um conjunto dinâmico de expressões sociais, artísticas e simbólicas que emergem de comunidades, grupos e coletivos e se articulam tanto a processos históricos quanto a identidades locais, regionais e nacionais. Elas envolvem danças, músicas, festas, ofícios, formas de saber e práticas materiais, como artesanato, culinária, rituais, que se sucedem, transformam-se e se reinventam em interação com o tempo, o espaço e os sujeitos. Estudos recentes assinalam que "culturas populares" ultrapassam a simples categoria de "folclore" tradicional, passando a abarcar uma pluralidade de linguagens culturais e modos de vida que resistem, adaptam-se e contestam hegemonias simbólicas.

Tecnicamente, as manifestações culturais populares se estruturam em três dimensões interligadas: (1) simbólica, no sentido de que mobilizam símbolos, mitos, crenças, identidades e narrativas coletivas; (2) performativa, dado que supõem corporeidade, temporalidade, rito, repetição e metamorfose (dança, cortejo, música, festa); e (3) material, pois envolvem espaços (praia, comunidade, barco, barracão de festa), objetos (instrumentos, vestuário, alimentos, artefatos) e procedimentos tradicionais (ofícios, navegação, pesca, oferendas). Essa tríade (símbolo, performance, matéria) permite entender as manifestações como processos vivos de produção cultural, e não apenas como espetáculo ou "produto turístico". Conforme a pesquisadora Rita Amaral, por exemplo, "a festa é (...) mediação entre os anseios individuais e coletivos, mito e história, fantasia e realidade, o passado, presente e futuro, entre "nós" e os "outros", revelando e exaltando as contradições impostas à vida humana pela dicotomia natureza e cultura (...) o diálogo da cultura com si mesma".

Figura 1: Procissão Marítima da Festa de São Pedro em Bertioga, São Paulo (2015).

Fonte: Dirceu Mathias.

Manifestando-se no litoral

Quando direcionamos o olhar para o litoral, percebemos que as manifestações culturais populares e tradicionais assumem contornos singulares, pois se articulam com elementos próprios do espaço marinho, das comunidades pesqueiras, dos territórios costeiros e das relações de pertencimento com o oceano, as praias, os mangues, os barcos e as marés. O litoral não é apenas cenário dessas expressões, mas agente ativo que inspira, acolhe e molda modos de viver, festejar e significar o mundo.

Sob este prisma, as manifestações culturais do litoral articulam os três eixos que definem as manifestações populares. No eixo simbólico, o litoral configura-se como matriz de metáforas (mar como mãe, como caminho, como fonte, ou como desafio), de identidades (pescador, caiçara, ribeirinho, marisqueira) e de memórias comunitárias (migrações, trocas, processos coloniais e pós-coloniais). No eixo performativo, as festas, os cortejos, as danças, os cânticos, as romarias à beira-mar, as procissões que se lançam ao mar ou sobem em barcos, geram temporalidades próprias (como a festa de Iemanjá, as marujadas, as congadas ou os encontros de jangadas) e mobilizam corpos que se relacionam com o mar, a areia, o vento e a embarcação. No eixo material, a cultura costeira impõe modos de ser e estar: o uso de redes, motor-popa ou vela, barcos, mariscos, instrumentos de percussão, vestuário ligado à maritimidade, espaços de festa à beira da praia, tudo isso evidencia que tais manifestações não são “fora” do meio marinho, mas imbricadas nele.

Ao mesmo tempo, essas práticas se constituem como formas de resistência de povos e comunidades tradicionais do litoral. Festas, romarias e saberes costeiros reafirmam pertencimentos e memórias diante das transformações impostas pela modernidade, urbanização e pelas políticas econômicas. Nessa perspectiva, as manifestações culturais populares exemplificam a potência dessas expressões como guardiãs de identidades, modos de trabalho e vínculos com o mar.

As festividades e expressões do litoral: memória, corpo e território

Grande parte dessas manifestações nasce da confluência entre matrizes culturais africanas, indígenas e europeias, que, ao longo de séculos, se misturaram e recriaram novas linguagens simbólicas, sonoras e corporais. Essa fusão se manifesta, por exemplo, nas Festas de São Pedro Pescador, celebradas em inúmeras comunidades litorâneas do país, do Pará a Santa Catarina.

A festa é uma liturgia das marés, onde o catolicismo popular se entrelaça às devoções ancestrais africanas e indígenas, criando uma teologia das águas que escapa às ortodoxias. Sob o manto de São Pedro (o pescador e guardião das chaves do céu), reverenciam-se também outras entidades do mar, que coexistem num mesmo horizonte devocional. Essa coexistência evidencia a complexidade do catolicismo vivido nas comunidades pesqueiras: um catolicismo híbrido, marítimo e mestiço, que não separa o sagrado do trabalho, nem o corpo da espiritualidade.

Mais do que uma festa, São Pedro é uma pedagogia simbólica do mar. Os barcos, organizados em cortejo, formam um arquipélago em movimento, reafirmando os laços entre os pescadores, as famílias e as águas que sustentam suas vidas. Os cânticos, as ladainhas e o repicar dos sinos entrelaçam-se ao som dos motores e das ondas, compondo uma polifonia costeira em que o humano e o oceânico respiram no mesmo compasso.

No Espírito Santo, por exemplo, a celebração de São Pedro mobiliza comunidades inteiras, integrando procissões marítimas, bênçãos aos barcos, festas populares e apresentações musicais. É um tempo de pausa e de celebração após as longas jornadas de pesca, sendo uma forma de agradecer e pedir fartura, mas também de reafirmar a memória coletiva e os modos de vida que resistem na contemporaneidade. Assim, cada festa é também um ato político e existencial de resistência, um modo de dizer que o mar continua sendo território de fé, cultura e ancestralidade.

A Festa de São Pedro, portanto, condensa as múltiplas temporalidades do litoral brasileiro: o tempo do trabalho e o do descanso, o do rito e o da festa, o da devoção e o da partilha. Nela, a fé se faz navegante, atravessando fronteiras religiosas, conduzindo os barcos e os corpos num mesmo gesto de comunhão com as águas. Outro exemplo emblemático é a festa dedicada à Iemanjá (em ioruba: Yemọjá), realizada em diferentes regiões litorâneas, de Salvador a Fortaleza, do Rio de Janeiro a Vitória. Iemanjá, cujo nome deriva da expressão iorubá Yeyé omo ejá (“mãe cujos filhos são peixes”), é uma orixá (em iorubá: Òrìṣà) associada originalmente aos rios e desembocaduras no panteão iorubá, e que, no Brasil, passou a ser reverenciada como “Rainha do Mar”, guardiã das águas salgadas, mãe de marinheiros, pescadores e comunidades costeiras.

A celebração em sua honra não se reduz a um ritual simbólico de oferendas: ela constitui uma expressão religiosa profunda, carregada de ancestralidade, cosmologia e memória coletiva. Nas comunidades, o mar não é apenas o espaço onde se depositam flores e presentes: ele se torna altar, via de diálogo entre o humano e o não-humano,

palco da intervenção espiritual. Em Salvador, por exemplo, os festejos no bairro do Rio Vermelho, que remontam aos anos 1920, surgiram a partir da promessa de pescadores diante de escassez de peixes, como gesto de compromisso com a orixá e de confiança na fertilidade das águas.

Nos ritos, objetos como flores, perfumes, espelhos, comidas e bebidas são colocados em barquinhos ou balaios e lançados ao mar. A materialidade desses gestos (a cor azul-clara que remete aos mares, as roupas brancas usadas pelos devotos, o número sete de ondas que se pula, os cânticos e tambores que invocam axé) reforça a dimensão ritual, de comunhão e de pertença. Mais do que atos individuais, esses gestos são coletivos: os pescadores, as baianas, os terreiros de candomblé e os simpatizantes se convertem em uma comunidade de festa, de fé e de resistência cultural.

É importante também destacar o sincretismo religioso que envolve a festa de Iemanjá: no contexto brasileiro, suas associações com santos católicos, como Nossa Senhora dos Navegantes, e sua incorporação em práticas de umbanda e candomblé conferem à festividade múltiplas camadas de significado: político, cultural e espiritual. A festa é, portanto, ao mesmo tempo celebração, afirmação de identidade afro-brasileira, resistência contra o racismo religioso e afirmação da presença dos povos tradicionais das águas.

No plano da cultura oceânica, essa festividade permite compreender como o oceano ou o mar não são apenas espaços fisicamente delimitados, mas territórios simbólicos e afetivos. A festa de Iemanjá exige o reconhecimento de que o mar tem agência, história e relação com o humano; que as águas são guardiãs, que os pescadores não são meros trabalhadores do mar, mas interlocutores. Inserida no currículo escolar, essa festividade pode servir como porta de entrada para discutir: a origem dos saberes de matriz africana, a trajetória da diáspora, a importância da preservação ambiental costeira, a justiça socioambiental e a interdependência entre comunidades humanas e o oceano.

Essa dimensão ritual evidencia como a espiritualidade e o corpo coletivo são indissociáveis nas manifestações culturais do litoral. Podemos pensar em outras manifestações, como Baile de Congo e o Ticumbi, que, quando vistos no contexto capixaba, não são meramente espetáculos folclóricos: são práticas socioculturais e religiosas que articulam memória, ancestralidade e organização comunitária.

As bandas de Congo, presentes em diversas localidades do Espírito Santo, reúnem cantos, tambores, danças e coreografias que celebram santos católicos, como São Benedito e Nossa Senhora da Penha, em ritos profundamente enraizados na experiência afrodiaspórica. Esses grupos mantêm repertórios e hierarquias internas (reis, rainhas, mestres, embaixadas e comparsas) que funcionam como veículos de transmissão intergeracional. Por meio do corpo, da voz e do gesto, passam-se narrativas de trabalho, escravização, resistência e reconfiguração de territórios comunitários.

A história do Congo capixaba ajuda a compreender por que essas festas são, simultaneamente, expressões religiosas, sociais e formas de saber sobre o mar. O Congo nasce historicamente como manifestação afro-indígena forjada nas margens dos rios e nas comunidades pesqueiras do Espírito Santo, durante o período colonial, quando povos africanos e indígenas encontraram modos de resistir culturalmente à repressão da sociedade escravista. Nesse processo, elementos do catolicismo foram incorporados e ressignificados como uma estratégia de continuidade dos repertórios de fé e sociabilidade, dando origem às bandas de Congo tal como hoje as conhecemos. Essa identidade cultural foi moldada nas margens das águas: entre portos, enseadas e canais onde trabalho, devoção e memória se entrelaçam.

Uma das narrativas fundadoras do Congo capixaba evoca o naufrágio do navio Palermo, episódio segundo o qual pessoas escravizadas teriam sobrevivido agarrando-se a um mastro que chegou à praia. Esse gesto simbólico inspirou o rito da cortada, puxada, levantada e fincada do mastro, consolidando-se como uma sequência cerimonial que sintetiza devoção, memória da travessia e afirmação territorial. A madeira retirada da mata, ornamentada e erguida à beira-mar torna-se símbolo da união entre terra, água e ancestralidade, representando tanto a salvação quanto o pertencimento. É um gesto que ritualiza a história da diáspora e reatualiza, a cada festa, o elo entre corpo, comunidade e oceano.

