



CURRÍCULO PARA PROFESSORES

EDITADO POR
THEODOROS KEVREKIDIS
PARASKEVI MALEA



Cofinanciado pela
União Europeia





CURRÍCULO SEAQUEST PARA PROFESSORES

EDITADO POR

THEODOROS KEVREKIDIS
UNIVERSIDADE DEMOCRITUS DA TRÁCIA

PARASKEVI MALEA
UNIVERSIDADE ARISTÓTELES DE SALÓNICA

ALEXANDROUPOLIS, GRÉCIA 2025

FOTO DA CAPA

Pradaria de *Cymodocea nodosa* no Golfo Pagásico, norte do Mar Egeu, Grécia
(crédito da foto: Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)

EDITADO POR

THEODOROS KEVREKIDIS

UNIVERSIDADE DEMOCRITUS DA TRÁCIA

PARASKEVI MALEA

UNIVERSIDADE ARISTÓTELES DE SALÓNICA

DESENHADO POR

ADRIA FESSA

UNIVERSIDADE ARISTÓTELES DE SALÓNICA

Referência

Kevrekidis T. e P. Malea (eds.). 2025. Currículo SEAQUEST para Professores. Projeto Erasmus+ «SEAQUEST», 2024-1-EL01-KA220-SCH-000244654.





CURRÍCULO SEAQUEST PARA PROFESSORES

ERASMUS+

PROGRAMA DA UE PARA A EDUCAÇÃO, FORMAÇÃO,
JUVENTUDE E DESPORTO

TÍTULO DO PROJETO

SEAQUEST: EDUCAÇÃO SOBRE ERVAS MARINHAS PARA
CRIANÇAS COM VISTA AO QUOCIENTE DE CONSCIÊNCIA
PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

NÚMERO DO PROJETO

2024-1-EL01-KA220-SCH-000244654



**Cofinanciado pela
União Europeia**

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista aqui expressos são, no entanto, da exclusiva responsabilidade do(s) autor(es) e não refletem necessariamente os da União Europeia, da Agência Nacional do Programa Erasmus+ ou do Corpo Europeu de Solidariedade. Nem a União Europeia nem a entidade que concede a subvenção podem ser responsabilizadas por esses conteúdos.

CONTACTE-NOS

sequest.duth@gmail.com





CONSÓRCIO DO PROJETO

O projeto envolve universidades, institutos de investigação e organizações não governamentais de cinco países da União Europeia – Grécia, Portugal, Dinamarca, Bélgica e Chipre

COORDENADOR



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ | DEMOCRITUS
UNIVERSITY
OF THRACE

PARTNERS



Cofinanciado pela
União Europeia

PREFÁCIO

As ervas marinhas são angiospermas aquáticas que crescem em ambientes estuarinos e marinhos pouco profundos em todo o mundo. As ervas marinhas formam extensas pradarias subaquáticas, que desempenham uma multiplicidade de funções valiosas para o funcionamento global dos sistemas costeiros. As ervas marinhas também prestam uma variedade de serviços ecossistêmicos aos seres humanos à escala global. No entanto, o desenvolvimento e a atividade humanos resultaram numa perda global de ervas marinhas. Cerca de 20% da área global de ervas marinhas foi perdida desde o final do século XIX, e prevê-se que esta tendência continue.

Os pradarias de ervas marinhas não estão no centro das políticas e estratégias de gestão. Além disso, a sociedade desconhece em grande parte as ervas marinhas e o seu valor. Assim, aumentar a sensibilização para o valor das ervas marinhas é crucial para a sustentabilidade destes ecossistemas vitais. Neste contexto, foram desenvolvidos os Princípios e Conceitos sobre Ervas Marinhas, que definem os conhecimentos que uma pessoa com conhecimentos sobre ervas marinhas deve possuir (*Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. Marine Pollution Bulletin, 173, 112936*). O desenvolvimento dos Princípios e Conceitos sobre Ervas Marinhas constitui um marco importante no esforço para criar uma sociedade com conhecimentos sobre ervas marinhas. Estes princípios e conceitos formaram a base do que hoje chamamos de literacia em ervas marinhas.

O *SEAQUEST* é um projeto Erasmus+ que visa melhorar a literacia sobre ervas marinhas no ensino básico em toda a Europa, através da investigação, do desenvolvimento de um kit de ferramentas educativas, da formação de professores, da aprendizagem baseada em tecnologia através de um jogo interativo e do envolvimento da comunidade.

O *Conjunto de Ferramentas Educativas SEAQUEST* inclui o Currículo SEAQUEST para Professores e o Guia Educativo SEAQUEST para Professores, para introduzir eficazmente o conhecimento sobre as ervas marinhas nas escolas primárias, em combinação com um jogo digital interativo. O presente manual, o Currículo SEAQUEST para Professores, tem como objetivo informar sucintamente os professores sobre o valor das ervas marinhas para o ambiente e para as pessoas, e sobre a necessidade de conservação das pradarias marinhas e de promoção da literacia sobre ervas marinhas. Além disso, este manual visa fornecer um quadro curricular abrangente sobre ervas marinhas para os professores.

Agradecemos a todos os parceiros do projeto SEAQUEST pela sua contribuição para o desenvolvimento do presente manual. Agradecemos profundamente os esforços de todos os autores das secções do manual. Agradecemos a Adria Fessa pela arte e layout do manual, bem como a todos aqueles que contribuíram com fotografias e desenhos para o manual.

A grande variedade de tópicos e a tentativa de simplificar conceitos terão inevitavelmente levado a omissões, o que constitui mais uma razão pela qual críticas bem-intencionadas a este manual educativo são sempre bem-vindas.

Esperamos que a utilização deste manual traga uma maior sensibilização para as ervas marinhas e, em última análise, contribua para um futuro sustentável para estes ecossistemas marinhos vitais.

Theodoros Kevrekidis,

Professor,
Universidade Demócrito da Trácia

Paraskevi Melea,

Professora,
Universidade Aristóteles de Salónica

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	13
<i>Theodoros Kevrekidis</i>	
A. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	16
A1. Conservação e utilização sustentável dos oceanos	17
<i>Theodoros Kevrekidis e Myrianthi Karantona</i>	
A2. A história da Literacia Oceânica e os seus princípios	20
<i>Dominika Wojcieszek</i>	
A3. Conservação das ervas marinhas	25
<i>Theodoros Kevrekidis e Paraskevi Malea</i>	
A4. Literacia sobre ervas marinhas	28
<i>Theodoros Kevrekidis e Helena Barracosa</i>	
B. CURRÍCULO SEAQUEST	31
B1. Finalidade e objetivos	32
<i>Theodora Boubonari</i>	
B2. Abordagens pedagógicas	35
<i>Theodora Boubonari</i>	
B3. Competências	38
<i>Theodora Boubonari</i>	
B4. Estratégias e ferramentas de avaliação	41
<i>Theodora Boubonari</i>	
B5. Módulos temáticos	43
B5.1. O oceano sustenta uma grande diversidade de vida e ecossistemas	44
<i>Ana Alexandre</i>	
1. Diversidade da vida	45
2. Diversidade dos ecossistemas	50
B5.2. As ervas marinhas são plantas únicas	55
<i>Paraskevi Malea e Theodoros Kevrekidis</i>	
1. Princípio 1 da Literacia sobre Ervas Marinhas	56
2. Conceitos Fundamentais	57
3. Conhecimentos	58

