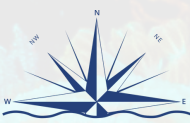




Um olhar multidimensional para a Década do Oceano

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

1.0 Oceano



INSTITUTO
OCEANOGRÁFICO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



Um olhar multidimensional para a Década do Oceano

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

Série: Educação Ambiental Marinha

1.0 Oceano

Instituto Oceanográfico, USP - São Paulo, 2022.



Revisão

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

Diagramação

Maithê Kapor de Brito

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

Realização:



Instituições parceiras:



Apoio:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



O15o O oceano / Agatha Todam ... [et al.]
São Paulo: Instituto Oceanográfico, 2022.
(Educação ambiental marinha; n. 1)

ISBN 978-65-997638-0-9

1. Educação ambiental 2. Oceanografia I. Título II.
II. Série III. Todam, Agatha

CDD - 373

O Projeto - EAMar

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

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

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

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

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

oceano.

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

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

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

EAMar

Educação Ambiental Marinha

Considerações iniciais

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

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

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

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

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

Boa leitura!

Objetivos de aprendizagem de cada tópico:

1. O oceano é um só e é interconectado.
2. O conhecimento sobre o oceano ainda é incipiente.
3. A vida só é possível como conhecemos por causa do oceano.
4. O oceano e a humanidade estão fortemente interligados.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU atingidos:



Competências da BNCC:

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

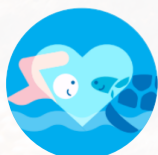
Princípios da Cultura Oceânica:



1. A Terra tem um oceano global e muito diverso;



4. O oceano permite que a Terra seja habitável;



6. O oceano e a humanidade estão fortemente interligados;



7. Há muito por descobrir e explorar no oceano.



O Oceano

SUMÁRIO

1. O que é o Oceano?

1.1 Origem e evolução do Oceano	09
1.1.1 Onde tudo começou	09
1.1.2 A Deriva Continental	11
1.2 O Oceano hoje	17

2. O Oceano e a sua contribuição à vida

2.1 A origem da vida no Oceano	21
--------------------------------------	----

3. Conhecimento mundial do Oceano

3.1 O estudo do Oceano ao longo da história	25
3.1.1 James Cook e as primeiras expedições Oceanográficas	26
3.1.2 HMS Challenger	28

4. Intersecção Homem-Oceano

4.1 A importância do Oceano para a evolução da humanidade	30
4.2 Como o O Oceano e o Ser Humano se relacionam hoje? .	30

1. O que é o Oceano?

1.1 Origem e evolução do oceano

1.1.1 Onde tudo começou

Uma das perguntas que sempre intrigou a humanidade é sobre a origem do nosso planeta. Afinal, de onde viemos?

Respondendo a essa pergunta, temos o big-bang como a teoria mais aceita.

Segundo ela, há cerca de 14 bilhões de anos toda a massa e energia do universo teria se concentrado em um único ponto no tempo e espaço, começando então, a se expandir e originar o u-

niverso, tal qual conhecemos. E, até hoje se mantém em constante expansão.

A formação de nossa galáxia, a Via Láctea, teria ocorrido 1 bilhão de anos após esse fenômeno, a partir da formação das primeiras estrelas, enquanto a de nosso Sol e seu sistema foi mais tardia, há cerca de 4,5 bilhões de anos. (Figura 1.1).

Inicialmente nosso planeta era homogêneo e extremamente quente. Posteriormente, começou a sofrer um processo de resfriamento e os materiais mais densos, co-

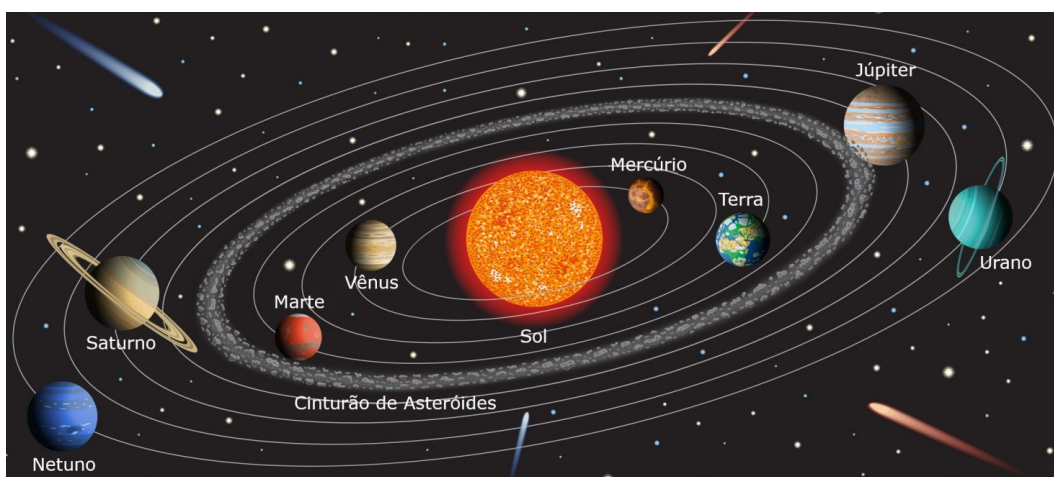


Fig. 1.1 - Os Planetas e nosso Sistema Solar. (Fonte: Shutterstock.com)

mo ferro e níquel, se concentraram em seu interior, formando o que conhecemos hoje como núcleo. Já materiais menos densos como silício, magnésio e alumínio se mantiveram nas camadas mais superficiais, formando assim a crosta terrestre (Figura 1.2). Esse processo durou cerca de 100 milhões de anos.

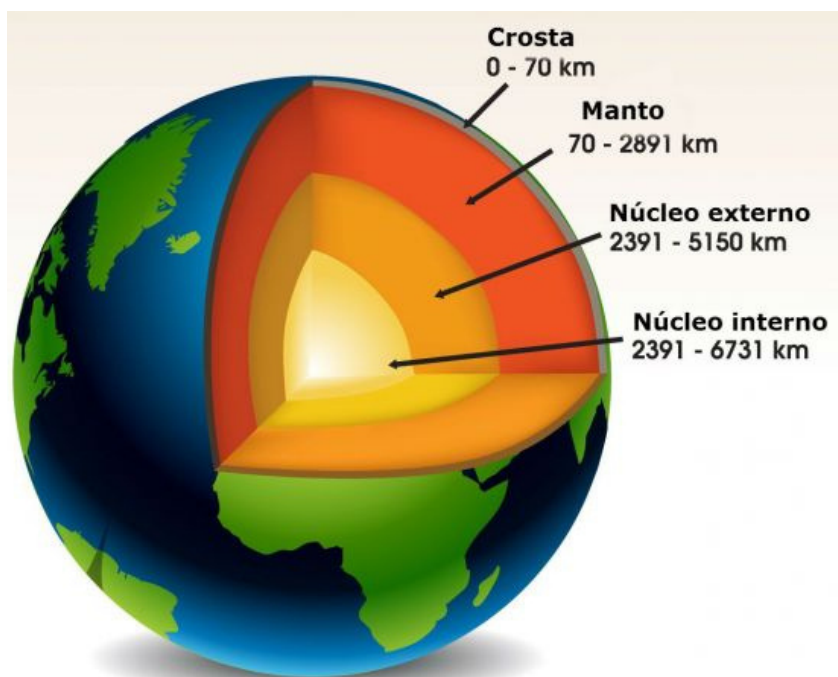


Fig. 1.2 - As camadas da Terra e suas extensões.
(Fonte: www.todamateria.com.br/litosfera/)

A formação da primeira superfície no nosso planeta, ainda inabitável, deu origem à água, que já estava presente no Universo, principalmente, na forma de gás e gelo.