Assim como o Congo, O Ticumbi, com forte presença em Conceição da Barra e em comunidades quilombolas do norte capixaba, combina teatro popular, sátira social e liturgia festiva. Personagens encenam reis, embaixadas e disputas simbólicas, atualizando memórias de escravização e luta por território, ao mesmo tempo em que instauram uma cena pública de negociação política e estética entre brincantes e plateia. O Ticumbi é também um rito de águas, pois acompanha o calendário da festa de São Benedito, celebrado em comunidades costeiras e ribeirinhas. A presença dos barcos enfeitados, dos cortejos fluviais e da música que ressoa como canto de marinhagem reforça o vínculo entre cultura oceânica e religiosidade popular.

Ainda no maretório capixaba, a Festa do Caboclo Bernardo, celebrada em Regência (Linhares), é outro exemplo em que mito, heroísmo e mar se entrelaçam. A figura do marinheiro Bernardo José dos Santos, lembrado por seus atos de bravura no mar, é transformada em símbolo de resistência e devoção. A festa reúne procissões, encontros de bandas de Congo e encenações que misturam fé, celebração cívica e preservação das memórias de travessia e salvamento. O Caboclo Bernardo encarna o herói das águas, aquele que enfrenta o mar para salvar outros corpos, e, com isso, reforça o elo coletivo entre terra e oceano. Seu mito preserva, na oralidade, o respeito às forças marinhas, incorporando um saber ecológico que integra fé, coragem e pertencimento costeiro.

Para as regiões Norte e Nordeste, manifestações como o Carimbó, a Ciranda e o Maracatu de Baque Virado revelam outras dimensões do litoral, não apenas em termos

geográficos, mas enquanto práticas culturais que materializam ritmos, cosmologias e modos de vida conectados ao mar, às margens, aos manguezais e às praias. O Carimbó, típico das comunidades ribeirinhas e costeiras do Pará, combina percussão, dança em movimento giratório, e letras que falam de águas, barcos, redes e amores entrelaçados ao estuário. Seus passos fluidos, os panos esvoaçantes e o gingado dos corpos evocam o balanço da canoa, o vai-e-vem das marés e a doce urgência da vida ribeirinha.

Já a Ciranda, presença marcante nas praias pernambucanas, situa-se literalmente à beira-mar: em roda coletiva, mãos dadas, os participantes giram ao som de voz e pandeiro. Esta dança ensina pela própria forma a importância da coletividade, ninguém dança isolado, todos participam, partilham e se sustentam mutuamente, e reforça um ethos costeiro de cuidado, vínculo e pertença ao litoral. Por sua vez, o Maracatu de Baque Virado, embora mais amplamente conhecido em contextos urbanos do Nordeste, emergiu de matrizes africanas que transpuseram para o ambiente litoral seu ritmo, sua cor e seu corpo. Sob o som dos alfaias, gonguês, taróis e gongás, os cortejos do Maracatu cruzam ruas litorâneas, ocupam praças junto às praias, e o mar torna-se palco e testemunha da ancestralidade africana, da resistência colonial e da persistência cultural.

Assim como o Maracatu ecoa os tambores da diáspora nas margens do Atlântico, o Fandango Caiçara, comum no litoral sul de São Paulo e no Paraná, ressoa o compasso das marés no sul do país, sendo uma das expressões mais autênticas da vida costeira brasileira. Mais do que uma simples dança, ele constitui um modo de existência profundamente enraizado na relação entre humanos, mar e território. Suas músicas, entoadas ao som da rabeca, da viola e dos tamancos que marcam o chão de madeira, celebram os ciclos naturais (a lua, o vento, as pescarias, as colheitas e as travessias) compondo uma verdadeira cartografia sonora do litoral. O fandango não é apenas entretenimento: é memória viva de uma cosmovisão marítima, em que o tempo se organiza em torno das estações da pesca e do cultivo, e em que o saber ecológico é transmitido por meio de versos, danças e narrativas.

Nas comunidades de Cananéia, Iguape, Paranaguá e Guaraqueçaba, o Fandango acompanha o cotidiano caiçara desde a preparação das embarcações até as festas de santos padroeiros, quando o mar se converte em altar e testemunha. Do ponto de vista da cultura oceânica, o Fandango Caiçara revela como os saberes tradicionais costeiros constituem formas de leitura e gestão do ambiente marinho, muito antes de qualquer institucionalização científica. As letras falam do tempo de lançar e recolher redes, dos presságios de tempestade, dos sinais das correntes e das estrelas, representando os saberes acumulados em gerações que aprenderam com o mar sua linguagem e suas sutilezas. É um patrimônio imaterial que ensina a escutar o oceano não apenas como recurso, mas como parente e mestre, ressoando o que hoje a educação oceânica busca recuperar: uma relação ética, sensível e recíproca com os ecossistemas costeiros.

Essa pedagogia costeira da partilha e do pertencimento também se manifesta em outras práticas, como a Puxada de Rede, uma manifestação cultural que deriva diretamente do ofício da pesca artesanal e transforma o trabalho da pesca em celebração comunitária. Originariamente, pescadores e marisqueiras, em rede coletiva, puxavam a malha e a traziam à praia, celebrando o final da jornada ou a abundância da captura. Com o tempo, essa ação de trabalho transformou-se em festivo-ritual: a comunidade se reúne e a rede, símbolo da cooperação, torna-se palco de sociabilidade, festa e memória. Em muitos locais litorâneos, especialmente onde a pesca artesanal ainda mobiliza famílias e grupos comunitários, a puxada de rede ressignifica o vínculo entre trabalho, mar e cultura.

É importante destacar que, embora o presente texto tenha citado manifestações culturais populares litorâneas, existe uma multiplicidade ainda maior de expressões culturais costeiras que articulam povo, mar e território. As expressões abordadas aqui partilham semelhanças importantes, mas cada uma também apresenta especificidades: a festa de Iemanjá liga religião afro-brasileira e mar, o Congo capixaba articula memória de escravização e diáspora, o Fandango caiçara conecta ofício de pesca e saber tradicional, e o Carimbó alia ritmo ribeirinho e vida estuarina. Reconhecer essa pluralidade reforça que o litoral não é um cenário passivo, mas um espaço vivo de cultura oceânica.

Em conclusão

As manifestações culturais do litoral revelam modos singulares de pensar e habitar o oceano. Em sua diversidade, compartilham princípios estruturantes: a circularidade, que expressa o movimento das marés e a vida em comunidade; a oralidade e a musicalidade, que asseguram a continuidade dos saberes; e o corpo coletivo, entendido como território de expressão, resistência e criação. Por meio desses elementos, comunidades costeiras transformam o mar em espaço de memória, trabalho e espiritualidade, afirmando que o oceano é também cultura, linguagem e modo de existência.

No campo educativo, reconhecer e valorizar essas manifestações é fundamental para fortalecer a cultura oceânica. Ao incorporá-las ao currículo escolar, a escola amplia o diálogo entre arte, história, geografia e ciências, aproximando o conhecimento formal das experiências territoriais e dos saberes tradicionais. Essa abordagem contribui para formar sujeitos capazes de compreender o oceano não apenas como recurso natural, mas como espaço vivo de relações, ética e pertencimento. Assim, as práticas culturais litorâneas tornam-se ferramentas pedagógicas para promover respeito à diversidade, consciência socioambiental e compromisso com a sustentabilidade dos maretórios.

Saiba Mais

Expressões Litorâneas Reconhecidas como Patrimônio

O Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade, estabelecido pela Convenção da UNESCO de 2003, reúne práticas, saberes, celebrações e modos de fazer que possuem valor coletivo e são transmitidos entre gerações. No Brasil, esse reconhecimento dialoga com o sistema de Registro do Patrimônio Imaterial do IPHAN, que identifica, documenta e apoia manifestações consideradas fundamentais para a memória e a identidade dos grupos sociais. No contexto das manifestações culturais populares e tradicionais do litoral, esse reconhecimento é especialmente relevante porque fortalece práticas que expressam modos de relação com o mar, com a pesca, com a religiosidade e com a vida comunitária. Ao serem registradas como patrimônio, essas manifestações contam com ações de salvaguarda que ajudam a garantir sua continuidade, visibilidade e transmissão, aspectos centrais para a educação e para a Cultura Oceânica. Esse reconhecimento também contribui para valorizar grupos e territórios historicamente marginalizados, fortalecendo vínculos de pertencimento e ampliando a compreensão sobre as diversas formas de viver e significar o oceano.

Entre as manifestações litorâneas brasileiras, algumas já possuem reconhecimento formal ou processos em andamento: o Fandango Caiçara é registrado como Patrimônio Cultural Imaterial do Brasil desde 2012; a Ciranda do Nordeste recebeu registro nacional em 2021 e conta com Plano de Salvaguarda próprio; o Congo capixaba possui reconhecimento estadual e está em processo de análise pelo IPHAN para registro nacional, o Ticumbi, do Vale do Cricaré, integra iniciativas de documentação e salvaguarda no Espírito Santo, com debates sobre registro oficial; as Festas de São Pedro Pescador e as procissões marítimas possuem reconhecimento e proteção em diferentes municípios e estados, assim como a Festa de Iemanjá, que integra ações de valorização e salvaguarda em várias regiões do país. Esses processos reforçam a importância de compreender que o patrimônio não é apenas algo a ser preservado, mas um componente vivo da relação entre comunidades e o mar.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- EI03CG02, EI03TS02; EF15AR02, EF03HI03; EF69AR06, EF69AR08; EM13ART101, EM13CHS401
- BNCC: EI03ET03; EF02GE03, EF03AR03; EF06GE04, EF69AR02; EM13CHS502, EM13ART101
- EI03CG02; EF15AR02, EF03HI03; EF69AR08, EF09HI06; EM13CHS401, EM13ART102

Atividade 1: "Máscaras do João Bananeira – Identidade e Mar"
Descrição: Confecção de máscaras inspiradas no personagem João Bananeira (figura presente em folclore e festas populares capixabas). As máscaras podem incorporar elementos do mar para trabalhar identidade, ancestralidade e pertencimento às águas. Finaliza com uma pequena dinâmica de apresentação dos personagens criados.

Educação Infantil: máscaras simples com colagem, texturas e cores.
Fundamental 1: introdução ao personagem e à relação entre cultura popular e natureza.
Fundamental 2: leitura cultural da máscara como símbolo, associando folclore, território e maritimidade.
Ensino Médio e EJAI: discussão sobre memória, performance, cultura afro-brasileira e representações do mar na cultura popular.

Atividade 2: "Mapa Afetivo do Mar"
Descrição: Cada participante cria um mapa afetivo representando rios, praias, experiências, memórias familiares, festas (São Pedro, Iemanjá), práticas tradicionais (puxada de rede, mariscagem) e elementos naturais. Encerramento com partilha dos sentidos atribuídos ao território.
Educação Infantil: desenhos livres com símbolos simples.
Fundamental 1: memórias pessoais, familiares e reconhecimento do entorno.
Fundamental 2: territorialidade, cultura e relações socioambientais.
Ensino Médio e EJAI: vínculos, identidade, conflitos ambientais e pertencimento.

Atividade 3: "Mini-Mastro do Congo"
Descrição: Construção de mini-mastros inspirados no congo capixaba, entendendo o mastro como símbolo de travessia, diáspora, devoção e resistência cultural. Cada grupo personaliza o seu, incorporando cores, fitas e elementos que relacionem cultura, ancestralidade e mar.