B5.3. As ervas marinhas formam extensas pradarias subaquáticas	79
<i>Theodoros Kevrekidis e Paraskevi Malea</i>	
1. Princípio 2 da Literacia sobre Ervas Marinhas	80
2. Conceitos fundamentais	81
3. Conhecimentos	82
B5.4. As ervas marinhas sustentam uma grande diversidade de vida	97
<i>Paraskevi Malea e Theodoros Kevrekidis</i>	
1. Princípio 3 da Literacia sobre Ervas Marinhas	98
2. Conceitos fundamentais	99
3. Conhecimentos	100
B5.5. As ervas marinhas estabilizam o fundo do mar, melhoram a qualidade da água e armazenam carbono	109
<i>Paraskevi Malea e Theodoros Kevrekidis</i>	
1. Princípio 4 da Literacia sobre Ervas Marinhas	110
2. Conceitos fundamentais	111
3. Conhecimentos	112
B5.6. As ervas marinhas e os seres humanos estão indissociavelmente interligados	118
<i>Theodoros Kevrekidis e Paraskevi Malea</i>	
1. Princípio 5 da Literacia sobre Ervas Marinhas	119
2. Conceitos fundamentais	120
3. Conhecimentos	121
B5.7. As ervas marinhas estão, em grande parte, inexploradas	137
<i>Theodoros Kevrekidis e Paraskevi Malea</i>	
1. Princípio 6 da Literacia sobre Ervas Marinhas	138
2. Conceitos fundamentais	139
3. Conhecimentos	140
GLOSSÁRIO DE TERMOS	142
LEITURA ADICIONAL	146

INTRODUÇÃO

Theodoros Kevrekidis

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia

O **oceano** é a característica física mais marcante da Terra. O oceano e a vida nele presente moldam as características do nosso planeta; o oceano exerce uma influência determinante no tempo e no clima, tornou a Terra habitável e sustenta uma grande diversidade de vida e ecossistemas. O oceano é vital para a saúde e o bem-estar humanos e sustenta as economias de países em todo o mundo. No entanto, o oceano está sob grave ameaça devido às atividades humanas, principalmente através **das alterações climáticas**, da poluição e da sobrepesca, o que leva à perturbação das cadeias alimentares, à destruição de habitats, à perda de biodiversidade e a impactos na saúde e no bem-estar humanos, bem como nas comunidades costeiras.

As pradarias de ervas marinhas são ecossistemas marinhos vitais. **As ervas marinhas** (ou **angiospermas marinhas**) são plantas aquáticas, confinadas ao ambiente marinho. As ervas marinhas estão muito disseminadas, ocorrem em todas as águas costeiras pouco profundas, exceto ao longo das costas antárticas, e formam extensas pradarias, que constituem um ecossistema marinho único. Os ecossistemas de ervas

marinhas desempenham uma

multiplicidade de funções que são valiosas para o funcionamento geral dos sistemas costeiros. As pradarias de ervas marinhas sustentam uma grande diversidade de vida, estabilizam os fundos marinhos, melhoram a qualidade da água e armazenam carbono, mitigando as alterações climáticas e amortecendo a acidificação dos oceanos. As ervas marinhas também prestam uma variedade de serviços ambientais, sociais, económicos e culturais aos seres humanos à escala global. No entanto, o desenvolvimento e a atividade humanos resultam numa perda global de ervas marinhas. Cerca de 20% da área global de ervas marinhas foi perdida desde o final do século XIX, e prevê-se que esta tendência continue.

Foram desenvolvidas iniciativas internacionais e compromissos políticos para restaurar a saúde do oceano, incluindo a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da ONU e a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável da ONU (2021-2030). A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável centra-se em 17 Objetivos de

Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo que o ODS 14 («Vida Subaquática») se foca na conservação e no uso sustentável dos oceanos, mares e recursos marinhos, enquanto a visão da Década dos Oceanos é «*a ciência de que precisamos para o oceano que queremos*». As iniciativas globais também dão prioridade à promoção da **Literacia Oceânica**, que é definida como a compreensão de como o oceano nos afeta e de como nós afetamos o oceano, permitindo decisões informadas e ações responsáveis para a saúde do oceano. Por exemplo, o programa de Literacia Oceânica da UNESCO-IOC é um esforço global para promover uma sociedade com literacia oceânica através da educação, colaboração e ação, enquanto o Currículo Azul da UNESCO é um quadro educativo inovador que integra a Literacia Oceânica nos sistemas escolares, promovendo a sustentabilidade, a cidadania ativa e a compreensão do papel vital do oceano.

Apesar de terem sido desenvolvidas iniciativas internacionais e compromissos políticos para restaurar a saúde do oceano, as pradarias de ervas marinhas não estão no centro das estratégias políticas e de gestão. Além disso, a sociedade desconhece em grande parte as ervas marinhas e o seu valor. É necessário um maior reconhecimento do valor das ervas marinhas para pressionar os decisores e os responsáveis políticos a proteger estes valiosos ecossistemas. O exposto acima sublinha a necessidade de construir uma sociedade com conhecimentos sobre as angiospermas marinhas, capaz de tomar decisões informadas e responsáveis sobre a sua sustentabilidade. Para o efeito, foram definidos os **Princípios e Conceitos sobre as Ervas Marinhas**, que delineiam os conhecimentos que um cidadão deve possuir para ser considerado informado sobre as angiospermas marinhas.

Os Princípios e Conceitos sobre as ervas marinhas podem servir de orientação para cientistas, responsáveis políticos e decisores, organizações não governamentais, partes interessadas e o setor da Economia Azul, de modo a tomarem decisões informadas e responsáveis sobre as ervas marinhas. Mas, acima de tudo, estes princípios e conceitos podem ser utilizados para fins educativos, tanto no contexto da educação formal como não formal. Podem ser integrados nos currículos do ensino básico e secundário, nos manuais escolares e nas práticas educativas, em conjunto com os princípios essenciais e conceitos fundamentais da Literacia Oceânica.

O projeto **SEAQUEST** Erasmus+ visa melhorar a literacia sobre ervas marinhas no ensino básico em toda a Europa, promovendo a gestão ambiental e alinhando-se com iniciativas globais de conservação. Através da investigação, do desenvolvimento de um kit de ferramentas educativas, da formação de professores, da aprendizagem baseada em tecnologia através de um jogo interativo e do envolvimento da comunidade, este projeto procura construir uma cidadania oceânica e sensibilizar para o valor das ervas marinhas para o ambiente e para as pessoas.

O **Conjunto de Ferramentas Educativas SEAQUEST** inclui o **Currículo SEAQUEST para Professores** e o **Guia Educativo SEAQUEST** para Professores (Aulas e Trabalho de Campo/Atividades ao Ar Livre) para introduzir eficazmente o conhecimento sobre as ervas marinhas nas escolas primárias, combinado com um jogo digital interativo. O **jogo digital interativo** complementa os esforços de ensino dos professores, criando uma aprendizagem motivadora e interativa para os seus alunos durante o processo de aprendizagem. O desenvolvimento do Kit de

Ferramentas SEAQUEST baseou-se nos resultados da investigação documental e de campo, realizadas no âmbito do projeto SEAQUEST, que revelaram desafios específicos, lacunas e falta de conhecimento sobre as ervas marinhas.

O Currículo SEAQUEST para Professores inclui duas partes principais. O principal objetivo da primeira parte (Enquadramento Teórico) é informar sucintamente o leitor sobre questões-chave relacionadas com (a) a conservação dos oceanos e a utilização sustentável do oceano e dos seus recursos, (b) a biologia das ervas marinhas e as funções, serviços, perda e conservação do ecossistema das ervas marinhas, (c) o movimento de literacia oceânica e (d) a necessidade de promover a literacia sobre as ervas marinhas.

Na segunda parte, o Currículo do Professor é analisado de forma abrangente (finalidade e objetivos, abordagens pedagógicas, competências, estratégias e ferramentas de avaliação, módulos temáticos). Sete módulos temáticos surgiram através da

combinação e avaliação dos dados recolhidos pela investigação documental e de campo, realizadas no âmbito do projeto SEAQUEST. Para organizar estes dados em módulos, foram também considerados os Princípios Essenciais e Conceitos Fundamentais da Literacia Oceânica, bem como os Princípios e Conceitos sobre as Ervas Marinhas. Como resultado, o primeiro módulo temático corresponde ao quinto Princípio da Literacia Oceânica (*O oceano sustenta uma grande diversidade de vida e ecossistemas*), enquanto cada um dos restantes módulos temáticos corresponde a um dos seis Princípios sobre as ervas marinhas. Em cada módulo temático, textos sinópticos fornecem os conhecimentos de conteúdo necessários.