Durante a formação da Terra, a água se concentrou em suas camadas mais interiores na forma de gás, devido às elevadas temperaturas.

Após os processos iniciais de resfriamento, começou a emissão de ***substâncias voláteis**, por meio de processos vulcânicos, incluindo a liberação de vapor de água para a recém formada atmosfera (processo denominado "liberação de gases").

Segundo algumas pesquisas, também ocorriam, nesse período, constantes colisões entre a Terra e cometas, formados, principalmente, por gelo.

Esses cometas também teriam sido responsáveis pelo acúmulo de uma parte da água que hoje compõe nosso oceano.

Apesar do processo de

resfriamento já ter iniciado, a superfície do planeta ainda apresentava temperaturas extremas que impossibilitavam a água de permanecer na forma líquida, concentrando-se na atmosfera em forma de nuvens.

Após milhões de anos de resfriamento, finalmente ocorreu a formação de gotículas, resultando em chuvas intensas que duraram cerca de 20 milhões de anos.

Dessa forma, a água foi se acumulando em bacias e iniciando o processo de dissolução dos minerais presentes nas rochas. Os mesmos ainda hoje observados em nosso oceano.

Iniciava-se, então, a formação do Oceano Global.

1.1.2 A Deriva Continental

No ano de 1912, o meteorologista Alfred Wegener publicou um estudo a respeito da disposição dos continentes e do oceano: a **Teoria da Deriva Continental**.

Tal teoria, polêmica e inovadora, afirmava que, durante a formação do planeta, os continentes haviam se juntado em uma única massa continental, um único supercontinente, denominado **Pangeia**, com um oceano circundante: o **Pantalassa** (Figura 1.3).

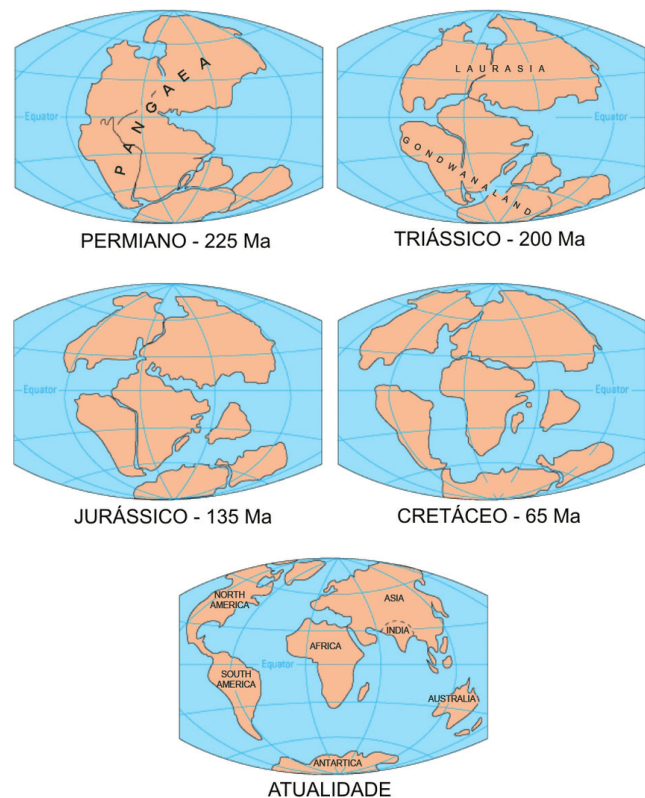


Fig. 1.3 - Fragmentação da Pangeia e evolução do arranjo dos continentes ao longo das Eras Geológicas (Permiano, Triássico, Jurássico, Cretáceo e por fim o período atual)

(Fonte: [researchgate.net/profile/Wilson-Wildner](https://www.researchgate.net/profile/Wilson-Wildner))

A teoria de Wegener considerava que a disposição atual dos continentes teve início há cerca de 200 mi-

lhões de anos, com a fragmentação da Pangeia e, da mesma forma que o Universo após o big-bang, continuava em expansão com a movimentação dos continentes.

Embora esquecida pela maioria, após a morte do meteorologista, a teoria da Deriva Continental ainda ecoava na mente de alguns cientistas, devido, principalmente, a algumas questões intrigantes, como o encaixe perfeito da África e da América do Sul (Figuras 1.4 e 1.5), e o encaixe dos outros continentes.

Por sua vez, a Segunda Guerra Mundial possibilitou

um grande avanço tecnológico e científico que facilitou o desenvolvimento de sonares para o mapeamento do fundo oceânico, desmistificando, então, a antiga ideia de que a superfície do fundo marinho fosse plana e homogênea.

Ademais, criou-se um novo método para determinar a idade de rochas e sedimentos: a **datação radiométrica**, que consiste na análise de isótopos de elementos radioativos em rochas, através do decaimento radioativo, que ocorre de forma constante). Assim, ao se medir a proporção entre átomos radioativos e estáveis em uma amostra, é possível determinar a idade da rocha.

Com esse método, uma descoberta surpreendeu os geólogos da época: a datação do assoalho oceânico precisou que sua origem o-



Fig. 1.4 - Imagem dos continentes América do Sul e África. (Fonte: https://ufrbr.br/lapa/index.php?option=com_content&view=article&id=%2093)



Fig. 1.5 - Encaixe perfeito da América do Sul e da África. (Fonte: https://www.geledes.org.br/wp-content/uploads/2012/08/africa_brasil2.jpg)

correria há cerca de 200 milhões de anos, ou seja, idade muito inferior à da Terra (4,5 bilhões de anos).

Isso indicava que os fundos oceânicos haviam se formado após a formação do planeta.

Ao comparar com amostras de regiões interiores do continente, nova surpresa: elas apresentavam idade bem mais avançada, cerca de 3,9 bilhões de anos.

Isso intrigou os cientistas, afinal, **por que a crosta oceânica seria tão jovem e sua idade, tão diferente da crosta continental?**

Esse fato levou a nova

busca de respostas no fundo oceânico.

Após estudos de análises sísmicas, constatação de relevos e perfis complexos, e estudos sobre as ondas sísmicas que atravessavam as camadas mais inferiores do planeta, os geólogos

Harry Hammond Hess e Robert Dietz propuseram, em 1960, uma hipótese inovadora que explicaria a idade do assoalho marinho e também os encaixes e ajustes dos continentes. Sua hipótese era que o fundo oceânico (Figura 1.6) teria se expandido a partir da Cordilheira Mesoatlântica e de outras, descobertas posteriormente. Com o crescimento dos fundos oceânicos, os continentes teriam sido empurrados, separados e reajustados.

Mas como teria ocorrido essa expansão? Para entender esse processo, é preciso considerar o que chamamos de **correntes de convecção**.