Educação Infantil: montagem simples com fitas e cores.
Fundamental 1: reconhecimento da tradição do Congo e dos símbolos de pertencimento.
Fundamental 2: diáspora, maritimidade, religiosidade e memória afro-brasileira.
Ensino Médio e EJAI: leitura crítica da cultura popular como patrimônio e resistência.

Recursos complementares sugeridos

Fandango Caiçara: https://bcr.iphan.gov.br/bens-culturais/fandango-caicara/
Documentário| Mestre Leonildo e o Fandango Caiçara: https://www.youtube.com/watch?v=-tBDiJ2qMrA
Origem do Carimbó e os Mestres | Sou Carimbó: https://www.youtube.com/watch?v=Wc5-UHZovbw
T01 E01: MARACATU | Esse Som é Massa: https://www.youtube.com/watch?v=v_KP7qgrkxo
Cavalo-Marinho: https://www.youtube.com/watch?v=EVOZAf4vucY&list=PLEZJagsaVcbrzbuZeYNk9HpPWMX14D4eT&index=30
Documentário Baque Virado – Maracatu: https://www.youtube.com/watch?v=D3CnrnRuME4
Canto para a Liberdade – a festa do Ticumbi": https://www.youtube.com/watch?v=EZBG0POWyh8
Sonora Brasil 2022/2023 | Ticumbi – Baile de Congo de São Benedito de Conceição da Barra (ES): https://www.youtube.com/watch?v=w8N3fdrOcmM
CONGO - PATRIMÔNIO IMATERIAL DO ESPÍRITO SANTO: https://www.youtube.com/watch?v=Sda_kONtpCY
"Encruzilhada das Águas" A vida de Mãe Beata de Yemanjá: https://www.youtube.com/watch?v=8SGDcxb89GI
Contos de Yemanjá: https://www.youtube.com/watch?v=r4cQP_5kbLA
Entrevista: Lia de Itamaracá, embaixadora da Ciranda: https://www.youtube.com/watch?v=Y3VvB-rfc-0

Referências bibliográficas sugeridas

A CORTE DOS REIS DO CONGO E OS MARACATUS DO RECIFE
AMARAL, Rita de Cassia de Mello et al. Festa à Brasileira-Significados do Festejar no País que\'Não é Sério\'. 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
ANDRADE, Marcelo Henrique et al. O Mito, a Mulher, a Ciranda: Lia de Itamaracá em livro-reportagem. 2018.
BAEZ, Gustavo Cesar Ojeda; SAMPAIO, Dilaine Soares. Territórios “sagrados” da pesca artesanal em João Pessoa: identidades e sacralização de espaços públicos na Festa de São Pedro Pescador. REVER: Revista de Estudos da Religião, v. 19, n. 3, p. 219-234, 2019.
BARBOSA, Jessica Mesquita; PAULA, Davis Pereira. MANIFESTAÇÕES CULTURAIS NO LITORAL: O CASO DA PRAIA DE IRACEMA, EM FORTALEZA-CE. Revista Geografar, v. 16, n. 1, p. 157-181, 2021.
BRAGA, Rubem. Ainda o caboclo Bernardo.
BRAGA, Rubem. O caboclo Bernardo. 1949.

CARNIEL, Fagner; RAPCHAN, Eliane Sebeika; SILVEIRA, Flávio Leonel Abreu da. Oceanizing education: anthropological cartographies of the sea. Revista Brasileira de Educação, v. 30, p. e300052, 2025.
CARNIEL, Fagner; RAPCHAN, Eliane Sebeika; SILVEIRA, Flávio Leonel Abreu da. Oceanizar a educação: cartografias antropológicas do mar. Revista Brasileira de Educação, v. 30, 2025.
CARVALHO, Samanta VC; ROCHA, B. Manifestações culturais. Noções Básicas de Folkcomunicação. Ponta Grossa (PR): UEPG, 2007.
CHIARELLI, Alexandre; GUMBOSKI, Leandro. Os arranjos culturais locais: Fandango Caiçara Paranaense. Revista Mundi Sociais e Humanidades (ISSN: 2525-4774), v. 6, n. 2, 2021.
CRUZ, Mércia Socorro Ribeiro; MENEZES, Juliana Santos; PINTO, Odilon. Festas culturais: tradição, comidas e celebrações. Encontro Baiano de Cultura, v. 1, 2008.
DA SILVA BLASS, Leila Maria. Dois de fevereiro, dia de Iemanjá, dia de festa no mar. Revista do Núcleo de Estudos de Religião e Sociedade (NURES), n. 05, 2007.
DE AGUIAR, Janaina Couvo Teixeira Maia. “No caminho das águas tem presentes no rio, tem festa no mar”: o hibridismo cultural nas festas de Iemanjá e Oxum em Salvador e Aracaju. Diálogos-Revista do Departamento de História e do Programa de Pós-Graduação em História, v. 18, n. 3, p. 1161-1181, 2014.
DE ALBUQUERQUE OLIVEIRA, Lucas et al. Da Festa de São Pedro à Festa do Pescador: Dinâmicas identitárias em uma comunidade ribeirinha de Mato Grosso. ACENO-Revista de Antropologia do Centro-Oeste, v. 4, n. 7, p. 172 a 186-172 a 186, 2017.
DE ALBUQUERQUE SILVA, Larissa; DA SILVA, Sandro José. JONGOS E CULTURA NEGRA NO BRASIL: UM ESTUDO SOBRE RELIGIOSIDADE E POLÍTICA.
DE AMORIM, Lara Santos. O registro de manifestações culturais tradicionais ou uma aventura pelos novos caminhos das políticas públicas brasileiras. Revista Habitus-Revista do Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia, v. 4, n. 1, p. 493-511, 2006.
DE BARROS, Flávia Moraes Lins. Geografia marinha e cultura oceânica: Contribuições da geografia ao ensino sobre oceano e áreas costeiras nas escolas. Paco e Littera, 2024.
DE MORAIS OTELO, Renata Celina; DE SOUZA VIEIRA, Marcílio. A ciranda de todos nós. 2016.
DE QUEIROZ, Mércia Maria Aquino. Folias Divinas em Redes: Patrimônio Imaterial, Gestão Cultural e Economia Criativa na Festa de Iemanjá em Salvador. Pinaúna Editora, 2023.
DE SÁ XAVIER, Maria Aparecida. Homens, deuses e santos no ritual da festa–religiosidade do Ticumbi e a arte de curar como expressões de territorialidades da cultura afro-brasileira na Vila de Itaúnas, ES.
DE SÁ XAVIER, Maria Aparecida. Os festejos devotos do Ticumbi como uma narrativa identitária territorial na paisagem da Vila de Itaúnas, ES/Ticumbi's devout celebrations as an identity territorial narrative in Vila de Itaúna's landscape. Geograficidade, v. 5, n. 1, p.

190-207, 2015.
DIEGUES, Antonio Carlos; COELHO, Daniele Maia Teixeira. O Fandango caiçara como forma de expressão do patrimônio cultural do brasil. Iluminuras, v. 14, n. 34, 2013.
DOS REIS, VITOR AMORIM. EDUCAÇÃO DAS RELAÇÕES ÉTNICO-RACIAIS: O TICUMBI E AS CONTRIBUIÇÕES PEDAGÓGICAS DO NEGRO BRASILEIRO.
FERREIRA, Marcos Manoel. Congadas: manifestações culturais e os autos de fé um conciso olhar sobre as tradições populares pelo brasil. Revista galo, v. 41, 2020.
FONTELLA, Joni Márcio Dorneles et al. O Fandango caiçara do Paraná: uma perspectiva lexical. 2017.
GOMES, Hillary Ranny Farias; OLIVEIRA, Matteus Freitas; SILVA, Felipe Santos. A tríade fé, terra e água dos acampados do açude de Jaramataia-AL: desvendando a mística festa de São Pedro no território pesqueiro. Diversitas Journal, v. 4, n. 1, p. 91-106, 2019.
GONDIM, Lucas Bezerra. As potencialidades das festas na reprodução do histórico da cidade: o passado e o presente de Fortaleza, CE, na festa de São Pedro dos Pescadores. Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 6, n. 2, p. 325-338, 2015.
GOULART, Milainy Ludmila Santos; DAMASCENO, Leonardo Graffius; TAVARES, Otávio. Tradição e identidade: o Ticumbi de Itaúnas em cena. Motrivivência, v. 33, n. 64, 2021.
KOHLER, MILENA; CIRILLO, JOSÉ. Monumento a Iemanjá: uma reflexão sobre as relações étnico-raciais na Arte Pública capixaba.
LOURENÇO, KAROLLINE DE OLIVEIRA. PATRIMÔNIO CULTURAL E TERRITÓRIO: BANDA DE CONGO MÃE PETRONILHA DE ARAÇATIBA, VIANA/ES.
MARCHIORI, Maira Cherlandes Paula et al. CABLOCO BERNARDO: O MITO NO IMAGINÁRIO POPULAR. 2021.
MARQUES, Luana Moreira; BRANDÃO, Carlos Rodrigues. As festas populares como objeto de estudo: contribuições geográficas a partir de uma análise escalar. Ateliê Geográfico, v. 9, n. 3, p. 7-26, 2015.
MATTOS, Ricardo Mendes; ANDRIOLO, Arley. Estética social do fandango Caiçara: consagração da vida comunitária. Revista Interdisciplinar em Cultura e Sociedade, v. 10, n. 2, p. 184-200, 2024.
MIRANDA, Eduardo Oliveira et al. Símbolos do povo de santo na festa de Iemanjá: uma análise interdisciplinar entre a geografia cultural, fotografia e memória. Africanias. com–Revista Científica Digital, v. 5, p. 1-16, 2014.
NOGUEIRA, Inadja Elizabete. Manifestações culturais de Saubara-BA: Contribuições para preservação de ecossistemas manguezal. 2018.
OTELO, Renata Celina de Morais. Corpos da Ciranda: narrativas poéticas, artístico/estética da ciranda de Lia de Itamaracá. 2015.
PEREIRA, Isabel Cristine Meireles et al. Tambor falou, caboclo cantou: uma reflexão acerca das metáforas conceptuais nos pontos cantados do Tambor de Mina de São Bernardo/MA. 2021.