No final do manual, encontra-se um glossário de termos destinado a facilitar a compreensão do leitor. Além disso, no final do manual, para cada secção individualmente, é apresentada uma lista de documentos e publicações científicas (artigos de revistas, livros e capítulos, relatórios, etc.) para os leitores que desejem aprofundar os temas.

A. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

A1. CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DO OCEANO

Theodoros Kevrekidis

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia

Myrianthi Karantona

STANDO LTD, Chipre



O oceano, que cobre mais de 70 % da Terra, é fundamental para a regulação do clima, a produção de oxigênio, a absorção de CO₂ e a preservação da biodiversidade. Proporciona alimentos, medicamentos, empregos, proteção costeira, atividades recreativas e valor cultural, sustentando a saúde e os meios de subsistência humanos. No entanto, as alterações climáticas aceleradas, a poluição e a sobrepesca estão a comprometer a capacidade do oceano para sustentar estas funções e serviços. Têm sido desenvolvidas iniciativas internacionais para restaurar a saúde dos oceanos. Por exemplo, em 2015, a Assembleia Geral da ONU estabeleceu 17 ODS como um apelo global para acabar com a pobreza, proteger o planeta e garantir que todas as pessoas desfrutem de paz e prosperidade até 2030 (**Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**). O ODS 14 estabelece: «Conservar e utilizar de forma sustentável os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável». Além disso, em 2017, a Assembleia Geral da ONU declarou a **Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030)**.

A **Década dos Oceanos** abrange um período de 10 anos com início a 1 de janeiro de 2021 e é coordenada pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) da UNESCO. A **visão** da Década dos Oceanos é “*a ciência de que precisamos para o oceano que queremos*». Especificamente, refere-se à necessidade de melhorar drasticamente o estado atual dos oceanos mundiais através de soluções baseadas na ciência e de uma maior colaboração. A Década facilitará a geração de dados, informação e conhecimento para passar do «*oceano que temos*» para o «*oceano que queremos*». A Década dos Oceanos irá desenvolver a capacidade científica e gerar conhecimento que contribuirá diretamente para os objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e outros quadros jurídicos e políticos globais relevantes. **Sete re-**

sultados descrevem o «*oceano que queremos*» no final da Década:

Resultado 1:

Um oceano limpo, onde as fontes de poluição sejam identificadas e reduzidas ou eliminadas.

Resultado 2:

Um oceano saudável e resiliente, onde os ecossistemas marinhos são compreendidos, protegidos, restaurados e geridos.

Resultado 3:

Um oceano produtivo que sustenta o abastecimento alimentar sustentável e uma economia oceânica sustentável.

Resultado 4:

Um oceano previsível, em que a sociedade compreende e consegue responder às condições oceânicas em mudança.

Resultado 5:

Um oceano seguro, onde a vida e os meios de subsistência estão protegidos contra os riscos relacionados com o oceano.

Resultado 6:

Um oceano acessível, com acesso aberto e equitativo a dados, informação, tecnologia e inovação.

Resultado 7:

Um oceano inspirador e envolvente, onde a sociedade compreende e valoriza o oceano em relação ao bem-estar humano e ao desenvolvimento sustentável.

O **Quadro de Ação da Década do Oceano** ri-entará a concepção e a implementação das iniciativas a realizar durante a Década do Oceano. Este quadro inclui os **Desafios da Década do Oceano**, que representam as prioridades mais imediatas e urgentes para a Década e que podem evoluir ao longo da mesma, os **Objetivos da Década do Oceano**, que orientarão o processo necessário para enfrentar os Desafios, de modo a que passemos do «oceano que temos» para o «oceano que queremos», e **as Ações da Década dos Oceanos**, ou seja, iniciativas e esforços concretos (programas, projetos, atividades e/ou contribuições) a serem implementadas por um vasto leque de partes interessadas para cumprir os objetivos e alcançar os Desafios.

Os três **Objetivos do processo da Década dos Oceanos** são descritos abaixo. Para cada Objetivo, é sugerida uma lista não exaustiva de **sub-objetivos** que serão fundamentais na formulação, estruturação e agrupamento das Ações da Década dos Oceanos..

Objetivo 1:

Identificar os conhecimentos necessários para o desenvolvimento sustentável e aumentar a capacidade da ciência oceânica para fornecer os dados e informações oceânicos necessários.

Objetivo 2:

Reforçar as capacidades e gerar conhecimentos e compreensão abrangentes sobre o oceano, incluindo as interações humanas e as interações com a atmosfera, a criosfera e a interface terra-mar.

Objetivo 3:

Aumentar a utilização do conhecimento e da compreensão do oceano e desenvolver capacidades para contribuir para soluções de desenvolvimento sustentável.

O primeiro **sub-objetivo** do **Objetivo 3** descrito abaixo:

Subobjetivo 3.1:

Divulgar amplamente e promover o papel da ciência oceânica para o desenvolvimento sustentável junto de diversos grupos de partes interessadas, nomeadamente através da educação formal e informal e da expansão de abordagens de literacia oceânica entre esses grupos.

Neste contexto, o desenvolvimento da **literacia oceânica** foi explicitamente reconhecido pelas Nações Unidas (ONU) como um dos passos cruciais para um futuro sustentável para o oceano.

A2. A HISTÓRIA DA LITERACIA OCEÂNICA E OS SEUS PRINCÍPIOS

Dominika Wojcieszek

Associação Europeia de Educadores em Ciências Marinhas, Bélgica



A NECESSIDADE DA LITERACIA OCEÂNICA

De acordo com o Dicionário de Cambridge, um dos significados de «**literacia**» é «conhecimento de um determinado assunto ou um tipo específico de conhecimento». Neste contexto, a **Literacia Oceânica** (LO) refere-se à compreensão da influência do oceano sobre nós – e da nossa influência sobre o oceano.

O **oceano** é a característica mais proeminente e visível da Terra. Cobre mais de 70% da superfície do planeta e contém 97% de toda a água da Terra. As primeiras formas de vida a produzir oxigénio, tornando assim a nossa atmosfera respirável e a Terra habitável, surgiram do oceano. Como berço da vida, é o lar de uma diversidade extraordinária de organismos, que vão desde os mais pequenos organismos unicelulares microscópicos até ao maior animal que alguma vez existiu na Terra – a baleia azul.

O fundo do oceano alberga as montanhas mais altas do planeta, as fossas mais profundas e as planícies mais vastas, bem como o maior sistema de atividade vulcânica. O oceano regula os sistemas do nosso planeta. Transporta calor, água e dióxido de carbono por todo o globo, influenciando tanto o clima global como o tempo local. Proporciona à humanidade alimentos, água doce, medicamentos, transportes, energia e matérias-primas. Além disso, o oceano sustenta a saúde, a cultura e as economias humanas, tornando a ligação entre as pessoas e o oceano indissociável.

Apesar da sua imensa importância, o oceano permanece em grande parte inexplorado – e gravemente sub-representado nos sistemas educativos de todo o mundo.

A **lógica** subjacente à Literacia Oceânica é simples: sendo o oceano a característica dominante do nosso planeta, para compreender verdadeiramente a Terra, temos de compreender o oceano. Este conhecimento é essencial para a sustentabilidade do nosso planeta e para o bem-estar da humanidade.

A Literacia Oceânica ajuda a sensibilizar para o papel crucial do oceano na sustentação da vida e incentiva a utilização responsável e sustentável dos seus recursos. À medida que os desafios relacionados com o oceano ganham importância nas áreas da ciência, das políticas, da educação e da sociedade civil, a Literacia Oceânica surge como uma ferramenta vital para promover o envolvimento, a gestão responsável e a responsabilidade partilhada.