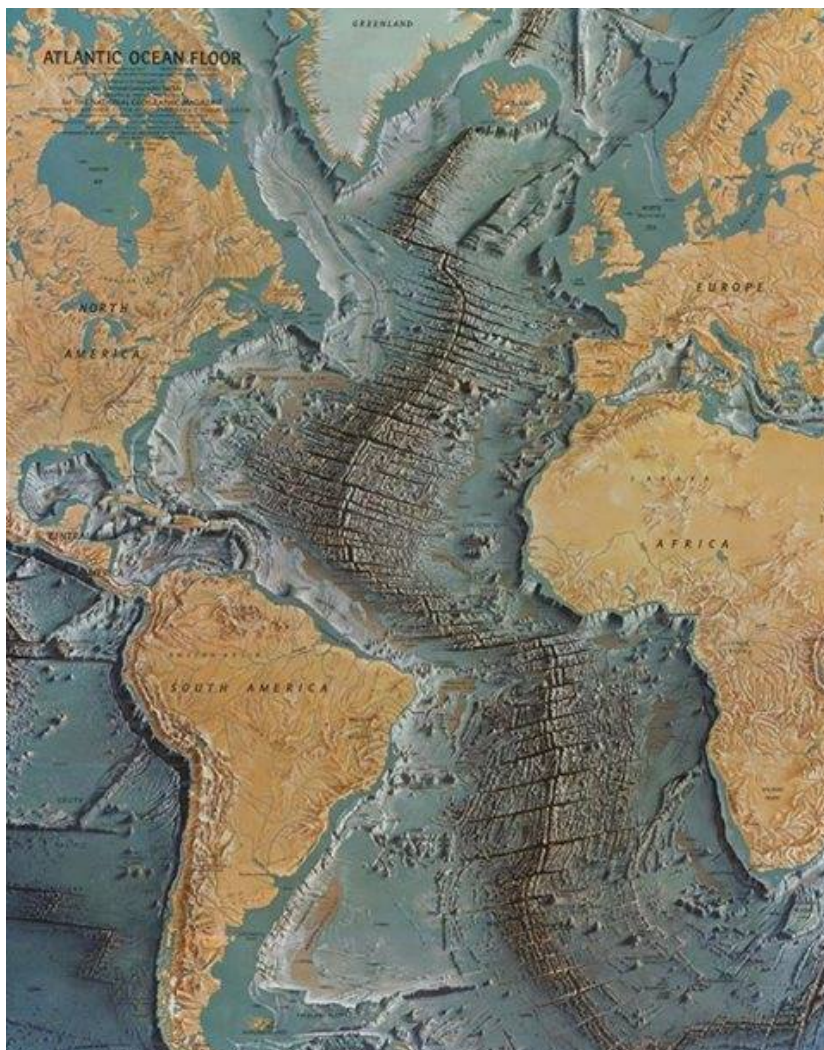


Fig. 1.6 - Relevos do fundo oceânico, com enfoque na Dorsal Mesoatlântica, principal local de expansão do assoalho oceânico. (Fonte: encurtador.com.br/nwLM9)

Também conhecidas como células de convecção, as tais correntes de convecção (Figura 1.7) nada mais são que movimentações do magma que está presente no interior da Terra.

O que acontece é que o material magmático mais próximo ao núcleo sofre aquecimento, torna-se menos denso e ascende à crosta.

Depois disso, perde calor, esfria, tornando-se mais denso. Afunda novamente até assentar-se próximo ao núcleo, repetindo o processo.

A convecção do manto funciona como uma "esteira", ao deslocar as placas tectônicas e tem, como consequência, o **tectonismo**, isto é, a expansão do assoalho oceânico e a movimentação das crostas continentais.

Devido à alta densidade do fluido, esse fenômeno, é muito lento, podendo demorar centenas de anos para a ascensão e retorno de uma mesma massa de magma.

Estudos posteriores constataram que áreas próximas à Dorsal Meso-Oceânica eram marcadas por fortes atividades sísmicas e vulcânicas, que aponta outra evidência

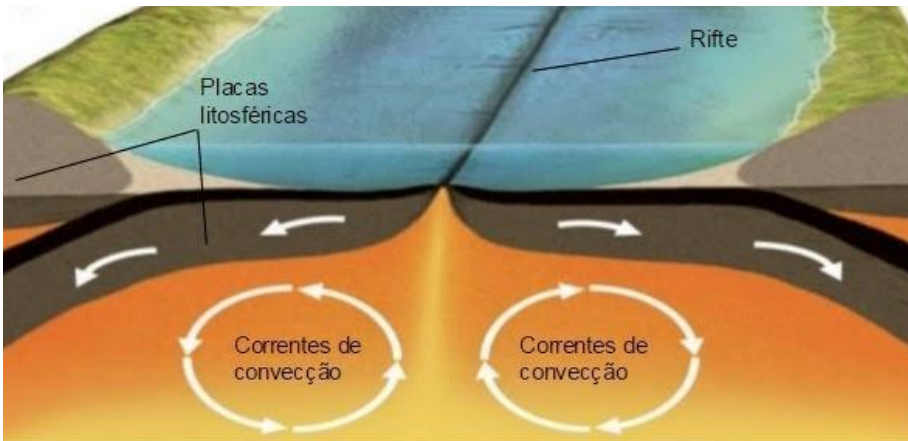


Fig. 1.7 - Correntes de convecção em uma zona de rifteamento.
(Fonte: <https://brainly.com.br/tarefa/31723840>)

da origem do assoalho oceânico.

Além do fenômeno de expansão do assoalho, a Terra também passa por um processo de reciclagem e destruição da crosta, denominado subducção, ou seja, um afundamento da placa mais densa em relação à placa menos densa, fazendo com que a de maior densidade retorne ao manto (Figura 1.9).

Se esse último processo não ocorresse, o planeta estaria em constante expansão, o que

sabemos que não acontece.

Os pesquisadores descobriram, posteriormente, que esse fenômeno ocorre, principalmente ao

longo da costa do Oceano Pacífico - o chamado **círculo de fogo do Pacífico**, ou **anel de fogo do Pacífico** (Figura 1.8).



Fig. 1.8 - O Círculo de Fogo do Pacífico é uma região do Oceano Pacífico com intensa atividade sísmica, ou seja, com presença de muitos vulcões ativos e terremotos.
(Fonte: <https://escola.britannica.com.br/artigo/Anel-de-Fogo-do-Pac%C3%ADfico/482371/recursos/135422>)

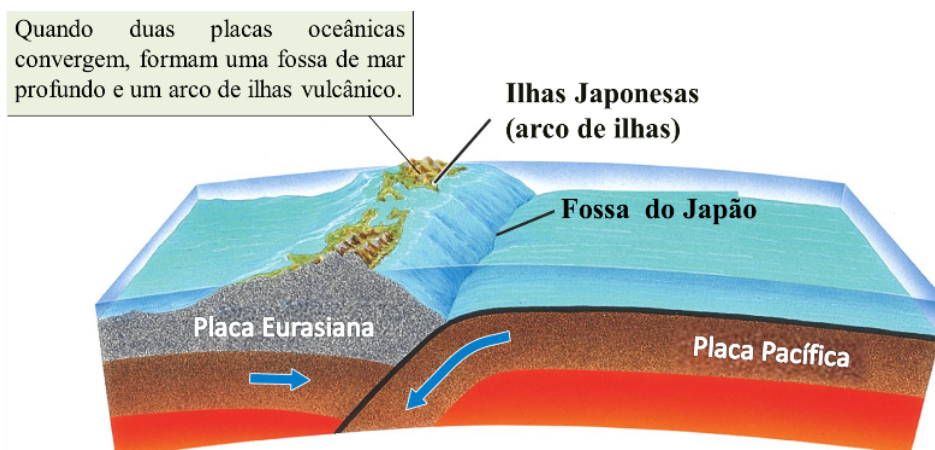


Fig. 1.9 - Encontro de placas oceânicas em um processo de subducção. Por ter menor densidade, a placa Pacífica afunda e é reciclada na volta, ao manto ao entrar em choque com a Placa Eurasiana. Esse processo resulta na formação de uma Fossa e de um arco de Ilhas. (Fonte: <http://ufr.br/lapa/images/Figura%2019a.png>)

No ano de 1965, o geólogo John Tuzo Wilson publicou a nova teoria: a **Tectônica de Placas**, onde afirma que a crosta terrestre está subdividida em placas rígidas que abrangem os continentes e os fundos oceânicos (Figura 1.10), e que essas placas se movem pela superfície da Terra em cima do magma, impulsionadas, justamente,

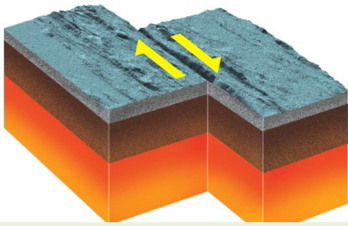
pelas correntes de convecção.