PERUCHI, Sophia Fernandes. Manifestação cultural, cultura popular e educação ambiental: uma análise da produção acadêmica brasileira. 2023.
PETINARI, Lizandra Meneses et al. A festa de São Pedro como atração cultural turística no município de Bonito/MS. Multitemas, 2002.
PORDEUS JÚNIOR, Ismael de Andrade. Festa de Iemanjá. Expressão Gráfica e Editora, 2011.
QUINTINO, Isabel Cristina de Araújo. O Congo Capixaba como patrimônio imaterial: as festas de São Benedito na Serra e as Bandas de Congo. 2018. Dissertação de Mestrado.
RODRIGUES, Carmem Lúcia. O Lugar do Fandango Caiçara: Patrimônio, Ritual e Direitos Humanos. Editora Appris, 2025.
SABACK, Juliene Lemos. FESTA DE SÃO PEDRO, ILHA DE PAQUETÁ: PRESERVAÇÃO DA MEMÓRIA E PERMANÊNCIA DO TERRITÓRIO.
SANTOS JUNIOR, Flávio Cardoso dos et al. As (re) significações que a festa de Iemanjá expressa ao bairro do Rio Vermelho-Salvador-Bahia: cultura e religião afrobrasileiras como vetores de (tras) formação urbana. 2023.
SCHIFFLER, Michele Freire. Identidade, ancestralidade e resistência no Ticumbi de São Benedito. Revista e-scrita: Revista do Curso de Letras da UNIABEU, v. 6, n. 2, p. 77-92, 2015.
SERPA, Angelo. Experiência e vivência, percepção e cultura: uma abordagem dialética das manifestações culturais em bairros populares de Salvador-Bahia. RA'E GA: O espaço geográfico em análise. Curitiba, v. 8, p. 19-32, 2004.
SILVA, Daniel Cobra. Corpo e tradição: diálogos entre os jogos e a cultura dos povos do litoral. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
SOIHET, Rachel. Um debate sobre manifestações culturais populares no Brasil: dos primeiros anos da República aos anos 1930. 2001.
TSEZANAS, Julia Pittier. O Maracatu de Baque Virado: história e dinâmica cultural. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
VICENTE, Tamisa Ramos. Vamos cirandar; políticas públicas de turismo e cultura popular: festivais de ciranda em Pernambuco 1960-1980. 2008.

Capítulo 53: Oceano em Conflito: Dimensões Econômica, Social, Cultural e Política

Juliana Silva de Abreu[1]

[1] Grupo Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental.

1. Oceano como Espaço de Vida e de Conflito

A Cultura Oceânica é um movimento global que tem como objetivo sensibilizar as pessoas sobre a importância do oceano para a vida na Terra (Figura 1). Mais do que um conjunto de conhecimentos, representa uma mudança de mentalidade voltada para restabelecer a conexão entre sociedade e oceano. Sua importância reside na urgência de proteger o oceano, pois é responsável por regular o clima global, produzir o oxigênio que respiramos e ser a principal fonte de renda e alimento para inúmeras de pessoas. Sensibilizar a população sobre essa dependência é o primeiro passo para garantir o cumprimento até 2030 de metas globais do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 Vida na Água. O ODS tem como objetivo o uso sustentável do oceano, mares e recursos marinhos assegurando sua conservação para as gerações presentes e futuras.

Figura 1: Ações extensionistas sobre Cultura Oceânica.

Fonte: Grupo de Pesquisa Ecologia Humana do Oceano e arquivo pessoal.

O oceano é um sistema complexo que desempenha papéis essenciais como ambiente natural indispensável, território de identidades e tradições costeiras e base econômica para o comércio, pesca e turismo. Contudo, essa vastidão não está livre de tensões. O oceano por ser usado por diversas atividades se tornou cenário de intensas disputas e desigualdades. A exploração de recursos, poluição e o aquecimento global afetam desproporcionalmente as comunidades costeiras e países mais pobres, enquanto as

grandes potências disputam rotas marítimas estratégicas e o acesso a recursos minerais em águas profundas. Portanto o objetivo deste capítulo é compreender os conflitos socioeconômico, socioambientais, socioculturais e sociopolítico que ocorrem no oceano.

2. Conflitos Socioeconômicos

O oceano com sua vasta riqueza natural tornou-se palco de intensos conflitos socioeconômicos, impulsionados pela crescente demanda global por recursos. Esses conflitos decorrentes de desigualdades na distribuição de bens, renda e oportunidades entre diferentes grupos sociais reflete as tensões entre o uso econômico e a conservação ambiental. A imensidão das águas oceânicas abriga reservas estratégicas de recursos pesqueiros, minerais e energéticos, transformando o oceano em uma fronteira econômica altamente disputada. A busca por novas fontes de energia intensificou a exploração de petróleo e gás em águas profundas, uma atividade que embora proporcione lucros também acarreta sérias preocupações ambientais e de segurança.

No Espírito Santo, sudeste do Brasil um dos conflitos mais evidentes ocorre entre a pesca industrial e a pesca artesanal. A pesca industrial, caracterizada por grandes frotas equipadas com tecnologias avançadas e alta capacidade de operação, frequentemente invade áreas tradicionais de pesca, comprometendo os estoques pesqueiros e os ecossistemas marinhos. Em contrapartida, os pescadores artesanais que utilizam técnicas simples e atuam em pequena escala, veem seu modo de vida e segurança alimentar ameaçados pela competição desigual por recursos (Figura 2).

Figura 2: Embarcação utilizada pela pesca artesanal no Espirito Santo, sudeste do Brasil.

Fonte: Arquivo pessoal.

A disputa por recursos intensifica-se nas fronteiras minerais e energéticas, impulsionada por tecnologias que permitem explorar minérios em grandes profundidades e instalar parques eólicos offshore. No Brasil, esse cenário manifesta-se na ampliação da exploração de petróleo nas bacias de Campos, Santos, Amazonas e Espírito Santo, bem como no avanço dos projetos de usinas eólicas offshore ao longo da costa capixaba. Embora representem importantes oportunidades de inovação e desenvolvimento econômico essa iniciativa suscita preocupação quanto aos impactos ambientais e às disputas por território e recursos entre nações, empresas e comunidades costeiras.

Essa corrida por recursos demonstra a desigualdade na distribuição dos benefícios econômicos gerados pelo oceano. Enquanto grandes corporações multinacionais concentram lucros, as comunidades tradicionais e países subdesenvolvidos permanecem à margem com acesso limitado aos recursos e à sua gestão. A privatização de áreas costeiras para o turismo e a poluição provocada pela atividade industrial comprometem diretamente a qualidade de vida e a subsistência das comunidades que dependem do oceano.

3. Conflitos Socioambientais

Os conflitos socioambientais iniciaram quando os interesses humanos entraram em choque com a preservação dos ecossistemas naturais, resultando em impactos diretos sobre o ambiente e as comunidades que dele dependem. No contexto marinho, essas tensões tornam-se evidentes diante da exploração desordenada dos recursos e da degradação de habitats. A relação entre sociedade e oceano revela que decisões econômicas e políticas guiadas pelo lucro imediato podem provocar desequilíbrios ambientais, ameaçando a biodiversidade marinha, segurança alimentar e o bem-estar das comunidades costeiras.

A poluição marinha é um dos principais conflitos socioambientais. No Brasil, a presença de resíduos plásticos, derramamentos de petróleo e efluentes industriais compromete a saúde do oceano ameaçando a fauna e a flora marinha. Esses impactos degradam habitats costeiros e contaminam as cadeias alimentares das quais diversas espécies, inclusive o ser humano, dependem para sua sobrevivência. Esse tipo de poluição afeta o oceano e agrava os conflitos socioambientais, comprometendo a pesca, turismo e o equilíbrio entre conservação e economia local.

O aquecimento global e a elevação do nível do mar são outros fatores que intensificam os conflitos socioambientais na zona costeira. O aumento da temperatura do oceano tem provocado eventos climáticos extremos, como tempestades mais intensas e marés mais altas que colocam em risco diversas comunidades litorâneas. No Espírito Santo, esses impactos já são perceptíveis em municípios como Guarapari, Anchieta, Piúma e Marataízes cuja a erosão costeira tem avançado sobre áreas urbanas comprometendo infraestruturas, moradias e atividades turísticas. Além disso, a degradação de manguezais e restingas compromete serviços ambientais como a proteção da costa contra tempestades e manutenção da biodiversidade. A degradação desses ambientes reduz a

capacidade de resiliência das comunidades e intensifica conflitos socioambientais.

4. Conflitos Socioculturais

Os conflitos socioculturais surgiram quando os interesses humanos, econômicos e políticos entraram em desacordo com a conservação ambiental, gerando impactos diretos sobre ecossistemas naturais e comunidades costeiras (Andrade *et al.,* 2021). Esses conflitos refletem as disputas pelo acesso, uso e controle dos recursos naturais resultado das desigualdades sociais associadas à sua apropriação. No contexto das comunidades pesqueiras, por exemplo, eles se manifestam na exploração excessiva dos recursos marinhos, poluição costeira e invisibilidade social e econômica de mulheres pescadoras. Apesar de desempenharem papéis fundamentais na captura, processamento e comercialização do pescado, suas contribuições muitas vezes não são reconhecidas, perpetuando desigualdades de gênero e marginalizando o conhecimento acumulado por gerações.

Outro conflito é a perda dos saberes e práticas culturais das comunidades costeiras. Exemplos no contexto brasileiro mostram que comunidades do Nordeste e de Santa Catarina enfrentam conflitos socioculturais relacionados à diminuição do uso de técnicas tradicionais de pesca, perda de festividades ligadas ao oceano e ocupação do espaço costeiro por empreendimentos turísticos e industriais. No Espírito Santo, comunidades pesqueiras estão perdendo seu território para pesca esportiva e atividades de mergulho comprometendo a manutenção da atividade. Esses conflitos socioculturais comprometem não apenas a identidade dessas comunidades, mas também diminui a adoção de medidas tradicionais e sustentáveis para a gestão e conservação dos recursos marinhos. A preservação desse patrimônio imaterial é essencial, pois carrega um conhecimento ancestral que conecta as pessoas ao oceano tornando um instrumento de educação ambiental, fortalecendo ações socioculturais em região costeira.

5. Conflitos Sociopolíticos

Os conflitos sociopolíticos estão relacionados à disputa entre diferentes interesses pelo controle e gestão dos recursos marinhos. A governança do oceano envolve decisões sobre quem pode explorar, conservar ou regulamentar seu uso abrangendo governos, empresas, comunidades locais e organizações internacionais. A falta de clareza ou de consenso sobre essas responsabilidades pode gerar tensões e uso inadequado dos recursos marinhos.

Disputas territoriais são um exemplo frequente conflitos sociopolíticos, manifestando-se em áreas de pesca, fronteiras marítimas e zonas econômicas exclusivas. Países competem pelo acesso a recursos pesqueiros, reservas de petróleo e gás gerando negociações complexas que envolvem leis internacionais, interesses econômicos e segurança nacional. Essas disputas refletem não apenas a importância estratégica do oceano, mas também as desigualdades de poder entre nações.

A participação social é uma ferramenta essencial para reduzir conflitos sociopolíticos e fortalecer a governança oceânica. Comunidades locais de pescadores artesanais e organizações civis podem contribuir com conhecimentos, experiências e práticas sobre o uso sustentável do oceano. A Cultura Oceânica desempenha um papel importante capacitando os cidadãos a compreenderem a dependência entre sociedade e oceano e se engajarem em decisões que afetam o futuro. Assim, ao sensibilizar a população sobre direitos, responsabilidades e impactos das atividades humanas é possível construir políticas públicas mais justas e inclusivas. A integração entre educação, participação social e governança fortalece a conservação dos ecossistemas marinhos, assegura o uso equitativo dos recursos e contribui para a paz e a cooperação no espaço oceânico.

Saiba Mais

- Mais de 3 bilhões de pessoas dependem diretamente dos recursos marinhos para alimentação e subsistência.
- A pesca industrial captura mais peixe em um dia do que comunidades tradicionais conseguem em um ano.
- Oito milhões de toneladas de plástico são despejadas no oceano todos os anos.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:
(EF08GE10); (EM13LGG102); (EM13CHS204);

Etapa 1

O professor deve apresentar o conceito de Cultura Oceânica e os cinco tipos de conflitos abordados no texto. Após deve promover uma roda de conversa com as seguintes perguntas:
De que forma o oceano influencia sua vida?
Quais conflitos você consegue identificar relacionados ao oceano?
Por que é importante valorizar saberes e tradições ligados ao mar?