Ao longo da última década, a literacia oceânica tem vindo a ganhar cada vez mais destaque na Europa como forma de aproximar as questões oceânicas do público em geral, contribuindo para promover a compreensão e o apoio à gestão sustentável dos oceanos e à conservação dos recursos marinhos. Esta importância é reconhecida em iniciativas globais e regionais. Por exemplo, a missão da União Europeia [«Recuperar os nossos Oceanos e as Águas»](#) visa mobilizar a investigação, a inovação, o investimento e a participação dos cidadãos para proteger e restaurar os ecossistemas aquáticos. Da mesma forma, a [Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável](#) (2021-2030) inclui o Desafio 10: «Restaurar a relação da sociedade com o oceano», que se alinha diretamente com os objetivos da Literacia Oceânica.

ORIGENS DA LITERACIA OCEÂNICA

O conceito moderno de Literacia Oceânica começou a tomar forma no início dos anos 2000. Naquela altura, uma coligação de cientistas marinhos e educadores nos Estados Unidos reconheceu uma lacuna flagrante: os temas relacionados com o oceano estavam quase totalmente ausentes da educação formal.

Em resposta, várias organizações – incluindo a [Associação Nacional de Educadores Marinhos](#) (NMEA), os [Centros de Excelência em Educação em Ciências Oceânicas](#) (COSEE), a [Sociedade Geográfica Nacional](#), e a [Administração Nacional Oceânica e Atmosférica](#) (NOAA) - formaram grupos de trabalho e comissões em 2003 para começar a abordar esta questão.

Em 2004, a iniciativa ganhou impulso. Um momento crucial ocorreu em outubro de 2004, quando cerca de 100 especialistas em ciências oceânicas, educação e políticas participaram num workshop virtual organizado pelo [College](#)

[of Exploration](#) (CoE). Entre os participantes contavam-se representantes do Gabinete de Educação da NOAA, do Lawrence Hall of Science, do COSEE, do Programa Sea Grant da NOAA e de outras instituições importantes.

O objetivo era criar um quadro abrangente para integrar a ciência do oceano nos padrões educativos nacionais e estaduais. O resultado foi a **definição** e o lema **da Literacia Oceânica** e os sete **Princípios** Essenciais **da Literacia Oceânica** (OLP) com **45 conceitos fundamentais**. Os resultados deste processo conduziram à publicação do primeiro [Guia de Literacia Oceânica](#) em 2005, que, desde então, tem sido regularmente atualizado. O seu objetivo principal era proporcionar aos educadores um recurso prático e cientificamente preciso para integrar conteúdos oceânicos nos currículos em todos os níveis de ensino – desde o jardim de infância até ao ensino secundário.

DEFINIÇÃO DE LITERACIA OCEÂNICA:

A Literacia Oceânica é a compreensão de conceitos fundamentais sobre o funcionamento do sistema oceano-atmosfera-Terra. Uma pessoa **com literacia oceânica** reconhece a influência do oceano na sua vida quotidiana, consegue comunicar de forma significativa sobre questões oceânicas e é capaz de tomar decisões informadas e responsáveis para garantir que o oceano continue a sustentar a vida na Terra.

Slogan:

Compreender a influência do oceano sobre si e a sua influência sobre o oceano.

Os sete **princípios essenciais da literacia oceânica**:

1. A Terra tem um grande oceano com muitas características.
2. O oceano e a vida no oceano moldam as características da Terra.
3. O oceano exerce uma grande influência na meteorologia e no clima.
4. O oceano torna a Terra habitável.
5. O oceano sustenta uma grande diversidade de vida e ecossistemas.
6. O oceano e os seres humanos estão indissociavelmente interligados.
7. O oceano é, em grande parte, inexplorado.

Foi também desenvolvido o documento complementar **«Ocean Literacy Scope and Sequence para os graus K-12»** (<https://oceanliteracy.wp2.coexploration.org/ocean-literacy-framework/>). O «Ocean Literacy Scope and Sequence» é composto por 28 diagramas de fluxo conceptual. Existe um diagrama de fluxo conceptual para cada princípio em cada faixa etária (K-2, 3-5, 6-8 e 9-12). Cada fluxo representa uma forma possível de decompor e organizar os conceitos principais e as ideias de apoio para cada princípio numa determinada faixa etária. Podem ser utilizados como uma sequência instrucional sugerida, um organizador de ideias e/ou um indicador da progressão da aprendizagem.

A COMPREENSÃO DA EVOLUÇÃO DA LITERACIA OCEÂNICA

Desde o seu desenvolvimento inicial, o conceito de Literacia Oceânica tem vindo a evoluir continuamente – particularmente na forma como é enquadrado como uma ferramenta para a conservação, proteção e gestão sustentável dos oceanos. As primeiras definições e abordagens pressupunham uma relação linear entre o aumento do conhecimento sobre os oceanos e o comportamento pró-ambiental. No entanto, a investigação revelou correlações fracas ou inexistentes entre o conhecimento sobre os oceanos e tanto o comportamento ambiental como as atitudes.

Afastando-se deste modelo simplista, a Literacia Oceânica tornou-se não só o que sabemos, mas também o que sentimos (as nossas atitudes), como agimos (os nossos comportamentos) e como comunicamos sobre questões oceânicas, tanto na nossa vida pessoal como profissional.

Em 2019, Brennan et al. propuseram um quadro de seis dimensões da Literacia Oceânica:

1. Consciência
2. Conhecimento
3. Atitude
4. Comunicação
5. Comportamento
6. Ativismo

Este quadro foi posteriormente ampliado por McKinley et al. (2023), que acrescentaram mais quatro dimensões para captar todo o espectro do envolvimento com o oceano:

7. Conexão emocional
8. Acesso e experiência
9. Capacidade de adaptação
10. Confiança e transparência

Em conjunto, estas dimensões refletem uma compreensão holística da Literacia Oceânica – uma compreensão que reconhece os fatores cognitivos, emocionais, comportamentais e sociais na definição da forma como os indivíduos e as comunidades se relacionam com o oceano. Como tal, as definições contemporâneas enfatizam a Literacia Oceânica como um conceito complexo e multifacetado, que visa capacitar indivíduos e sociedades para transformar o conhecimento sobre o oceano em mudanças comportamentais significativas e em ação coletiva para um futuro mais sustentável.

Além disso, no contexto da evolução da Literacia Oceânica, têm sido envidados esforços para adaptar regionalmente e especializar tematicamente os Princípios Essenciais e Conceitos Fundamentais da Literacia Oceânica. Em particular, foram desenvolvidos: **Literacia dos Grandes Lagos, Literacia do Mar Mediterrâneo, Princípios e Conceitos Estuarinos e Princípios e Conceitos sobre Ervas Marinhas.**

A3. CONSERVAÇÃO DAS ERVAS MARINHAS

Theodoros Kevrekidis

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia

Paraskevi Malea

Universidade Aristóteles de Salónica, Grécia



As **ervas**, marinhas, ou **angiospermas marinhas**, são plantas com flores que vivem submersas em ambientes marinhos pouco profundos e estuarinos. Foram descritas cerca de **setenta espécies** de angiospermas marinhas, agrupadas em 12 géneros. As ervas **marinhas** estão **muito disseminadas** e ocorrem em todas as águas costeiras baixas, exceto ao longo das costas antárticas. Foram definidas seis **bio-regiões de ervas marinhas** (Atlântico Tropical, Indo-Pacífico Tropical, Atlântico Norte Temperado, Mediterrâneo, Pacífico Norte Temperado e Oceano Antártico Temperado), cada uma com características florísticas distintas, sendo que a bio-região do Indo-Pacífico Tropical apresenta a maior diversidade de espécies.

A maioria das populações de ervas marinhas está restrita a profundidades inferiores a 20 metros, mas foram registadas angiospermas marinhas em águas muito mais profundas, chegando mesmo aos 90 metros, e algumas espécies toleram a exposição ao ar e formam extensas populações intertidais, a zona entre marés. As ervas marinhas crescem geralmente em sedimentos arenosos a lamacentos, mas algumas espécies podem crescer em **substratos** rochosos. A maioria das espécies tolera uma ampla gama de valores **de salinidade**. Como resultado, são frequentemente encontradas em estuários. As ervas marinhas formam **extensas pradarias**, constituindo um ecossistema marinho único. As ervas marinhas também podem crescer em áreas isoladas, descontínuas e pequenas, ou como parte de um mosaico de habitats com outros habitats, tais como corais, mangais, recifes de bivalves ou sedimentos sem vegetação. As ervas marinhas cobrem uma área total correspondente a cerca de 10% do oceano costeiro, e as suas pradarias suportam frequentemente **uma elevada biomassa**.