Também descreve os movimentos dessas placas, classificando-os em convergentes, divergentes e transformantes (Figura 1.11).

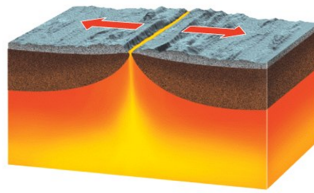
Os **movimentos divergentes** são os responsáveis pela formação do assoalho oceânico, e consistem no afastamento e ascensão das



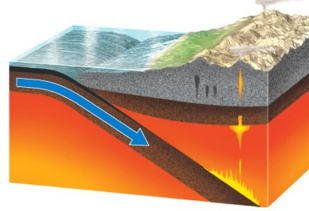
Fig. 1.10 - Placas tectônicas ao redor do globo. (Fonte: encurtador.com.br/rsOZ5)

Limite transformante

Em limites de falhas transformantes, as placas deslocam-se horizontalmente uma em relação à outra.

Limite divergente

Em limites divergentes, as placas afastam-se e formam uma nova litosfera.

Limite convergente

Em limites convergentes, as placas colidem e uma delas é puxada para o manto e reciclada.

Fig. 1.11 - Os diferentes limites das placas tectônicas.

(Fonte: http://ufr.br/lapa/images/Menu_Geologia/Figura%2014.png)

placas do magma que, ao esfriar, forma o fundo marinho.

1.2 O Oceano hoje

O oceano pode ser definido como uma grande bacia de água salgada.

Atualmente temos o **oceano Austral** (ou **Antártico**), o **Atlântico**, o **Pacífico**, o **Índico** e o **Ártico**, sendo considerados as principais bacias salinas existentes.

Essas divisões são feitas com objetivo geopolítico, porém, é importante ter em mente que o oceano é um só e inteiramente interligado (Figura 1.12).

O **Pacífico** é o maior e mais antigo entre os oceanos e está localizado entre os

continentes americano, asiático e Oceania. Com área de 181 milhões de km², ocupa $\frac{1}{3}$ da superfície do planeta e mais da metade de seu volume de água. Possui profundidade média de 3.940 metros e seu fundo é formado por placas tectônicas convergentes

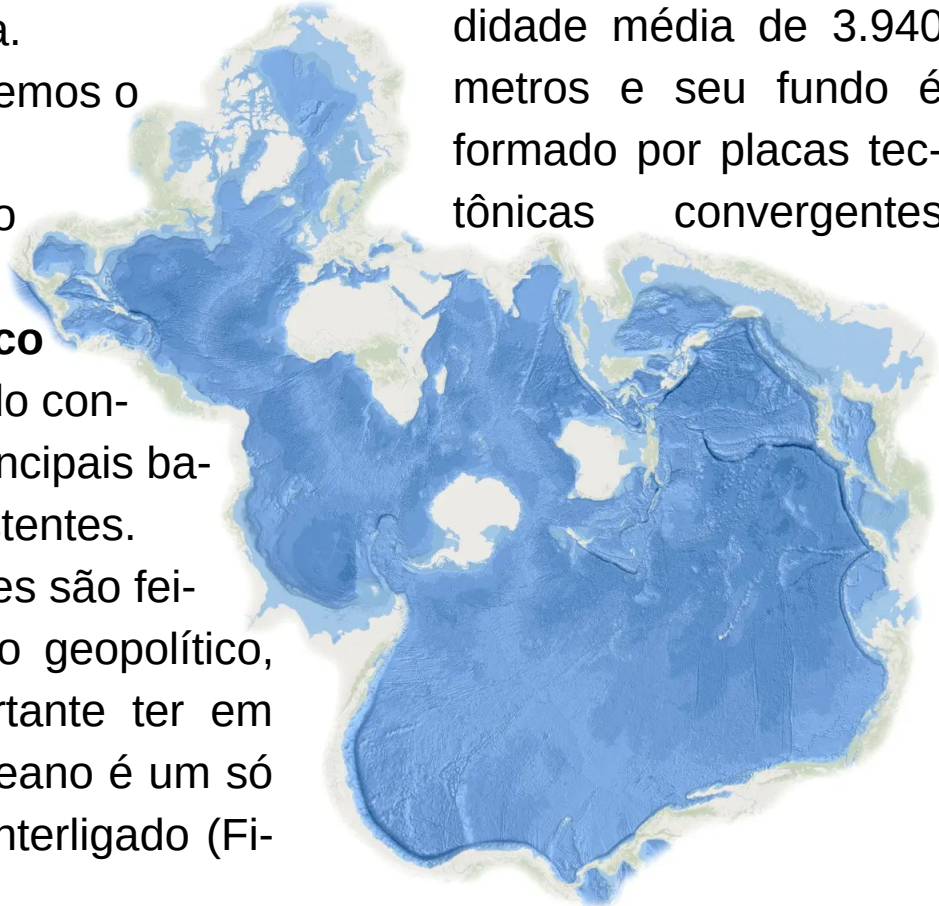


Fig. 1.12 - Projeção de Spilhaus que coloca o oceano como centro e o mostra como um só, sem barreiras físicas. (Fonte: maproomblog.com/2020/02/the-spilhaus-projection-comes-to-arcgis-pro/)

(ou seja, que "colidem"), e por isso, possui alta atividade vulcânica e numerosos cordões de ilhas.

Pela atividade tectônica convergente ali presente, há pesquisadores que acreditam que o Oceano Pacífico esteja "diminuindo" ou se fechando.

Mas podem ficar despreocupados, pois esse possível fim aconteceria em uma escala de tempo grande demais para que nós, fôssemos testemunhas.

O **Atlântico** é a segunda maior bacia e a que banha o litoral brasileiro.

Localizada entre os continentes americano, africano e europeu, possui profundidade média de 3.575 metros e área de 107 milhões de Km². Além disso, é considerada uma bacia estreita, com 5.000 km de largura em média.

Seu fundo é formado por placas tectônicas divergentes (ou seja, que se "separam") e, em função disso, e tam-

bém do fechamento do Pacífico, acredita-se que o Atlântico esteja expandindo cada vez mais.

Como curiosidade, podemos dizer que muitos dos maiores rios do mundo, como o Amazonas, Nilo, Congo e Mississipi desaguam nesse oceano. Outra curiosidade é o fato de a maior cadeia de montanhas, a Dorsal Mesoaatlântica, encontrar-se submersa em seu leito.

O **Índico**, com área de 74 milhões de Km² e profundidade média de 3.840 metros, é o terceiro maior oceano do mundo, e banha o sul do continente asiático e parte da África e Oceania.