Etapa 2

Divida a turma em grupos. Cada grupo deve receber um mapa-múndi e:

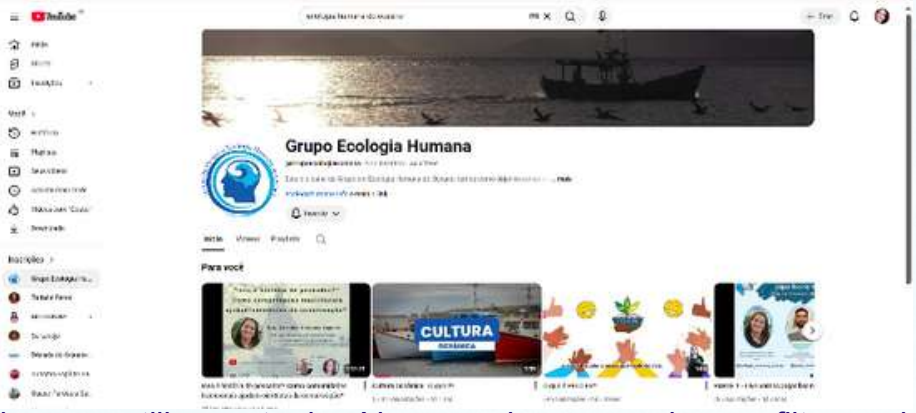
- Localizar áreas de pesca artesanal e industrial, rotas de transporte marítimo e zonas de exploração mineral ou energética.
- Marcar regiões afetadas por poluição, aquecimento global e destruição de ecossistemas.
- Identificar territórios com disputas sociopolíticas, como fronteiras marítimas e zonas econômicas exclusivas.

Etapa 3

Os mesmos grupos devem criar um painel visual (cartolina ou digital) que combine mapas, imagens e ícones representando:

- Conflitos socioeconômicos: pesca, turismo, mineração e desigualdade de acesso.
- Conflitos socioambientais: poluição, aquecimento global, destruição de manguezais e recifes de corais.
- Conflitos socioculturais: invisibilidade das mulheres pescadoras, perda de tradições.
- Conflitos sociopolíticos: disputas territoriais e governança.

Recursos complementares sugeridos



Plataforma de compartilhamento de vídeos e animações sobre conflitos socioambientais. https://www.youtube.com/@GrupoEcologiaHumana

Site com materiais sobre conflitos socioambientais que podem ser utilizado em sala de aula. Disponível em: https://www.ecologiahumana.info/

Referências bibliográficas sugeridas

ABREU, J. S.; DOMIT, C.; ZAPPES, C. A. 2017. Is there dialogue between researchers and traditional community members? The importance of integration between traditional knowledge and scientific knowledge to coastal management, Ocean & Coastal Management 141:10–19, https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.003.

ABREU, J.S., DI BENEDITTO, A.P.M.; MARTINS, A.S.; ZAPPES, C.A. Marine artificial reef (MAR) interference in artisanal fisheries in Brazil: use of traditional knowledge. Boletim do Instituto de Pesca, p.1-12, 2022.

ANDRADE, M.M.; XAVIER, L.Y.; GRILLI, N.M.; OLIVEIRA, C.C.; ANDRADE, D.A.; BARRETO, G.C.; HELLEBRANDT, L.; GALVÃO, C.; SILVA, S.T.; MONT'ALVERNE, T.C.F.; GONÇALVES, L.R. Gender and small-scale fisheries in Brazil: insights for a sustainable development agenda. Ocean and Coastal Research, v. 69, p. e21033, 2021. http://doi.org/10.1590/2675-2824069.21033mmda.

CONCEIÇÃO, D. E.; OLIVEIRA, T. R. A. Conflitos entre os grupos de interesse na política pesqueira brasileira: lacunas e desafios. REVISTA DELOS, v. 18, n. 64, 2025. http://doi.org/10.55905/rdelosv18.n64-042.

DA SILVA, A. F.; VON ADAMEK, D. C. Gestão de resíduos sólidos e os impactos da poluição plástica na economia, na sociedade e no meio ambiente. Revista Parlamento e Cidadania–RPC, 1, 37-69, 2024.

SANTORO, F.; SANTIN, S.; SCOWCROFT, G.; FAUVILLE, G.; TUDDENHAM, P. (eds). 2017. Ocean Literacy for All - A Toolkit. Paris: Unesco Venice Office.

SPAMER, H.; DA SILVA, A. T. R. Povos e comunidades tradicionais em Unidades de Conservação: conflitos socioambientais e luta por identidade e território. Revista de Estudos em Relações Interétnicas| Interethnica, v. 22, n. 1, p. 59-85, 2019.

CAPÍTULO 54 - Racismo Ambiental

Pilsen Ca'lía da Costa Peterle

[1] Grupo Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental.

O racismo ambiental revela um padrão histórico em que decisões políticas e econômicas deslocam riscos e danos ambientais para territórios e corpos racializados. No litoral, onde se entrelaçam modos de vida tradicionais, pesca artesanal, quilombos e povos indígenas, essa injustiça ganha contornos particulares: poluição, especulação imobiliária, erosão e desastres recaem com maior força sobre comunidades que há séculos sustentam suas existências nas margens e nas marés.

Nas faixas costeiras, repetem-se hierarquias coloniais que determinam quem tem direito a viver do mar e quem suporta os custos da degradação ambiental. Nesse contexto, o presente capítulo propõe uma reflexão sobre como o racismo ambiental se expressa nos territórios oceânicos e costeiros, e sobre o papel da educação na construção de olhares críticos e contra-coloniais.

Ao aproximar essas discussões do cotidiano escolar, buscamos fortalecer práticas pedagógicas que reconheçam as comunidades litorâneas como sujeitos de conhecimento e resistência, abrindo caminho para uma educação antirracista e contra-colonial que ensine a ver o mar como território vivo e político.

O que é Racismo Ambiental?

Falar de racismo ambiental requer compreender, antes de tudo, o que entendemos por raça, etnia e racismo. O professor Kabengele Munanga nos lembra que o conceito de "raça" nasceu no interior das ciências naturais, quando naturalistas como Lineu, no século XVIII, tentaram classificar os seres humanos em tipos fixos e hierarquizados com base em características físicas (cor da pele, formato do crânio, traços faciais). Essas classificações pseudocientíficas, apoiadas por ideias iluministas de progresso e superioridade europeia, serviram como fundamento ideológico para justificar a colonização, a escravização e a exploração dos povos não brancos.

Munanga mostra que, apesar de a biologia moderna ter provado que as raças humanas não existem do ponto de vista genético, a ideia de raça sobrevive como categoria social e política, porque estrutura relações de poder, desigualdade e exclusão. Assim, "raça" não tem base biológica, somos todos parte de uma mesma espécie humana, mas é uma construção histórica, criada com o propósito de organizar desigualdades e hierarquias que continuam moldando o acesso a direitos, à terra, à saúde e à vida digna.

Em contrapartida, o conceito de etnia diz respeito a dimensões históricas, culturais e simbólicas compartilhadas por um grupo: língua, religião, memória, território, práticas de vida. Enquanto a raça foi usada para naturalizar desigualdades, a etnia remete à pluralidade de modos de existência e de organização social. No entanto, como destaca Munanga, a substituição de "raça" por "etnia" não elimina o problema, muitas vezes apenas o torna mais sutil, pois o racismo contemporâneo se reconfigura sob o discurso da "diferença cultural", reproduzindo hierarquias e exclusões em novas roupagens.

O racismo, portanto, não é apenas uma atitude individual de hostilidade ou preconceito, mas um sistema estrutural que organiza a sociedade e distribui de forma desigual o poder, os recursos e as oportunidades. Ele se manifesta nas instituições, nas políticas públicas, na economia, na ciência e nas práticas cotidianas. O racismo institucional é justamente essa forma de funcionamento do racismo que opera silenciosamente: quando decisões políticas, técnicas ou administrativas produzem efeitos desiguais entre grupos racializados, ainda que sem uma intenção abertamente discriminatória. A ausência ou precarização de escolas de qualidade, de saneamento básico, de proteção jurídica e de políticas ambientais nos territórios periféricos e tradicionais não é acidental: é expressão concreta desse racismo que estrutura as instituições.

A partir dessa compreensão, ganha força o movimento da justiça ambiental, uma proposta política e ética que reivindica a igualdade de todos os povos no direito a um ambiente saudável, seguro e produtivo. A justiça ambiental afirma que a degradação da natureza é também uma questão de direitos humanos, e que as populações negras, indígenas e pobres são historicamente aquelas mais expostas aos riscos ambientais e menos protegidas pelas políticas de Estado (Figura 1).

Figura 1: Manifestação de pescadores artesanais exigindo indenização e restauração da Baía de Guanabara.

Fonte: https://rioonwatch.org.br/?p=20640.

É nesse cruzamento entre raça, território e poder que emerge o conceito de racismo ambiental. Ele designa a distribuição desigual dos impactos ambientais segundo linhas raciais e de classe, revelando como as populações racializadas são sistematicamente colocadas em zonas de risco e exclusão. Essa desigualdade não é acidental, mas resultado direto da herança colonial e das dinâmicas contemporâneas do capitalismo global, que continuam tratando certos corpos e territórios como descartáveis. O termo "*environmental racism*" foi cunhado por Benjamin F. Chavis Jr., nos Estados Unidos, em 1982, durante os protestos contra o depósito de resíduos tóxicos em comunidades negras no condado de Warren (Carolina do Norte). Pouco depois, o sociólogo Robert Bullard sistematizou e consolidou o campo de estudo da justiça ambiental, demonstrando, com base empírica, que a maioria dos locais de despejo de resíduos perigosos no país se concentrava em bairros negros e de baixa renda.

No Brasil, essa reflexão ganhou força no início dos anos 2000, com pesquisadores e movimentos sociais ampliando o debate para incluir populações negras, quilombolas, ribeirinhas e indígenas, e revelando que os conflitos ambientais são, na verdade, conflitos distributivos: disputas por quem suporta o ônus da poluição e quem. O racismo ambiental evidencia que a degradação da natureza não é um fenômeno neutro: é uma forma de violência que reproduz hierarquias históricas, fazendo recair sobre populações negras, indígenas e empobrecidas os custos sociais, sanitários e ecológicos do chamado "desenvolvimento".

O racismo ambiental, nesse sentido, é uma dimensão específica desses conflitos: ele evidencia que a distribuição desigual dos riscos ambientais segue linhas raciais e de classe, revelando como as populações racializadas são sistematicamente colocadas em zonas de risco e exclusão. Essa desigualdade não é acidental, mas produto direto da herança colonial e das dinâmicas contemporâneas do capitalismo global, que continuam tratando certos corpos e territórios como descartáveis.

Assim, o racismo ambiental não é apenas um fenômeno ecológico, mas um modo de produção das desigualdades sociais e territoriais. Ele atravessa o espaço urbano e o rural, o sertão e o litoral, a terra e o mar. Ao mesmo tempo em que se manifesta em contaminações, desastres e remoções, opera também na esfera simbólica, ao negar reconhecimento e voz às populações atingidas. Mais do que um problema ambiental, é um problema civilizacional, que expõe a persistência da lógica colonial e racial no mundo contemporâneo.