Os ecossistemas de ervas marinhas desempenham **uma multiplicidade de funções** que são valiosas para o funcionamento global dos sistemas costeiros. Estas plantas marinhas são importantes **produtoras primárias** e fornecem **alimento orgânico a uma variedade de redes tróficas**. Estruturam o leito marinho num ambiente complexo que proporciona espaço adicional para muitos organismos e serve de **habitat, maternidade e refúgio** para uma variedade de invertebrados, peixes e mamíferos. Os ecossistemas de ervas marinhas também proporcionam **interações tróficas** com outros ecossistemas marinhos importantes.

A estrutura física das ervas marinhas estabiliza o **substrato**, atenua a energia das ondas e do vento, favorece a sedimentação e impede a ressuspensão de partículas, reduzindo assim **a erosão e a turbidez da coluna de água**. As ervas marinhas desempenham um papel importante no **ciclo do carbono e dos nutrientes**. As suas pradarias têm uma elevada capacidade de absorção e armazenamento de carbono e, por isso, constituem um importante **sumidouro de carbono** à escala global (**armazenamento de carbono azul**). Consequentemente, estas plantas ajudam a mitigar as alterações climáticas e podem travar **a acidificação dos oceanos**, beneficiando organismos com estruturas calcárias, como os corais. As ervas marinhas atuam como um **filtro para os nutrientes** que entram no ambiente costeiro, removem **poluentes** da coluna de água e dos sedimentos e libertam **oxigénio** através da fotossíntese, melhorando assim **a qualidade da água**. Podem também remover da água **bactérias marinhas patogénicas** que causam doenças em organismos marinhos.

As ervas marinhas proporcionam uma **variedade de serviços ambientais, sociais, económicos e culturais** aos seres humanos à escala

global. As ervas marinhas são valiosas para o **bem-estar humano**, uma vez que apoiam a biodiversidade marinha, purificam a água do mar, controlam doenças, produzem oxigénio, contribuem para o ciclo global de nutrientes e carbono e atenuam as alterações climáticas e os impactos da **acidificação dos oceanos**. **Protegem as costas** contra a erosão, as inundações e as tempestades, apoiam **a produção pesqueira mundial** são utilizadas para a produção de **materiais, medicamentos e alimentos**, e têm potencial para serem utilizadas na **produção de biocombustíveis, biogás e biometano**. As pradarias marinhas prestam **serviços culturais**, tais como oportunidades para atividades recreativas, e constituem **um elemento importante do património cultural** de muitos povos. São também utilizadas como **indicadores** de perturbações antropogénicas do ambiente marinho e estuarino. Os múltiplos benefícios proporcionados pelos ecossistemas de ervas marinhas colocam-nos entre **os ecossistemas marinhos mais valiosos**.

No entanto, tem sido documentada uma **tendência global de perda de ervas marinhas**. Estima-se que aproximadamente vinte por cento da extensão global destas pradarias tenha sido perdida desde o século XIX, enquanto o estado de mais de 22 espécies está a deteriorar-se. A perda de ervas marinhas deve-se à interação de **fatores antropogénicos e naturais**. As ameaças humanas podem ser **de origem terrestre, marinha ou relacionadas com o clima** e podem afetar as ervas marinhas direta ou indiretamente. As principais ameaças terrestres a estas plantas são o escoamento industrial, agrícola e urbano e o desenvolvimento costeiro, enquanto as ameaças marinhas incluem a pesca descontrolada e as atividades de navegação, dragagem, espécies exóticas e aquicultura. Inevitavelmente, as perdas globais de ervas

marinhas têm impactos significativos sobre os seres humanos devido aos importantes serviços ecossistémicos que prestam.

As ervas marinhas não estão no centro das **estratégias políticas e de gestão**. Apenas alguns países desenvolveram planos específicos para a proteção dos ecossistemas de ervas marinhas, enquanto apenas um quarto da área registada se encontra dentro de áreas marinhas protegidas. No entanto, **a gestão, a conservação e a restauração** das pradarias marinhas podem reverter as suas perdas. Por conseguinte, é urgentemente necessário o desenvolvimento e a implementação de legislação, políticas e planos de gestão eficazes.

A conservação, restauração e gestão eficazes dos ecossistemas de ervas marinhas requerem uma **compreensão abrangente** destes sistemas. No entanto, estes ecossistemas têm recebido um menor **esforço de investigação**, em comparação com outros ecossistemas costeiros, que fornecem uma gama semelhante de serviços ecossistémicos, tais como os recifes de coral. O conhecimento sobre as ervas marinhas expandiu-se significativamente ao longo do último século, com rápidos progressos na investigação sobre estas plantas marinhas. No entanto, subsistem **lacunas** significativas **no nosso conhecimento** sobre as ervas marinhas. Várias questões, abrangendo uma vasta gama de áreas de investigação, foram identificadas como prioridades para a investigação futura. O mapeamento e a monitorização da extensão e do estado das pradarias marinhas, bem como questões de gestão e restauração, estão incluídos nessas prioridades.

A4.

LITERACIA SOBRE ERVAS MARINHAS

Theodoros Kevrekidis

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia

Helena Barracosa

Centro de Ciências Marinhas do Algarve, Portugal



As pradarias de ervas marinhas são ecossistemas marinhos **vitais, mas subvalorizados**. Como mencionado anteriormente, as ervas marinhas não estão no centro das políticas de gestão, embora a gestão, conservação e restauração das pradarias marinhas possam reverter as suas perdas. Além disso, **a sociedade desconhece em grande parte** as ervas marinhas e o seu valor. Estudos que investigaram o reconhecimento social das ervas marinhas em muitas partes do mundo demonstraram que a sociedade desconhece em grande parte as ervas marinhas e a sua importância. Foi relatado que muitas pessoas nunca ouviram falar de ervas marinhas ou confundem-nas com macroalgas. Verificou-se que o reconhecimento público das ervas marinhas é particularmente limitado quando as pessoas não têm experiência direta com ecossistemas de ervas marinhas ou quando os serviços que estes ecossistemas prestam às pessoas são indiretos, como por exemplo o suporte à produção pesqueira. Em contrapartida, verificou-se que o reconhecimento da importância das ervas marinhas é maior nas comunidades locais que dependem delas para a sua subsistência.

Por conseguinte, é necessário **um maior reconhecimento do valor das ervas marinhas** para pressionar os decisores e os responsáveis políticos a proteger estes valiosos ecossistemas. A sensibilização do público para estas plantas tem sido reconhecida como crucial para o futuro sustentável destes importantes ecossistemas marinhos. Neste contexto, foi recentemente publicado o primeiro relatório das Nações Unidas sobre o valor das ervas marinhas, com o objetivo de informar o público sobre a importância destas plantas (Programa das Nações Unidas para o Ambiente, 2000. Out of the blue: The value of sea-grasses to the environment and to people. UNEP, Nairobi).

O exposto acima salienta a necessidade de criar **uma sociedade com conhecimentos sobre as ervas marinhas**, capaz de tomar decisões informadas e responsáveis sobre a sua sustentabilidade. **A literacia em ervas marinhas** refere-se à compreensão dos conceitos fundamentais relacionados com a sua biologia e estrutura, funções, serviços, ameaças e conservação do ecossistema das ervas marinhas, bem como à capacidade de comunicar sobre estas plantas únicas e de apoiar ativamente a sua proteção e recuperação. Para atingir este objetivo, foram identificados os conhecimentos que um cidadão deve possuir para ser considerado alfabetizado em ervas marinhas. Especificamente, foram definidos os **Princípios Essenciais e os Conceitos Fundamentais sobre Ervas Marinhas**, constituindo uma adaptação temática dos Princípios de Literacia Oceânica (Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. *Princípios e conceitos sobre ervas marinhas: Rumo a um futuro sustentável para os ecossistemas de ervas marinhas*. Marine Pollution Bulletin 173, 112936). Em particular, foram identificados seis princípios essenciais sobre ervas marinhas. Cada princípio é sustentado por um conjunto de conceitos fundamentais. Estes princípios e conceitos dizem respeito a questões importantes da biologia das ervas marinhas (Princípios 1-4), valor (Princípios 3-5), perda e proteção (Princípio 5), mas também à investigação científica sobre estas plantas (Princípio 6).