Localizado sobre placas convergentes, o que torna favorável a ocorrência de tsunamis, esse oceano tem, desde a Antiguidade, grande importância socioeconômica, inclusive, servindo como rota comercial na época das Grandes Navegações.

O oceano **Austral**, no Po-

lo Sul, é também conhecido como Antártico ou Circumpolar Antártico e, como o próprio nome sugere, banha completamente a Antártica.

É o quarto em termos de extensão, sendo maior apenas que o Ártico.

Vale lembrar que o Brasil é um dos países que possui base de pesquisa científica no continente, a “Estação Antártica Comandante Ferraz” (EACF) para, também, estudar os aspectos oceanográficos do local.

Antes de falarmos sobre o oceano **Ártico**, é bom ressaltar que, diferentemente da Antártida, que é um continente (ou seja, abaixo da camada de gelo possui terra), o Ártico é somente uma porção de água congelada, não podendo, por isso, ser classificado como continente.

Está localizado no Polo Norte e fica parcialmente coberto por gelo durante todo o ano. Contudo, essa cobertura torna-se mais intensa no

inverno.

Além dos oceanos, existem porções menores de água salina, os **mares** que podem ser classificados em três tipos (Figura 1.13): **mares abertos**: os que possuem abertura para o oceano; **mares continentais**: os que, embora circundados por continentes, se ligam ao oceano por canais ou estreitos; **mares fechados**: são isolados e não possuem ligação com o oceano.

Esses três tipos de mares podem ter propriedades diferentes do oceano próximo, devido à circulação restrita que pode mudar salinidade, temperatura e até o consumo biológico de oxigênio.

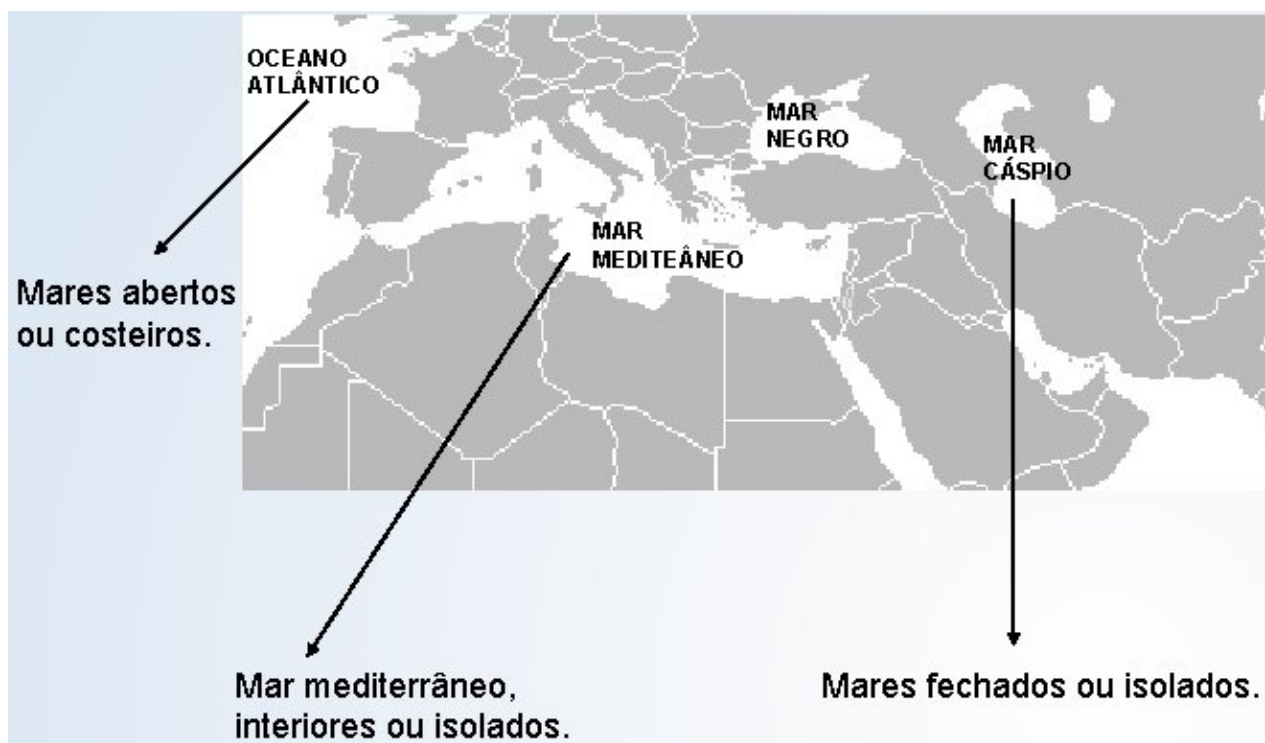


Fig. 1.13 - Diferentes tipos de mares exemplificados. (Imagem: Pluribus Anthony / GNU free. Documentation License - Adaptado por: Secretaria de Educação de Pernambuco.)

2. O Oceano e sua contribuição à vida

2.1 A origem da vida no oceano

A vida como conhecemos hoje seria impossível no nosso planeta sem a presença de água na forma líquida.

É ela a responsável por reter o calor recebido pela radiação solar, além de distribuí-lo ao redor do planeta, por meio, por exemplo, das correntes oceânicas, auxiliando, dessa forma, o balanço do calor global.

Entre outros fatores, a presença de água é essencial para uma série de reações bioquímicas, responsáveis pela vida em nosso planeta. Assim, o oceano, também, passa a desempenhar um papel muito importante na origem e evolução da vida na Terra.

A origem dos elementos para formação e início da vi-

da, como conhecemos hoje, é consenso: veio do Universo. No entanto, a forma como ela se desenvolveu a partir daí, continua, até hoje, a ser motivo de discussão entre cientistas. Muitas hipóteses foram criadas e descartadas. A única concordância é que os primeiros sinais de vida tiveram origem no oceano.

Além da água em sua forma líquida, a abundância de outros elementos, se fez necessária, por exemplo, o carbono, principal responsável por formar a matéria orgânica.

A famosa frase do astrônomo Carl Sagan, "Somos todos poeira de estrelas", nos remete à teoria mais aceita sobre a origem desse elemento: ele teria vindo do Universo, a partir de poeira

cósmica, asteroides e demais corpos celestes (cometas e meteoros) ao colidirem e caírem em nosso planeta.

Retomando o assunto das teorias da origem da vida, uma das primeiras a serem descritas foi a da **sopa primordial**.

Na década de 1920, o cientista russo Aleksandr Oparin propôs a ideia de ela ter surgido a partir de compostos inorgânicos (“matéria não viva”), ou seja, da evolução dos compostos químicos presentes na atmosfera primitiva (nitrogênio, amônia, hidrogênio, metano e vapor de água). Descargas elétricas e energia na forma de calor, teriam gerado blocos de **aminoácidos e nucleotídeos*** que se acumularam no fundo do oceano.

Em 1953, os cientistas Stanley Miller e Harold Urey fizeram um experimento para

tentar comprovar essa teoria (Figura 1.14).

Construíram um sistema fechado que simulava as condições da atmosfera primitiva: gases e demais elementos, em concentrações estimadas. E, para produzir as reações químicas: descargas elétricas como energia.

Ao final do experimento, observou-se que, ali, foram produzidos alguns açúcares e a maior parte dos aminoácidos necessários para o metabolismo, assim como algumas proteínas e nucleotídeos.