Como o racismo ambiental se manifesta no litoral e no mar?

Discutir racismo ambiental no contexto dos oceanos é reconhecer que o mar não é um "espaço neutro", mas um território socialmente produzido, atravessado por decisões políticas, interesses econômicos e hierarquias históricas. As políticas de uso do litoral não ocorrem no vazio: reproduzem padrões que definem quem tem voz e quem é tratado como descartável. As águas e as orlas refletem, assim, as mesmas desigualdades raciais

e socioeconômicas que marcam o continente. As populações historicamente marginalizadas em terra firme tendem a ser também as mais afetadas pelos impactos ambientais do chamado “desenvolvimento costeiro”. Essa articulação entre raça, território e degradação ambiental é o cerne do racismo ambiental.

Um exemplo emblemático dessa articulação pode ser visto na Ilha de Maré, em Salvador (BA), uma comunidade majoritariamente negra que convive há mais de sete décadas com a poluição industrial e portuária. A contaminação de manguezais e peixes, os altos índices de metais pesados detectados em crianças e a ausência crônica de saneamento básico demonstram como o racismo ambiental se materializa na escolha política de quem pode ou não viver em ambientes saudáveis. Mesmo diante de denúncias, as ações reparatórias e preventivas seguem lentas, revelando como a negligência institucional perpetua desigualdades ambientais e raciais.

Os povos do mar (pescadores e pescadoras artesanais, marisqueiras, quilombolas costeiros, comunidades indígenas e ribeirinhas litorâneas, caiçaras, povos extrativistas marinhos e ilhéus) vivenciam esse racismo em múltiplas dimensões. Perdem o acesso às áreas de pesca e coleta, enfrentam a contaminação de recursos que sustentam sua alimentação e economia, sofrem com a precariedade de serviços básicos e, por vezes, veem suas práticas tradicionais criminalizadas. Essas perdas ultrapassam o campo material: fragilizam laços comunitários, desestruturam saberes transmitidos entre gerações e ameaçam a própria continuidade cultural. Em desastres como derrames e vazamentos, as consequências são imediatas e duradouras; já em processos mais lentos (como a poluição difusa ou o assoreamento), a destruição é silenciosa, mas igualmente devastadora.

Desse modo, o racismo ambiental no litoral pode ser compreendido a partir de três perguntas: quem decide, quem depende e quem sofre. A partir delas, revelam-se padrões recorrentes: a concentração de empreendimentos em territórios socialmente vulneráveis, a expulsão de comunidades por valorização imobiliária, a deslegitimação de saberes tradicionais, a exclusão nos espaços de decisão e as respostas desiguais diante de desastres ambientais. Em comum, todas essas expressões deslocam custos e riscos ambientais para corpos e territórios historicamente marginalizados.

Um dos exemplos mais evidentes é a gentrificação costeira, processo pelo qual áreas tradicionalmente ocupadas por comunidades pesqueiras e marisqueiras são transformadas por investimentos em turismo, marinas, condomínios e segundas residências. A valorização do solo e o aumento do custo de vida expulsam os moradores locais e rompem as redes de solidariedade que sustentam a pesca artesanal e os modos de vida ligados ao mar. Em muitas cidades, políticas urbanas promovem uma “valorização paisagística” que privilegia a estética e o consumo, invisibilizando quem historicamente habita e cuida dessas faixas costeiras. Trata-se de um fenômeno que tem cor, classe e território: o litoral “bonito” é aquele higienizado da presença popular e racializada.

Pesquisas sobre o litoral do Espírito Santo e de Santa Catarina demonstram esse processo com lucidez: antigas vilas pesqueiras foram convertidas em zonas de especulação imobiliária, com remoções indiretas e perda de acesso à orla. O processo de “embelezamento” urbano é usado como justificativa técnica para restrições de uso, transformando a praia em mercadoria e empurrando os povos do mar para áreas periféricas e ambientalmente degradadas.

A expansão de portos, terminais, píeres e complexos industriais é outro vetor de racismo ambiental. A escolha dos locais de instalação costuma priorizar o menor custo econômico e político, o que frequentemente significa situar empreendimentos em áreas ocupadas por populações negras, indígenas e empobrecidas. Os impactos são amplos: alteração das correntes marinhas, destruição de manguezais, perda de áreas de pesca, contaminação das águas e aumento de riscos de acidentes. Na própria Ilha de Maré, a presença de um complexo portuário e de refinarias levou à destruição de manguezais e à contaminação de bancos de mariscos, inviabilizando a subsistência de centenas de famílias.

Ainda, os desastres ambientais também revelam o caráter racializado da resposta institucional. O vazamento de petróleo de 2019, que atingiu mais de dois mil quilômetros do litoral brasileiro, é um exemplo contundente de como esses impactos recaem de forma desigual. Milhares de marisqueiras, pescadores e catadores tiveram suas atividades interrompidas sem apoio imediato e adequado do poder público. Em muitas localidades, como nas comunidades de Bocaina, no Piauí, os efeitos sobre a renda, a segurança alimentar e a saúde persistem até hoje.

Nas áreas atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão, na Bacia do Rio Doce, observa-se esse mesmo padrão de desigualdade. Populações ribeirinhas, pesqueiras e quilombolas do Espírito Santo e de Minas Gerais sofrem por anos os efeitos da lama: perda de território, contaminação da água e invisibilização em processos de reparação. Esse padrão se repete em diferentes contextos: quanto mais vulnerável e invisibilizada é a comunidade, menor a prioridade recebida nas políticas de recuperação e compensação.

A situação é agravada por processos de privatização e regulação urbana excludente, que restringem o uso tradicional da orla e empurram comunidades para áreas ambientalmente degradadas. Ao mesmo tempo, a falta de saneamento básico e infraestrutura pública amplia os efeitos da poluição sobre a saúde e o bem-estar das populações costeiras. A carência de esgoto tratado, coleta de lixo e abastecimento de água potável cria um ciclo de degradação ambiental e social: a ausência de políticas estruturantes intensifica o impacto dos desastres e, por consequência, reforça desigualdades raciais já existentes.

Há também uma dimensão epistemológica que atravessa todas essas formas de racismo. Os saberes tradicionais sobre as marés, os ciclos dos peixes e o manejo dos manguezais, construídos e transmitidos por gerações, continuam sendo sistematicamente

desvalorizados nos processos de licenciamento e gestão costeira.

A ciência ocidental, muitas vezes, considera esses conhecimentos “empíricos” ou “insuficientes”, enquanto privilegia modelos técnicos descolados da realidade local. Essa hierarquização do conhecimento é uma forma de poder: ao silenciar as vozes dos povos do mar, enfraquece-se sua capacidade de resistência e se legitima a continuidade das políticas excludentes. Reconhecer e integrar esses saberes é, portanto, não apenas uma questão de justiça epistemológica, mas também de eficácia ambiental, pois nenhuma política de conservação será justa ou sustentável se não dialogar com quem vive e cuida do território.

Como enfrentar o racismo ambiental?

Enfrentar o racismo ambiental não é tarefa simples nem imediata. Trata-se de reconhecer que o racismo e a colonialidade estão entranhados nas formas como pensamos o mundo, nomeamos a natureza e organizamos o conhecimento. Isso significa que não basta criar políticas de reparação ou protocolos de inclusão, é preciso mexer nas bases epistemológicas que sustentam a desigualdade. Como lembra Nêgo Bispo, a luta por território é também uma luta por pensamento: uma disputa entre modos de existir e compreender o mundo. Sua trajetória mostra que resistir é manter viva uma pedagogia dos quilombos, na qual o saber nasce do corpo, da memória e da convivência, e não da hierarquia e da abstração.

Darcy Ribeiro, por outro lado, defendia uma educação comprometida com a formação de um povo consciente de sua diversidade e de sua história. Ele sabia que a desigualdade brasileira não se desfaz apenas com reformas, mas com uma transformação profunda na forma de educar. Para ele, a escola deve ser um espaço de invenção cultural, capaz de restaurar a autoestima coletiva e romper com o padrão eurocêntrico que inferioriza os saberes locais. Nesse sentido, tanto Nêgo Bispo quanto Darcy Ribeiro convergem na ideia de que a educação é um campo de resistência: não um instrumento para adaptar, mas para questionar.

Pensadores como Ailton Krenak e Davi Kopenawa reforçam essa visão ao mostrar que a crise ambiental e o racismo são expressões da mesma lógica: a de um sistema que separa o humano da terra e transforma tudo em mercadoria. Krenak chama isso de uma “torção na vida”, uma distorção que faz o mundo adoecer; Kopenawa descreve os brancos como “o povo da mercadoria”, que destrói porque esqueceu de ouvir. Ambos nos convidam a reatar o elo entre conhecimento e cuidado, entre aprender e pertencer.

Nesse contexto, o enfrentamento do racismo ambiental passa necessariamente por uma educação contra-colonial e antirracista, que não apenas denuncia desigualdades, mas desmantela as formas de pensar que as sustentam. Uma educação que questione a universalidade da ciência ocidental, valorize as cosmologias locais e incorpore as narrativas de quem historicamente foi silenciado. Catherine Walsh chama isso de “prática de reexistência”: ensinar e aprender como forma de continuar existindo, mesmo diante da colonialidade.

Para professores e professoras, isso significa transformar o espaço escolar em território de escuta e criação coletiva. Ensinar sobre o mar, por exemplo, pode ser também falar sobre pertencimento, ancestralidade e cuidado. Atividades como mapear histórias de vida ligadas ao litoral, convidar marisqueiras e pescadores para partilhar saberes, ou investigar as transformações do entorno são caminhos para fazer da sala de aula um espaço de reflexão crítica e de produção de sentido.

Mais do que transmitir conteúdos, trata-se de formar sensibilidades. Uma educação contra-colonial ensina a ver o racismo ambiental não como um problema distante, mas como parte da realidade vivida e, por isso, algo que pode e deve ser questionado, narrado e transformado coletivamente. Ela não promete "acabar" com o racismo, mas cultivar sujeitos capazes de reconhecê-lo, enfrentá-lo e criar outras formas de convivência com o mundo; não como promessa de redenção, mas como exercício contínuo de resistência, de cuidado e de reexistência.

Saiba Mais

O modo como nomeamos as pessoas e os processos não é neutro: carrega visões de mundo, valores e poderes. Escolher palavras de forma consciente é um ato político de reparação e reexistência: uma maneira de recontar a história a partir das margens, com justiça e dignidade. Por exemplo:

Por que usar "escravização" em vez de "escravidão"?

"Escravidão" sugere uma instituição estática, quase abstrata. Já "escravização" evidencia o processo ativo e violento pelo qual pessoas foram transformadas em mercadorias. Falar em escravização é destacar o ato e os agentes do sistema colonial, e não apenas o resultado.

Essa mudança de palavra ajuda a compreender que a escravidão não foi um "estado natural" das coisas, mas uma tecnologia de dominação racial e econômica.

Por que dizer "pessoa escravizada" e não "escravo"?

O termo "escravo" reduz a pessoa à condição imposta pela violência colonial, como se ser escravizado fosse uma identidade e não uma experiência forçada. Dizer "pessoa escravizada" reconhece que houve uma ação de escravização e que quem foi submetido a esse sistema permaneceu humano, sujeito, e não objeto.