Os **Princípios e Conceitos sobre as Ervas Marinhas** são os seguintes:

Princípio 1.

As ervas marinhas são plantas únicas.

Princípio 2.

As ervas marinhas formam extensas pradarias subaquáticas.

Princípio 3.

As ervas marinhas sustentam uma grande diversidade de vida.

Princípio 4.

As ervas marinhas estabilizam o fundo marinho, melhoram a qualidade da água e armazenam carbono.

Princípio 5.

As ervas marinhas e os seres humanos estão indissociavelmente interligados.

Princípio 6.

As ervas marinhas são, em grande parte, ainda pouco estudadas.

Os Princípios e Conceitos sobre as Ervas Marinhas podem servir de **guia** para cientistas, responsáveis políticos e decisores, organizações não governamentais, partes interessadas e o setor da Economia Azul, para que tomem decisões informadas e responsáveis sobre as ervas marinhas. Estes princípios e conceitos também podem ser utilizados para informar o público e ser implementados em campanhas nos meios de comunicação social e nas redes sociais. Mas, acima de tudo, estes princípios e conceitos podem ser utilizados para **fins educativos**, tanto no contexto da educação formal como não formal. Podem ser integrados nos currículos do ensino básico e secundário, nos manuais escolares e nas práticas educativas, em conjunto com os princípios essenciais e conceitos fundamentais da Literacia Oceânica. As iniciativas de literacia sobre ervas marinhas podem incluir abordagens de aprendizagem experiencial, tais como trabalho de campo, atividades de modelagem, projetos interdisciplinares e estratégias de educação para a ação, que têm demonstrado a compreensão do funcionamento dos ecossistemas e das interações entre o ser humano e os ecossistemas.

A inclusão de questões fundamentais sobre temas importantes relacionados com as ervas marinhas nos programas curriculares e nas práticas educativas é compatível com o quadro da UNESCO para a Educação para o Desenvolvimento Sustentável. Esta inclusão é também consistente com uma declaração acordada a nível intergovernamental («Apoiar planos para fomentar a educação relacionada com os oceanos, por exemplo, como parte dos currículos educativos, para promover a literacia oceânica e uma cultura de conservação, restauração e utilização sustentável dos nossos oceanos»), que constituiu um resultado («Apelo à Ação», Artigo 13.a) da conferência de alto nível «Our Ocean», convocada pelas Nações Unidas em 2017 para apoiar a implementação do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14 («Conservar e utilizar de forma sustentável os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável»), da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. A literacia sobre ervas marinhas é uma contribuição para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14, uma vez que aumenta o conhecimento científico sobre um dos ecossistemas marinhos mais importantes. Ensinar sobre os ecossistemas de ervas marinhas, o seu papel ecológico e a sua vulnerabilidade melhora a qualidade do ensino das ciências marinhas, reforça a consciência ambiental, prepara os jovens estudantes para compreender e proteger a vida marinha e incentiva-os a tornarem-se futuros cientistas e conservacionistas. A incorporação de temas relacionados com as ervas marinhas nos currículos e práticas educativas também é consistente com um sub-objetivo («promoção da educação formal e informal, incluindo a literacia oceânica») do Objetivo 3 da Década das Nações Unidas das Ciências Oceânicas para o Desenvolvimento Sustentável.

B. CURRÍCULO SEAQUEST

B1. FINALIDADE E OBJETIVOS

Theodora Boubonari

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia



OBJETIVO GERAL

O projeto SEAQUEST visa aumentar os conhecimentos sobre as ervas marinhas entre os alunos do ensino básico em toda a Europa, formando cidadãos do oceano que compreendam o papel crucial dos ecossistemas de ervas marinhas na conservação da biodiversidade marinha, na regulação do clima e na sustentabilidade ambiental global. O currículo visa promover a gestão responsável do ambiente, alinhada com iniciativas internacionais de conservação, desenvolvendo a capacidade dos alunos para se tornarem defensores informados e participantes

ativos nos esforços de proteção e restauração das ervas marinhas. Através de uma educação abrangente sobre as ervas marinhas, os alunos desenvolverão os conhecimentos, as competências e os valores necessários para contribuir para a conservação dos ecossistemas marinhos, reconhecendo simultaneamente as ervas marinhas como componentes fundamentais de sistemas oceânicos saudáveis que sustentam tanto a vida marinha como o bem-estar humano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS OBJETIVOS DE CONHECIMENTO

Os alunos devem ser capazes de:

- **Compreensão Ecológica:**

Demonstrar conhecimento abrangente das questões-chave da biologia das ervas marinhas e da estrutura e função do ecossistema das ervas marinhas

- **Interligações ambientais:**

Analisar as relações entre as pradarias de ervas marinhas e os ecossistemas marinhos e terrestres mais amplos

- **Serviços Ecossistêmicos:**

Identificar os serviços vitais que o ecossistema de ervas marinhas presta aos seres humanos

- **Consciência de conservação:**

Identificar as ameaças atuais aos habitats de ervas marinhas e avaliar estratégias de conservação numa perspetiva mais ampla dos desafios e soluções ambientais globais

OBJETIVOS DE COMPETÊNCIAS

Os alunos devem ser capazes de:

- **Investigação científica:**

Conceber e realizar investigações utilizando metodologia científica para estudar os ecossistemas de ervas marinhas

- **Análise crítica:**

Avaliar dados ambientais e resultados de investigação para tirar conclusões baseadas em evidências

- **Comunicação:**

Comunicar eficazmente conceitos científicos e mensagens de conservação às suas escolas e à comunidade local

- **Literacia digital:**

Utilizar recursos digitais para a investigação e apresentação de temas ambientais

OBJETIVOS DE ATITUDES E VALORES

Os alunos devem ser capazes de:

- **Gestão ambiental:**

Desenvolver a responsabilidade pessoal pela proteção do ecossistema marinho

- **Cidadania global:**

Demonstrar compreensão do seu papel na resposta aos desafios ambientais globais

- **Ação colaborativa:**

Envolver-se em ações ambientais coletivas e em iniciativas de conservação baseadas na comunidade

B2. ABORDAGENS PEDAGÓGICAS

Theodora Boubonari

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia



O currículo emprega princípios construtivistas, nos quais os alunos constroem ativamente o conhecimento através de experiências práticas, ligando novos conceitos sobre ervas marinhas ao seu entendimento pré-existente sobre ecossistemas e ciências ambientais. As abordagens que se seguem reconhecem que a aprendizagem significativa ocorre quando os alunos constroem o seu próprio entendimento através da interação com o seu ambiente e contextos sociais.

APRENDIZAGEM BASEADA NA INVESTIGAÇÃO

Os alunos envolvem-se em investigações científicas autênticas, formulando hipóteses sobre os ecossistemas de ervas marinhas, recolhendo e analisando dados e tirando conclusões baseadas em evidências. Esta abordagem reflete os processos reais de investigação científica e desenvolve competências de pensamento crítico, ao mesmo tempo que promove uma compreensão conceptual profunda.

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP)

Os desafios reais da conservação das ervas marinhas servem de base para as experiências de aprendizagem. Os alunos trabalham em colaboração para resolver problemas reais, tais como a elaboração de planos de recuperação ou o desenvolvimento de campanhas de sensibilização da comunidade. A investigação demonstra que a ABP aumenta o envolvimento dos alunos e desenvolve competências para o século XXI.

APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL

O envolvimento direto com os ambientes de ervas marinhas através de trabalho de campo, investigações laboratoriais e experiências de realidade virtual proporciona oportunidades de aprendizagem concretas que apoiam o desenvolvimento de conceitos abstratos. Esta abordagem prática é particularmente eficaz para a educação ambiental e a aprendizagem das ciências.

APRENDIZAGEM COOPERATIVA

As atividades de grupo estruturadas promovem a interação entre pares, a responsabilidade partilhada e a construção colaborativa do conhecimento. Os alunos trabalham em equipas diversificadas para investigar diferentes aspetos dos ecossistemas de ervas marinhas, o que, segundo estudos, melhora tanto o desempenho académico como as competências sociais.

APRENDIZAGEM APOIADA PELA TECNOLOGIA

A integração de ferramentas digitais, jogos interativos e experiências de realidade virtual proporciona oportunidades de aprendizagem multimédia envolventes, que se adaptam a diferentes estilos e preferências de aprendizagem. Pesquisas contemporâneas corroboram a eficácia das tecnologias imersivas na educação ambiental.

B3. COMPETÊNCIAS

Theodora Boubonari

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia



O currículo SEAQUEST desenvolve um conjunto abrangente de competências que permite aos alunos tornarem-se gestores ambientais eficazes e cidadãos com literacia científica. Estas competências integram conhecimentos, aptidões e atitudes em vários domínios, garantindo que os alunos desenvolvem tanto as capacidades técnicas para estudar os ecossistemas de ervas marinhas como as competências de comunicação para defender a sua proteção.

COMPETÊNCIAS DE LITERACIA CIENTÍFICA

- Observar e registar sistematicamente as características do ecossistema de ervas marinhas
- Identificar espécies-chave
- Documentar as alterações nos habitats de ervas marinhas ao longo do tempo
- Utilizar ferramentas e instrumentos científicos para a recolha de dados
- Recolher, organizar e analisar dados ambientais quantitativos e qualitativos
- Criar gráficos, tabelas e representações visuais dos resultados
- Identificar padrões e tendências nos dados do ecossistema de ervas marinhas
- Tirar conclusões baseadas em evidências a partir dos resultados da investigação
- Apresentar os resultados da investigação utilizando vocabulário científico adequado
- Elaborar relatórios, apresentações e exposições
- Comunicar mensagens de conservação de forma eficaz

COMPETÊNCIAS DE LITERACIA AMBIENTAL

- Compreender as interligações nos ecossistemas de ervas marinhas
- Analisar as relações entre as atividades humanas e os impactos ambientais
- Identificar os desafios ambientais que afetam os habitats de ervas marinhas
- Compreender os princípios da gestão sustentável
- Avaliar as práticas humanas que afetam os ecossistemas de ervas marinhas

COMPETÊNCIAS DIGITAIS

- Utilizar eficazmente bases de dados digitais e ferramentas de investigação
- Colaborar utilizando plataformas online e ferramentas de comunicação
- Utilizar ferramentas digitais para a recolha, análise e apresentação de dados

COMPETÊNCIAS SOCIAIS E CÍVICAS

- Trabalhar eficazmente em grupo em projetos ambientais
- Partilhar responsabilidades e contribuir para objetivos coletivos
- Resolver conflitos de forma construtiva durante as atividades de grupo
- Apoiar e incentivar a aprendizagem entre pares
- Motivar os outros a envolverem-se em atividades de conservação
- Defender a proteção do ecossistema de ervas marinhas

B4. ESTRATÉGIAS E FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO

Theodora Boubonari

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia



A avaliação no currículo SEAQUEST emprega estratégias diversas e autênticas que captam a aprendizagem dos alunos em todas as áreas de competência. Estas abordagens de avaliação incorporam tanto medidas académicas tradicionais como avaliações inovadoras baseadas no desempenho, que refletem práticas de conservação do mundo real.

- **Desafios de identificação de espécies:**

Avaliações práticas da capacidade dos alunos para identificar e descrever espécies de ervas marinhas e organismos associados

- **Recolha de dados ambientais:**

Avaliação das competências dos alunos na utilização de instrumentos científicos e na recolha de dados ambientais rigorosos

- **Fichas de saída:**

Respostas escritas breves no final das aulas para avaliar a compreensão imediata e identificar equívocos

- **Questionários digitais:**

Avaliação em tempo real utilizando plataformas de tecnologia educativa para avaliar a compreensão e ajustar o ensino

- **Testes de conhecimentos:**

Avaliações estruturadas que abrangem informações factuais sobre a biologia, ecologia e conservação das ervas marinhas

- **Sessões de feedback entre pares:**

Oportunidades estruturadas para os alunos darem feedback construtivo sobre o trabalho e as ideias uns dos outros

- **Mapeamento de conceitos:**

Representações visuais da compreensão dos alunos, mostrando relações entre conceitos de ervas marinhas

- **Narração de histórias:**

Os alunos criam apresentações que combinam conteúdo científico com narrativas pessoais sobre a conservação das ervas marinhas

- **Cenários de dramatização:**

Os alunos assumem os papéis de diferentes partes interessadas em debates sobre a conservação das ervas marinhas

- **Apresentação à comunidade:**

Apresentações públicas onde os alunos partilham a sua aprendizagem e recomendações de conservação com os membros da comunidade

- **Desenvolvimento de Portfólio Digital:**

Coleção abrangente de trabalhos de alunos que demonstram crescimento e conquistas em várias áreas de competência

- **Rubricas e critérios de avaliação:**

As rubricas de avaliação abordam múltiplas dimensões do desempenho dos alunos em relação ao rigor científico, pensamento crítico, comunicação e colaboração

B5. MÓDULOS TEMÁTICOS



B5.1

O OCEANO SUSTENTA UMA GRANDE DIVERSIDADE DE VIDA E ECOSSISTEMAS

Ana Alexandre

Centro de Ciências Marinhas do Algarve, Portugal

B5.1.1

DIVERSIDADE DA VIDA

Milhares de espécies habitam os oceanos do mundo, desde organismos microscópicos até ao maior animal da Terra (a baleia azul), distribuídas desde a superfície até às profundezas do mar, incluindo as regiões polares. O ambiente marinho é o habitat da maioria dos 34 filos animais reconhecidos, muitos dos quais exclusivamente marinhos, refletindo as origens da vida no mar. Os organismos marinhos são classificados

de acordo com o seu modo de vida em **plâncton**, **nécton** e **bentos** (ver Fig. 1.1).

O **plâncton** é constituído por organismos minúsculos e flutuantes, na sua maioria microscópicos, que vivem na coluna de água. São incapazes de nadar contra as correntes de água predominantes e são arrastados por estas. Subdividem-se em fitoplâncton, zooplâncton