No entanto, os resultados não são suficientes para comprovar a teoria, pois esses compostos são apenas

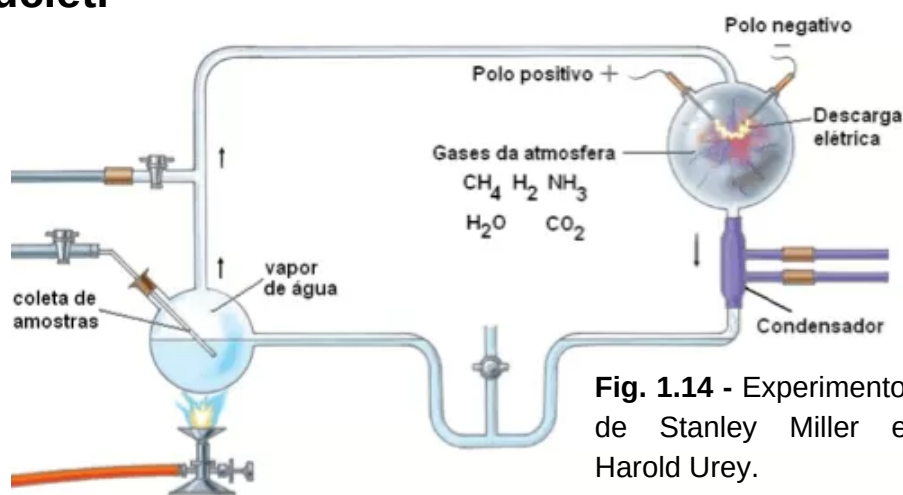


Fig. 1.14 - Experimento de Stanley Miller e Harold Urey.
(Foto: Julia Rocha)

precursores da vida. Também não havia certeza se Miller e Urey teriam simulado, de forma correta as concentrações e condições da atmosfera.

Contudo, apesar de não comprovar a origem da vida, esse experimento foi crucial para validar a teoria de que ela se originara do oceano. Além disso, sugeriu que toda vida presente no planeta tem, de alguma forma, uma ancestralidade comum.

Outra hipótese sobre o surgimento da vida no planeta é a de que começou no **assoalho oceânico**.

Segundo ela, o oceano se apresentava congelado até 300 metros de profundidade, e esse gelo teria sido o responsável por manter as regiões mais profundas em forma fluida e com temperatura aquecida.

Em 2002, os químicos Jeffrey Bada e Antonio Lazcano afirmaram que o material orgânico responsável pela formação dos organis-

mos teria se acumulado no fundo do gelo marinho, isolando-se, dessa forma, dos compostos químicos da antiga atmosfera primitiva. Foi essa proteção que impediu o rompimento das ligações e destruição das moléculas orgânicas.

As primeiras formas de vida, então, teriam se originado abaixo da espessa camada de gelo do oceano, no assoalho marinho.

Os primeiros organismos a surgirem de fato, foram microrganismos unicelulares heterótrofos que consumiam a matéria orgânica existente e o hidrogênio presente na atmosfera.

Eram fermentadores e liberavam, em seus processos metabólicos, gás carbônico (CO_2) e álcool ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).

O gás carbônico produzido ocupou toda a atmosfera terrestre e possibilitou, posteriormente o surgimento das cianobactérias, os primeiros

organismos fotossintetizantes e produtores de oxigênio (Figura 1.15).

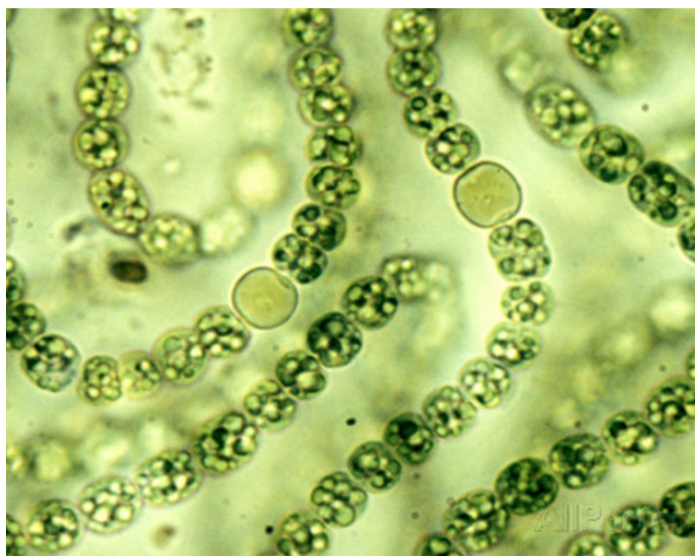


Fig. 1.15 - Microscopia de cianobactérias. (Fonte: <https://www.euquerobiologia.com.br/2016/03/cianobacterias-caracteristicas-e-importancia-ecologicahtml>)

As cianobactérias foram responsáveis por produzir e acumular o oxigênio que hoje está presente na atmosfera terrestre. Isso tornou o plane-

ta habitável e possibilitou a evolução e surgimento de outras formas de vida mais complexas.

Além de necessário para reações metabólicas de **organismos aeróbicos***, o oxigênio produzido foi essencial para a criação da camada de ozônio (Figura 1.16), responsável pela filtragem da radiação proveniente do espaço.

E é bom lembrar aqui que a radiação ultravioleta (filtrada pelo O₃) é tóxica e incompatível com a vida em sua forma mais complexa.

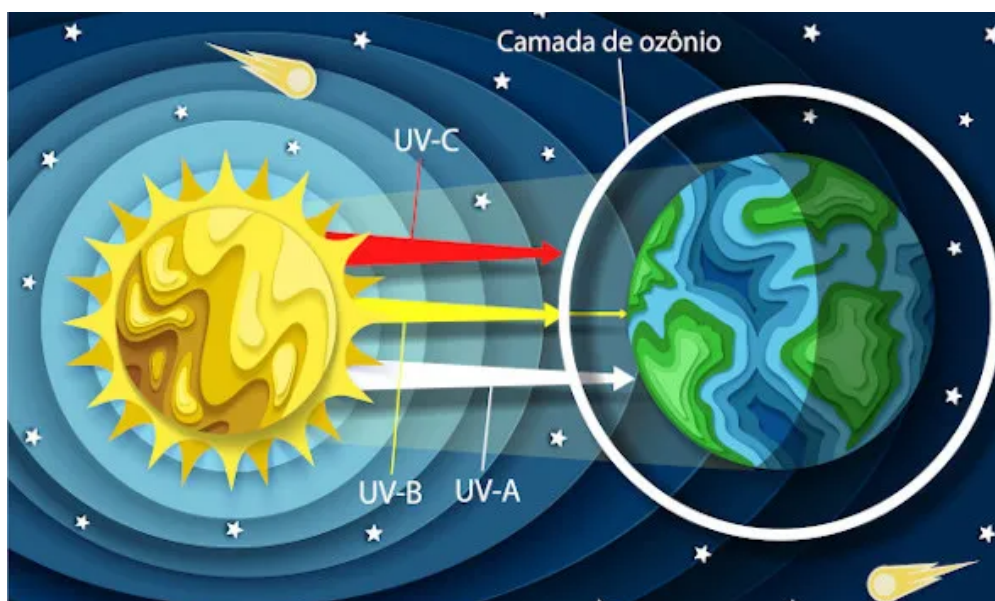


Fig. 1.16 - Desenho representando o funcionamento da camada de ozônio, que impede a entrada de toda a radiação solar UV-B. (Fonte: <https://www.prepararenem.com/geografia/camada-ozonio.htm>)

3. Conhecimento mundial do Oceano

3.1 O estudo do oceano ao longo da história

O mar não foi obstáculo para a dispersão da humanidade.