Essa escolha linguística rompe com a naturalização da escravidão e devolve humanidade e agência histórica aos povos africanos e afrodescendentes.

recursos marinhos para alimentação e subsistência.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- EF06GE08 / EF08GE06 / EF09GE07

Organize a turma em grupos para pesquisar casos de injustiça ambiental que afetam comunidades negras, indígenas, quilombolas, caiçaras ou pescadoras no litoral brasileiro. Cada grupo deve identificar: o caso estudado; quem foi mais afetado e por quais razões; quais decisões políticas, econômicas ou urbanísticas contribuíram para o impacto; como aparecem ideias coloniais e desigualdades raciais nas justificativas e nos efeitos do caso.

Fundamental I: cartaz simples destacando quem foi prejudicado e o problema central.
Fundamental II: painel ou slides explicando causas e desigualdades.
Ensino Médio: apresentação multimídia com análise crítica da relação entre racismo ambiental e colonialidade.
EJAI: síntese coletiva e roda de conversa relacionando o caso ao contexto atual.

Após as apresentações, promova um debate com perguntas orientadoras, como: Por que certos grupos são mais afetados por danos ambientais? Quem participa das decisões sobre o litoral? Quem fica de fora? Como a história da colonização ainda influencia essas desigualdades?

Finalize reunindo as principais conclusões em um quadro coletivo sobre os padrões de injustiça socioambiental observados.

Recursos complementares sugeridos

O olhar dos atingidos – o desastre que ainda não acabou (compacto). [FGV - Projeto Rio Doce]: https://www.youtube.com/watch?v=MbXe0xXwSlk
O olhar dos atingidos – o desastre que ainda não acabou (Minissérie):
Episódio 01: https://www.youtube.com/watch?v=6CBcjHvKg1c
Episódio 02: https://www.youtube.com/watch?v=-_tMGkIkcAg
Episódio 03: https://www.youtube.com/watch?v=Y7OWcI0045g
É proibido nascer no paraíso: https://www.youtube.com/watch?v=U2_zbDJP2zg
Documentário Ilha de Maré – quilombos das águas de Salvador completo: https://www.youtube.com/watch?v=BIdDGq6-YpE
MARISQUEIRAS - VIDA DE RAÇA: https://www.youtube.com/watch?v=HYCRwjWODC0

Referências bibliográficas sugeridas

ARRUTI, José Maurício Andion. Qual a contribuição do debate sobre comunidades quilombolas para o debate sobre racismo ambiental. 2006.

CIDREIRA-NETO, Ivo Raposo Gonçalves; RODRIGUES, Gilberto Gonçalves. Racismo Ambiental e a Pesca Artesanal: o caso da Ilha de Deus, Pernambuco. Guaju, Matinhos, v. 4, n. 2, p. 125-141, 2018.

DE MORAES GOMES, Fulvio. As Epistemologias do Sul de Boaventura de Sousa Santos: por um resgate do sul global. Revista Páginas de Filosofia, v. 4, p. 39-54, 2012.

DE SOUZA ABREU, Ivy. Biopolítica e racismo ambiental no Brasil: a exclusão ambiental dos cidadãos. Opinión Jurídica, v. 12, n. 24, p. 87-99, 2013.

DOS SANTOS LIMA, Ruth; DA SILVA SOUZA, Davison; DA SILVA, Ingrid Gomes. "A NATUREZA É NOSSA ANCESTRAL": A ÓTICA DO RACISMO AMBIENTAL E A VAGUEZA DO DEBATE NO ENSINO SUPERIOR CEARENSE. Terra Livre, v. 1, n. 62, p. 644-667, 2024.

HERCULANO, Selene. O clamor por justiça ambiental e contra o racismo ambiental. Revista de gestão integrada em saúde do trabalho e meio ambiente, v. 3, n. 1, p. 1-20, 2008.

HERCULANO, Selene; PACHECO, Tania. Racismo ambiental, o que é isso. Rio de Janeiro: Projeto Brasil Sustentável e Democrático: FASE, p. 2022-02, 2006.

JESUS, Victor de. Racializando o olhar (sociológico) sobre a saúde ambiental em saneamento da população negra: um continuum colonial chamado racismo ambiental. Saúde e Sociedade, v. 29, p. e180519, 2020.

KOPENAWA, Davi; ALBERT, Bruce. A queda do céu: palavras de um xamã yanomami. Editora Companhia das letras, 2019.

KRENAK, Ailton. Ideias para adiar o fim do mundo (Nova edição). Editora Companhia das letras, 2019.

KRENAK, Ailton. O amanhã não está à venda. Companhia das letras, 2020.

MARTINS, Greice et al. Das confluências, cosmologias e contra-colonizações. Uma conversa com Nego Bispo. Revista EntreRios do Programa de Pós-Graduação em Antropologia, v. 2, n. 1, p. 73-84, 2019.

MILANEZ, Felipe et al. Existência e diferença: o racismo contra os povos indígenas. Revista Direito e Práxis, v. 10, p. 2161-2181, 2019.

MUNANGA, Kabengele. Uma abordagem conceitual das noções de raça, racismo, identidade e etnia. Programa de educação sobre o negro na sociedade brasileira, 2004.

NASCIMENTO, João Luís Joventino do. Processos Educativos: as lutas das mulheres pescadoras do mangue do Cumbe contra o Racismo Ambiental. 2014.

RANGEL, Tauã Lima Verdan. Racismo ambiental às comunidades quilombolas. Revista Interdisciplinar de Direitos Humanos, v. 4, n. 2, p. 129-141, 2016.

RIBEIRO, Darcy. O povo brasileiro: a formação e o sentido do Brasil. Global Editora e Distribuidora Ltda, 2015.

ROSSATO, Flávia et al. As políticas de conservação da natureza no litoral sudeste-sul e as faces do racismo ambiental contra o povo guarani MBYA. 2024.
SANCHES, Ana; BELMONT, Mariana. Racismo Ambiental como uma violência colonial: Um enfrentamento urgente e coletivo!. Diálogos Socioambientais, v. 6, n. 17, p. 06-08, 2023.
SANTOS, Zenaira. A descolonização do conhecimento: uma análise da dinâmica territorial em Nego Bispo, um intelectual quilombola. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 4861-4871, 2021.
SILVA, Iago Gomes da et al. Outros quartos e outros despejos: uma colchagrafia de narrativas acerca do racismo ambiental a partir do sujeito-escola. 2024.
WALSH, Catherine; DE OLIVEIRA, Luiz Fernandes; CANDAU, Vera Maria. Colonialidade e pedagogia decolonial: Para pensar uma educação outra. Education Policy Analysis Archives, v. 26, p. 83-83, 2018.

Capítulo 55: Impactos das Atividades Antrópicas no Oceano

Juliana Silva de Abreu[1]

[1] Grupo de pesquisa em Ecologia Humana do Oceano, Laboratório de Oceanografia Socioambiental/ Universidade Federal do Espírito Santo

1. Oceano e o Ser Humano

O oceano é um imenso reservatório de água salgada que cobre cerca de 71% de sua superfície terrestre fundamental para a existência humana. Ele é responsável pela produção de mais da metade do oxigênio que respiramos, regula o clima global através da absorção e distribuição de calor e dióxido de carbono. Ainda fornece alimentos, emprego, lazer e minerais. A saúde do planeta e de toda a humanidade depende do oceano que abriga uma grande biodiversidade.

A intensificação dos impactos ambientais no oceano é resultado do aumento da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos marinhos. Embora o oceano sustente a economia, transporte de mercadorias e o bem-estar social, a sociedade contribui para sua degradação por meio da poluição, sobrepesca e emissão de gases poluentes. Essas atividades antrópicas colocam em risco os ecossistemas costeiros e marinhos, o que afeta a capacidade do oceano de fornecer serviços ecossistêmicos essenciais para a sobrevivência humana.

Neste contexto, a Cultura Oceânica se apresenta como uma ferramenta educativa essencial para fortalecer a relação entre a sociedade e o oceano. Compreender como o oceano influencia a vida humana e, ao mesmo tempo, reconhecer o impacto das nossas ações sobre ele, é o primeiro passo para construir uma convivência equilibrada e responsável. Ao incluir os princípios da Cultura Oceânica na educação formal e informal, desenvolve-se o conhecimento e o sentimento de pertencimento e cuidado com o ambiente marinho, incentivando decisões conscientes e ações voltadas à conservação do oceano.

A conservação do oceano integra a Agenda 2030, representada pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 (Vida na Água), proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU). Esse ODS reúne metas voltadas à conservação e uso sustentável do oceano, mares e recursos marinhos. Mais do que um compromisso institucional, o ODS 14 simboliza um chamado às ações coletiva, enfatizando a responsabilidade compartilhada entre nações, comunidades e indivíduos na proteção e gestão do oceano, essenciais para a manutenção da vida no planeta. Assim, o objetivo deste capítulo é compreender os impactos das atividades antrópicas no oceano.

2. Atividade Antrópica

Atividade antrópica refere-se a toda e qualquer ação, direta ou indireta, resultado da intervenção humana e que gera alguma transformação no ambiente. Embora não sejam necessariamente negativas, essas ações ganharam destaque em debates ambientais em razão do aumento da sua intensidade e da complexidade de seus efeitos. No ambiente marinho, as atividades antrópicas surgiram e se intensificaram com o desenvolvimento das civilizações costeiras, expansão da navegação para fins comerciais e a Revolução Industrial que impulsionaram a urbanização e o consumo.

No Brasil, os impactos antrópicos são amplamente perceptíveis no cotidiano. A urbanização costeira desordenada é uma das principais causas de degradação ambiental, resultando na destruição de ecossistemas como manguezais e restingas. O descarte inadequado de resíduos tanto lixo doméstico quanto efluentes não tratados afetam as praias em todo o litoral, sobretudo nas regiões Nordeste e Sudeste. Na costa brasileira, a intensa atividade portuária e a exploração de petróleo e gás offshore aumentam o risco de poluição por óleo, além disso, a sobrepesca e o turismo mal planejados intensificam ainda mais a pressão sobre os recursos marinhos.

A dependência econômica, ecológica e social do oceano é intensa, mas a má gestão das atividades antrópicas enfraquece essa relação. No país, o oceano tem papel fundamental no Produto Interno Bruto (PIB), sustentando setores como o transporte marítimo, responsável por 95% do escoamento do comércio exterior e a extração de petróleo e gás. Além disso, ele garante segurança alimentar e gera empregos, sobretudo em comunidades pesqueiras, ao longo de toda costa. No entanto, quando o crescimento econômico desconsidera os limites ecológicos como ocorre no descarte inadequado de efluentes industriais e domésticos compromete tanto a saúde humana quanto o potencial econômico.

3. Principais Impactos das Atividades Antrópicas no Oceano

3.1. Poluição Marinha

Um dos impactos mais visíveis da atividade antrópica é a poluição marinha, resultado de várias fontes. Os plásticos e microplásticos representam um desafio global (Figura 1). O quadro se agrava com o esgoto não tratado e descarte de produtos químicos resultantes de atividades industriais e agrícolas. Essa poluição afeta a saúde pública, pesca e o potencial turístico. Além disso, evidencia a necessidade urgente de políticas pública integradas de gestão costeira e educação ambiental voltadas para a conservação do oceano.

Figura 1: Poluição plástica em área de manguezal, fragmentos brancos presos nas raízes.