Segundo registros, os egípcios fizeram as primeiras viagens marítimas com objetivos específicos no mar Mediterrâneo, ainda na Antiguidade. Há, também, evidências dos povos cretenses e fenícios que a utilizaram para comércio e escambo.

Ao longo dos séculos, as navegações evoluíram constantemente, expandindo as civilizações e ampliando o acesso a diversos recursos.

Em 1405, ocorreram as primeiras expedi-

ções exploratórias e foram realizadas pelo almirante chinês Zheng He.

Nesse mesmo século, na Europa, teve início o famoso período das Grandes Navegações, que proporcionou o surgimento de novas rotas comerciais e o encontro de novas terras, até então desconhecidas dos europeus, como a América, encontrada por Cristóvão Colombo em 1492 (Figura 1.17).



Fig. 1.17 - Desenho com representação de um mapa mostrando uma caravela chegando a um continente.
(Por: Bruno Martins no Unsplash)

3.1.1 James Cook e as primeiras expedições oceanográficas

A primeira expedição oceanográfica data de 1768, com a saída do navio HMS Endeavour do porto de Plymouth, Inglaterra, sob o comando da Marinha Real Britânica. O comandante da viagem era o marinheiro, diplomata, escritor e cientista James Cook e tinha, como propósito, garantir a presença inglesa nos mares da porção sul do planeta.

Entretanto, a expedição tinha, também, caráter científico, já que contava com a presença de outros pesquisadores entre os tripulantes. Por exemplo, membros da Sociedade Real que, além dos estudos científicos, aproveitaram para fazer medições.

Enquanto viajavam

pela Oceania (Figura 1.18), observaram a Grande Barreira de Corais (Figura 1.19). Além de mapearam diversas ilhas, até completarem o percurso ao redor do planeta no ano de 1771.



Fig. 1.19 - Mapa atual do continente da Oceania juntamente com uma bússola, instrumento muito usado em expedições marinhas. (Fonte: Denise Jans no Unsplash)



Fig. 1.18 - Costa do mar na Ilha Lizard, localizada na Grande Barreira de Corais em Queensland, Austrália. (Fonte: Freepik.com)

Após impressionar seus superiores, principalmente, pe-

lo cuidado sanitário e com a saúde de seus navegantes, Cook foi encarregado de comandar mais uma expedição com caráter científico.

Nessa viagem (1772 a 1775), o comandante e sua equipe cartografaram a ilha de Tonga e a de Páscoa, além de mapearem a da Geórgia do Sul e o arquipélago da Nova Caledônia antes de retornarem ao país de origem.

Logo no ano seguinte, Cook faria sua última expedição. O líder fora indicado para navegar próximo à costa da América, no Oceano Pacífico, e mapeá-la, além de buscar novas rotas marinhas próximas ao Ártico.

Enquanto viajavam pela Oceania, Cook e sua tripulação localizaram, pela primeira vez, o arquipélago do Havaí

(Figura 1.20) e, quando passavam pela região, pela segunda vez, foram mortos pelos nativos da ilha.



Fig. 1.20 - Vista aérea da Ilha Kauai, Havaí, Estados Unidos
(Fonte: Karsten Winegeart no Unsplash)

Depois dessas expedições realizadas por James Cook, ocorreram outras viagens, também de cunho científico, porém, nenhuma voltada, especificamente, para pesquisas marinhas. O estudo das Ciências do Mar com expedições exclusivamente científicas só começaria no século seguinte, com o navio *HMS Challenger*.

3.1.2 HMS Challenger

No ano de 1872, o navio *HMS Challenger* (Figura 1.21) partiu do Reino Unido para ser a primeira expedição totalmente voltada para pesquisas científicas do mar.

A iniciativa foi idealizada pelo professor Charles Wyville Thomson e seu aluno John Murray, da Universidade de Edimburgo, na Escócia. Para essa empreitada, tiveram o apoio do governo britânico e da Marinha Real, além de uma equipe treinada para realizar longas expedições. E em troca, deveriam ceder parte dos lucros provenientes das descobertas para a coroa.

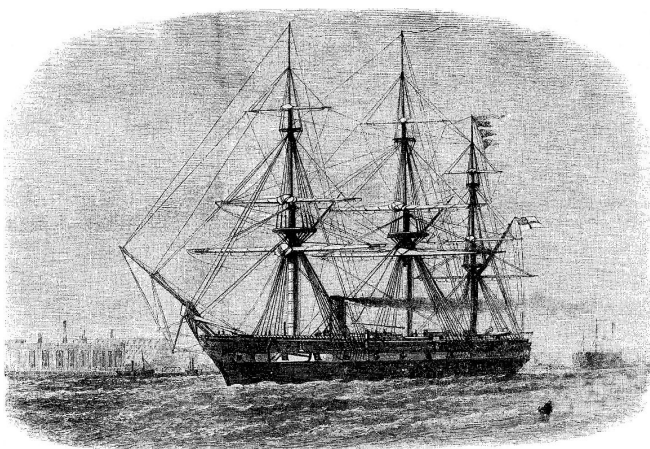


Fig. 1.21 - Representação do HMS Challenger. (https://pt.wikipedia.org/wiki/Expedi%C3%A7%C3%A3o_Challenger)

Um dos propósitos que motivou essa viagem foi comprovar a ideia do professor da Universidade de Edimburgo, Edward Forbes, que afirmava não existir vida no oceano abaixo de 549 metros de profundidade, devido à alta pressão e à ausência de luminosidade (Figura 1.22).



Fig. 1.22 - Com o aumento da profundidade no oceano, a luz proveniente dos raios solares se torna escassa, até ficar ausente. (Por: Cristian Palmer on Unsplash)

A equipe do Challenger coletou um total de 492 amostras e chegou a uma profundidade máxima de 8.185 metros.

Nas coletas realizadas, encontraram diversos animais desconhecidos e, além de provarem que a teoria de Edward Forbes estava equi-

vocada, os biólogos registraram 4.717 novas espécies (Figura 1.23).

A expedição durou quatro anos e foi considerada um grande sucesso. Durante as coletas que colaboraram para a investigações sobre o oceano profundo, os cientistas realizaram diversas medições de salinidade, densidade e temperatura.

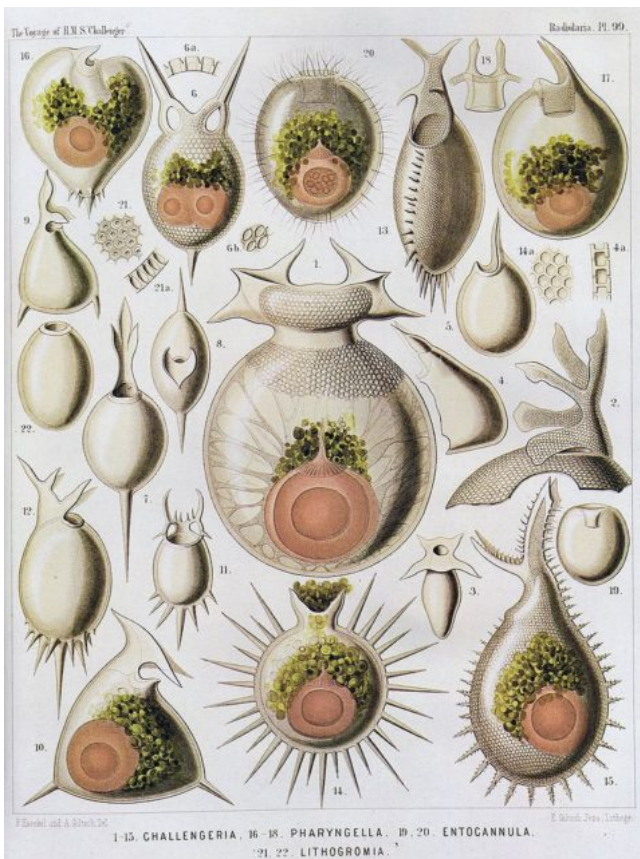


Fig. 1.23 - Painel de espécies de Ernst Haeckel com radiolários - expedição Challenger. (Fonte: <https://www.thevintagenews.com/2016/11/12/the-challenger-expedition-journey-that-founded-oceanology-and-turned-jules-vernes-fantasy-into-reality/>)

Além disso, a viagem contribuiu para mapear recifes de corais e obter novos dados de meteorologia, correntes oceânicas e distribuição sedimentar.

As pesquisas realizadas trouxeram resultado financeiro positivo para o governo britânico e, esse fato, fez com que, posteriormente, investisse em novas pesquisas e obtivesse lucros mais rápidos a partir da exploração de minerais descobertos no oceano.

Até hoje, a expedição do *Challenger* é considerada a viagem de cunho científico mais longa e contínua de todos os tempos.

Importante reforçar, também, que a descoberta de vida no oceano profundo, ocorrida nessa jornada, impulsionou os estudos da Biologia Marinha a partir de então.

4. Intersecção Homem-Oceano

4.1 A importância do oceano para a evolução da humanidade

Os Fenícios são considerados os primeiros marinheiros da história, já que exploravam o Mar Mediterrâneo desde 2.000 anos a.C., aproximadamente. Porém, historiadores acreditam que o comércio marítimo seja bem mais antigo.

A importância do oceano também pode ser confirmada pela época das Grandes Navegações: longas viagens realizadas pelos europeus, entre o século XV e XVIII, com objetivos políticos, econômicos e religiosos.

Foi assim que muitos dos países que conhecemos hoje foram colonizados. Por isso, esse momento possui grande importância histórica para a evolução da sociedade.

Voltando ainda mais no tempo, para quando o planeta ainda estava em formação, foi o aparecimento do oceano que tornou possível a origem de vida na Terra e sua evolução até os dias atuais, como já explicamos anteriormente.

Desde os tempos do homem primitivo, o oceano era usado como fonte de obtenção de alimento e remédio. Hoje, milhares de anos depois, ainda precisamos dele para a existência humana.

Além de servir também como fonte de trabalho para inúmeras pessoas, ele exerce muitas outras funções, tendo importância, imensurável para o planeta e a humanidade.

4.2 Como o oceano e o ser humano se relacionam hoje?

Através da evaporação das águas que se transformam em chuvas, o oceano traz umidade para a agricultura; regula o clima global através de sua circulação, levando calor para áreas mais frias e vice-versa; funciona como aprisionador de carbono (o que é favorável, visto ser o CO₂ um dos gases responsáveis pelo efeito estufa. Isso será detalhado mais adiante); é rico em biotecnologia para tratamentos e remédios; fornece minerais economicamente importantes; também serve como transporte e é uma das principais vias de comércio do mundo.

Esses benefícios, gratuitamente, obtidos dos ecossistemas marinhos e costeiros, sendo alguns deles até de forma involuntária, são chamados de **bens e serviços ecossistêmicos oceânicos** e podem ser classificados em quatro tipos:

1. Serviços de provisão: estão relacionados a tudo o que

podemos extrair do oceano (recursos vivos e não vivos).

O ambiente marinho provê alimento para mais de um bilhão de pessoas no mundo; matéria-prima para cosméticos e fármacos; calcário e areia para construção civil; energia das ondas e marés; é via de transportes marítimos, etc.

2. Serviços de regulação: estão relacionados a funções e atividades desempenhadas pelos ecossistemas e espécies que permitem condições para a vida humana, como a regulação climática; armazenamento de carbono, ; proteção contra enchentes e tratamento de efluentes.

3. Serviços de suporte: estão relacionados à formação de habitats e processos básicos da natureza, como a formação de recifes de corais; sedimento; ciclagem dos nutrientes e a **produção primária***.

4. Serviços culturais: estão relacionados a atividades re-

criativas, espirituais, educativas e contemplativas que são realizadas pelos seres humanos. Isso inclui o prazer de descansar na praia, de ouvir o som do mar, da alegria de contemplar os animais se movimentando, e do desenvolvimento da cultura de comunidades que vivem no entorno do mar (Figura 1.24).

A oferta desses serviços, contudo, tem sido reduzida, por conta da deterioração física dos ecossistemas, da destruição de habitats, da extinção de espécies, da perda da biodiversidade e do acúmulo de substâncias estranhas à hidrosfera e à biosfera.



Fig. 1.24 - Ilustração de uma comunidade caiçara.

(Fonte: Manual Caiçara de Ecoturismo de Base Comunitária © Instituto EcoBrasil)

Glossário:

Substâncias voláteis: substâncias com alta capacidade de evaporação. Passam do estado líquido para o gasoso sem necessidade de temperatura muito elevada.

Aminoácidos: unidades básicas que compõem as proteínas.

Nucleotídeos: moléculas presentes nas células, são os principais constituintes do DNA e do RNA.

Organismos aeróbicos: organismos que dependem do oxigênio para manutenção de seu metabolismo.

Produção primária: é a síntese de matéria orgânica de alta energia a partir de compostos inorgânicos, obtidos por fotossíntese (pela luz do Sol) ou quimiossíntese (energia química).

Referências bibliográficas

GARRISON, Tom. **Fundamentos de oceanografia**. Cengage Learning, 2010.

JACOBI, Pedro Roberto et al. **Temas atuais em Mudanças Climáticas**.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio. **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, v. 2, p. 608, 2002.

SCHMIEGELOW, J. M. M. M. **O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

Hypoteses about the origins of life. Khan Academy, 2021. Disponível em: <https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/natural-selection/origins-of-life-on-earth/a/hypotheses-about-the-origins-of-life>. Acesso em 25/05/2021 às 13:23.

Nada de sopa primordial: novo estudo dá pistas alternativas sobre a origem da vida. Super Interessante, 2021. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/nada-de-sopa-primordial-novo-estudo-da-pistas-alternativas-sobre-a-origem-da-vida-na-terra/>>. Acesso em 25/05/2021 às 14:03.

O que é sopa primordial. Lqes iqm unicamp, 2021. Disponível em: <https://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_responde/lqes_responde_sopa_primordial.html>. Acesso em 25/05/2021 às 13:47.

O trabalho silencioso dos oceanos. Disponível em: <<https://www.batepapocomnetuno.com/post/o-trabalho-silencioso-dos-oceanos>> Acesso em 05/06/21 às 18:21.

Vida primitiva: como teriam surgido os primeiros organismos vivos. Ibb Unesp. Disponível em: <https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/6_origem/origem_vida/origem.htm>. Acesso em 25/05/2021 às 15:00.

Realização:



Instituições parceiras:



Apoio:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



ISBN: 978-65-997638-0-9

CBL



9 786599 763809