Fonte: Arquivo pessoal.

No litoral brasileiro e em várias capitais a falta de saneamento básico leva ao despejo direto de esgoto nas praias, comprometendo a balneabilidade e a saúde dos ecossistemas. No Espírito Santo, a intensa atividade portuária e industrial aumenta o risco de lançamento inadequado de efluentes em estuários importantes, como o da Baía de Vitória. Somado a isso, a contaminação por rejeitos de mineração, exemplificada pelo desastre de Mariana, cujos resíduos alcançaram o litoral capixaba pelo Rio Doce, gerou impactos significativos no ambiente marinho e costeiro. Diante desse cenário, a poluição marinha compromete não apenas a saúde dos ecossistemas, mas também os benefícios naturais, econômicos e culturais deles dependentes.

3.2. Mudanças Climáticas e Aquecimento do Oceano

O aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, resultado de atividades antrópicas tem provocado o aquecimento do oceano que absorvem cerca de 90% do excesso de calor. Esse aquecimento ocasiona a elevação do nível do mar ameaçando comunidades costeira e a infraestrutura portuária. Além de contribuir para a acidificação oceânica que prejudica organismos com carapaças de carbonato de cálcio, como moluscos e corais.

O branqueamento de corais decorrente do aumento da temperatura da água, tem se intensificado no litoral brasileiro, afetando recifes como por exemplo os de Abrolhos, na Bahia. O aquecimento do oceano também altera a distribuição das espécies, provocando migrações em busca de águas mais frias, o que modifica os padrões de produtividade primária. Além disso, a intensificação de eventos climáticos extremos, como tempestades e ressacas, agrava a degradação dos habitats costeiros e acelera a erosão, como observado em Atafona, Rio de Janeiro (Figura 2). Esses impactos demonstram que o aquecimento do oceano transforma os ecossistemas marinhos e costeiros, ao mesmo tempo, compromete a subsistência e proteção das comunidades costeiras.

Figura 2 - Erosão costeira em Atafona, Rio de Janeiro decorrente do avanço do mar, destruiu edificações, forçando o deslocamento de comunidades pesqueiras.

Fonte: Arquivo pessoal.

3.3. Pesca Predatória e Degradação dos Ecossistemas

A pesca predatória caracterizada pela sobrepesca, uso de artefatos inadequados e descumprimento do período de defeso reduz a biodiversidade e desequilibra a cadeia alimentar. Nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul a expansão da pesca industrial em áreas costeiras vem ocasionando conflitos com a pesca artesanal, ameaçando a subsistência e a identidade das comunidades tradicionais de pescadores. Além disso, a intensificação dessas práticas tem comprometido os estoques pesqueiros e agravado a vulnerabilidade socioeconômica dos pescadores artesanais que dependem diretamente dos recursos pesqueiros para sua sobrevivência.

A pressão sobre os recursos pesqueiros também diminui as espécies-alvo da pesca artesanal e provoca capturas acidentais de organismos não comerciais, como tartarugas e golfinhos. A degradação de habitats reduz áreas de reprodução, alimentação e abrigo de espécies, comprometendo a capacidade de recuperação de ecossistemas frente às mudanças ambientais globais. Sem medidas efetivas de manejo e conservação, tais impactos podem gerar perdas irreversíveis tanto para a biodiversidade quanto para as famílias que dependem da pesca artesanal. Portanto, a gestão da pesca e à valorização das comunidades tradicionais é essencial para garantir a manutenção da atividade e a segurança alimentar das comunidades pesqueiras.

3.4. Expansão Urbana e Turismo Costeiro

A expansão urbana e o turismo desordenados são grandes vetores de impacto nas zonas costeiras brasileiras. A ocupação irregular provoca impermeabilização do solo, supressão da vegetação de restinga e ocupação de áreas de risco fenômeno comum em litorais do Espírito Santo, São Paulo e Nordeste (Figura 3). Essa invasão aumenta a vulnerabilidade a eventos climáticos extremos e compromete ecossistemas que funcionam como barreiras naturais e berçários de vida marinha.

Figura 3: Ocupação desordenada em área de risco em Guarapari, Espírito Santo.

Fonte: Arquivo pessoal.

A verticalização e o avanço da construção civil em Vitória, Vila Velha e Guarapari, no estado do Espírito Santo refletem a especulação imobiliária em detrimento da preservação ambiental transformando áreas naturais em espaços urbanizados. Esse processo contribui para a desterritorialização de comunidades pesqueiras, impondo-lhes a perda de territórios historicamente ocupados. Além disso, a pressão sobre recursos hídricos, acúmulo de resíduos sólidos e a poluição sonora e visual intensificam os desafios para a gestão costeira e a manutenção das práticas culturais e produtivas dessas comunidades. Desse modo, o crescimento urbano desordenado e o turismo não planejado ameaçam a continuidade social, econômica e cultural das comunidades locais. Compreender a relação entre atividades antrópicas e o oceano é essencial para a sustentabilidade. Ao incorporar os princípios da Cultura Oceânica na educação, os professores assumem um papel transformador. Eles despertam nos estudantes a consciência de que o oceano integra a vida cotidiana e promovem o desenvolvimento do pensamento crítico e de ações voltadas à conservação do oceano.

Saiba Mais

- Os mares absorvem 90% do calor ajudando a estabilizar o clima, mas isso tem limites!

- O primeiro pedaço de plástico já produzido em 1907 ainda existe em algum lugar do planeta. O plástico leva centenas de anos para se decompor.

Atividade Sugerida

Habilidades BNCC:

- (EF08GE10); (EM13LGG102); (EM13CHS204);

Etapa 1: Inicie com uma pergunta provocadora: “Para onde vai o lixo depois que sai da nossa casa?”

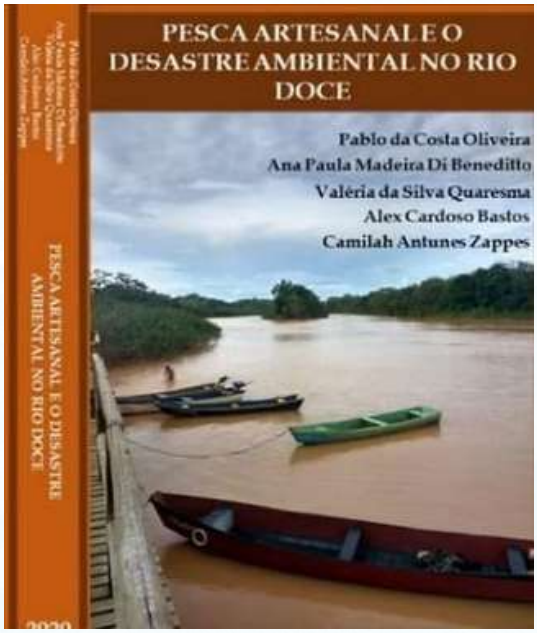
- Mostre um vídeo curto ou imagens (por exemplo: “Oceano de Plástico”).
- Apresente curiosidades sobre a origem terrestre da poluição marinha (ex: 80% do lixo do mar vem da terra).
- Explique o conceito de atividade antrópica e sua relação com o oceano, mesmo em cidades distantes do litoral.

Etapa 2: Divida os alunos em grupos.

- Cada grupo cria um “mapa do percurso do lixo”: da casa → rua → bueiro → rio → oceano.
- Use lã ou barbante azul para representar o trajeto da água e vermelho para o lixo.
- Peça que incluam ações humanas positivas e negativas ao longo do caminho (ex: “lixo jogado na rua”, “coleta seletiva”, “plantio de árvores”).
- Cada grupo apresenta seu mapa e explica as consequências das ações humanas para o oceano.

Recursos complementares sugeridos

Oceano de Plástico: https://www.youtube.com/watch?v=Gqpbuhlyiel



Ebook sobre impactos antrópicos:
https://www.ecologiahumana.info/livros-1

Referências bibliográficas sugeridas

BEIRÃO, A. P.; MARQUES, M.; RUSCHEL, R. R. O valor do mar: uma visão integrada dos recursos do oceano do Brasil. Essential Idea Editora, 2020.

CARRIÇO, J. M.; PINHO, R. M. L. A urbanização na zona costeira e os impactos ambientais–o caso da RMBS no estado de São Paulo. Revista Eletrônica Leopoldianum, v. 47, n. 131, p. 20-20, 2021.

DÉCADA DA CIÊNCIA OCEÂNICA BRASIL. 2020. Disponível em: <http://decada.ciencianomar.mctic.gov.br/> Acesso em: 28 de Outubro 2025.

DE OLIVEIRA, R. F. V.; GONRING, R. Quem é rico mora na praia? um estudo comparativo sobre o processo de verticalização imobiliária entre as cidades de vitória-es e fortaleza-ce. Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS), v. 25, n. 2, p. 27-51, 2023.

HORTAA, P.; PINHOB, P. F.; GOUVÊAC, L.; GRIMALDID, G.; DESTRIE, G.; MUELLERF, C. M.; DA CUNHAK, L. C. Mudanças Climáticas e a zona costeira do Brasil: vulnerabilidades socioambientais e estratégias de ação. Sustainability in Debate-Brasília, v.11, n.3, p.425-444. 2020

MONTAGNER, C. C.; DIAS, M. A.; PAIVA, E. M.; VIDAL, C. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. Química nova, v.44, n.10, p.1328-1352, 2021.

NOVA, F.V.P.V. A Poluição Do Oceano: Impactos E Possibilidades. Disponível em < https://wp.ufpel.edu.br/cedepem/files/2023/07/7.pdf> Acessado em 30 de Outubro de 2025.

OLIVEIRA, P.C.; DI BENEDITTO, A. P. M.; QUARESMA, V. S.; BASTOS, A. C.; ZAPPES, C. A. Traditional knowledge of Fishers versus an environmental disaster from mining waste in Central Brazil. MARINE POLICY, v. 120, p. 104129, 2020.

SANTORO, F.; SANTIN, S.; SCOWCROFT, G.; FAUVILLE, G.; TUDDENHAM, P. (eds). 2017. Ocean Literacy for All - A Toolkit. Paris: Unesco Venice Office.

VIANA, P.J., MONTIBELER; E. E., PAGEL, U. R.; CORDEIRO, D. R.; DA SILVA, R. A. A economia do mar no estado do Espírito Santo. Caderno Pedagógico, v.22, n.1, p.e13523-e13523, 2025.

Este livro apresenta a Cultura Oceânica como um caminho fundamental para aproximar o oceano do cotidiano escolar, fortalecendo a formação cidadã e a educação para a sustentabilidade. Elaborada por docentes, pesquisadores e convidados do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), a obra foi pensada especialmente para professores da educação básica, oferecendo reflexões, conceitos-chave e propostas pedagógicas que dialogam com a realidade das escolas brasileiras.

Ao integrar conhecimentos científicos, saberes locais e práticas educativas, o livro estimula a compreensão das relações entre oceano, clima, biodiversidade e sociedade, incentivando uma abordagem interdisciplinar alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Mais do que apresentar conteúdos, a obra convida educadores a promoverem o pensamento crítico, a valorização do território e o engajamento dos estudantes na proteção dos oceanos, contribuindo para a construção de uma cultura de cuidado, responsabilidade e justiça socioambiental.

Realização

Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental
CCHN-UFES

Apoio

UFES
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CAPES

ISBN: 978-65-01-89407-2
CBL
9 786501 894072