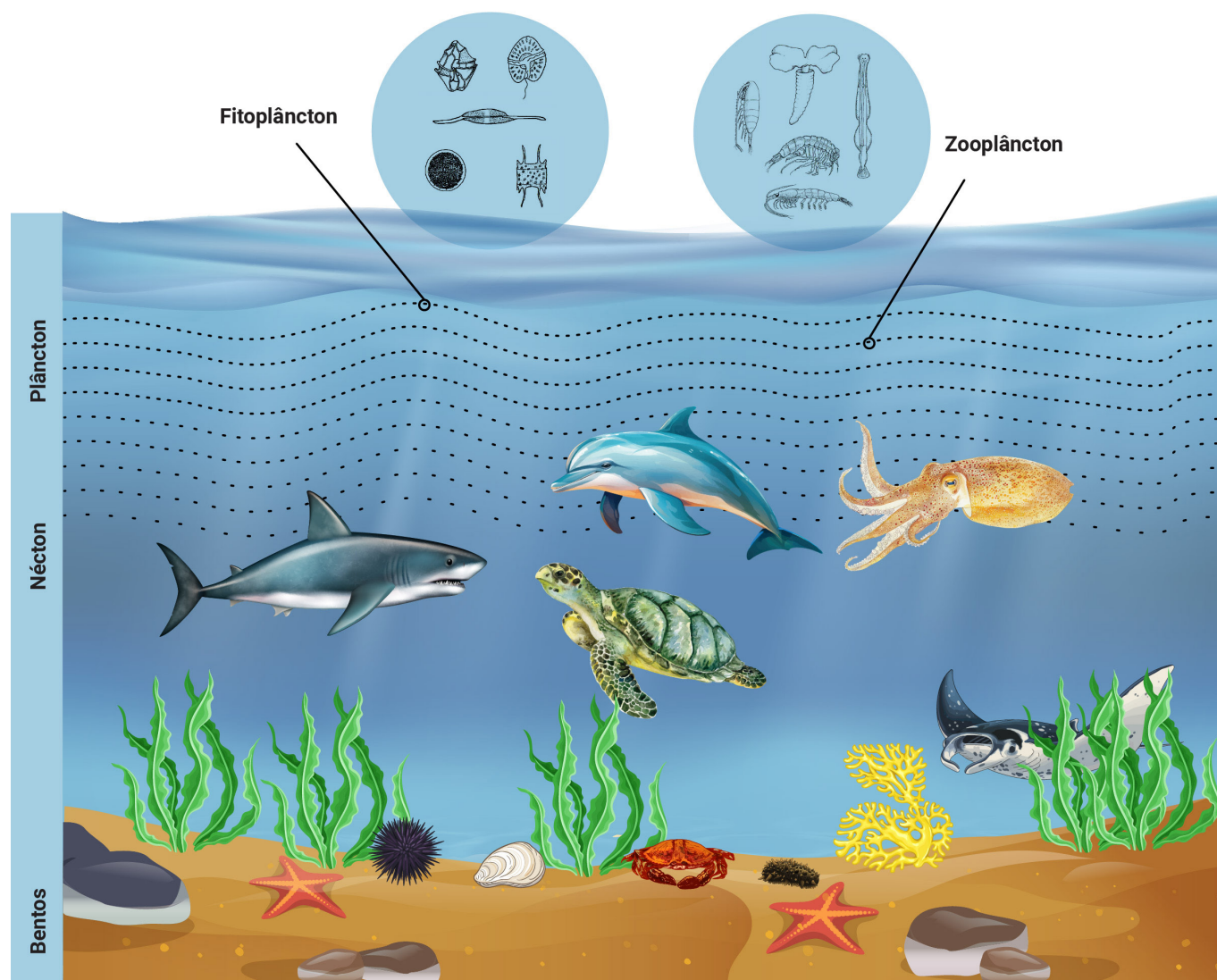


Figura 1.1

Representação esquemática da classificação dos organismos marinhos, de acordo com o seu modo de vida, em plâncton, nécton e bentos (não à escala)

e bacterioplâncton. A maior parte da **biomassa** nos oceanos é constituída por organismos planctónicos.

- **O fitoplâncton** é constituído por organismos autotróficos microscópicos que produzem energia através da fotossíntese e formam a base de muitas **cadeias alimentares** aquáticas (por exemplo, diatomáceas, dinoflagelados) (ver Fig. 1.2). Estes organismos são responsáveis por cerca de metade da atividade fotossintética global.
- **O zooplâncton** é composto principalmente por pequenos animais, incluindo as larvas de animais marinhos de maior porte, como caranguejos e estrelas-do-mar, que se alimen-

tam de fitoplâncton (Fig. 1.2). O krill, ou seja, pequenos crustáceos que servem de alimento para as baleias de barbas, constituem uma fração importante do zooplâncton. As medusas são consideradas animais planctónicos devido à sua capacidade limitada de resistir a correntes fortes.

- **O bacterioplâncton** é constituído por organismos unicelulares autotróficos e heterotróficos, de tamanho microscópico, mas frequentemente muito numerosos (milhões ou milhares de milhões de células por mililitro de água). Desempenham funções biogeoquímicas vitais, tanto no ciclo dos nutrientes como na decomposição de matéria orgânica.

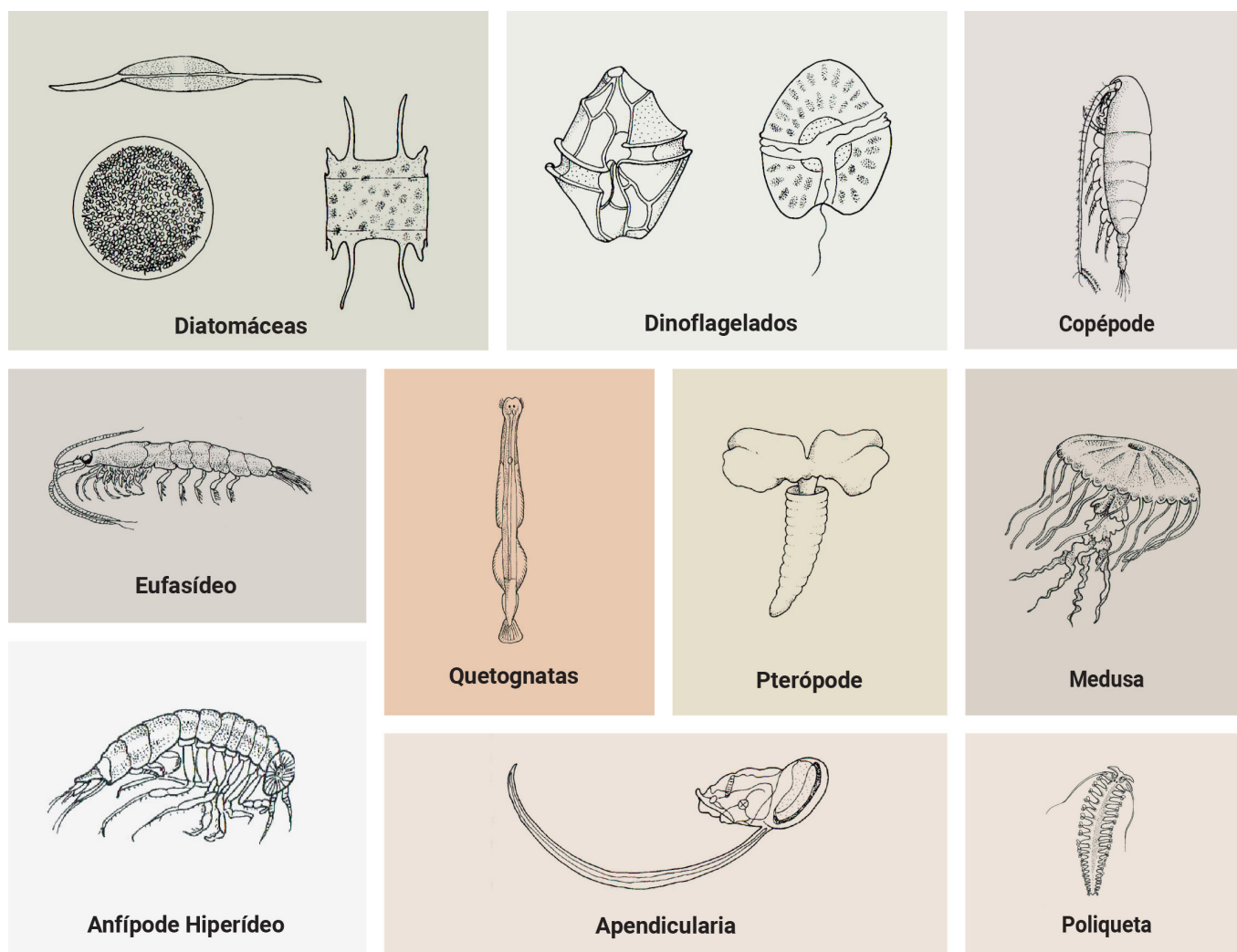


Figura 1.2.

Diagramas esquemáticos de membros representativos das diatomáceas, dinoflagelados e zooplâncton (não à escala, adaptado de Barnes e Hughes, 1999. An introduction to marine ecology, 3.ª edição, Blackwell Science)

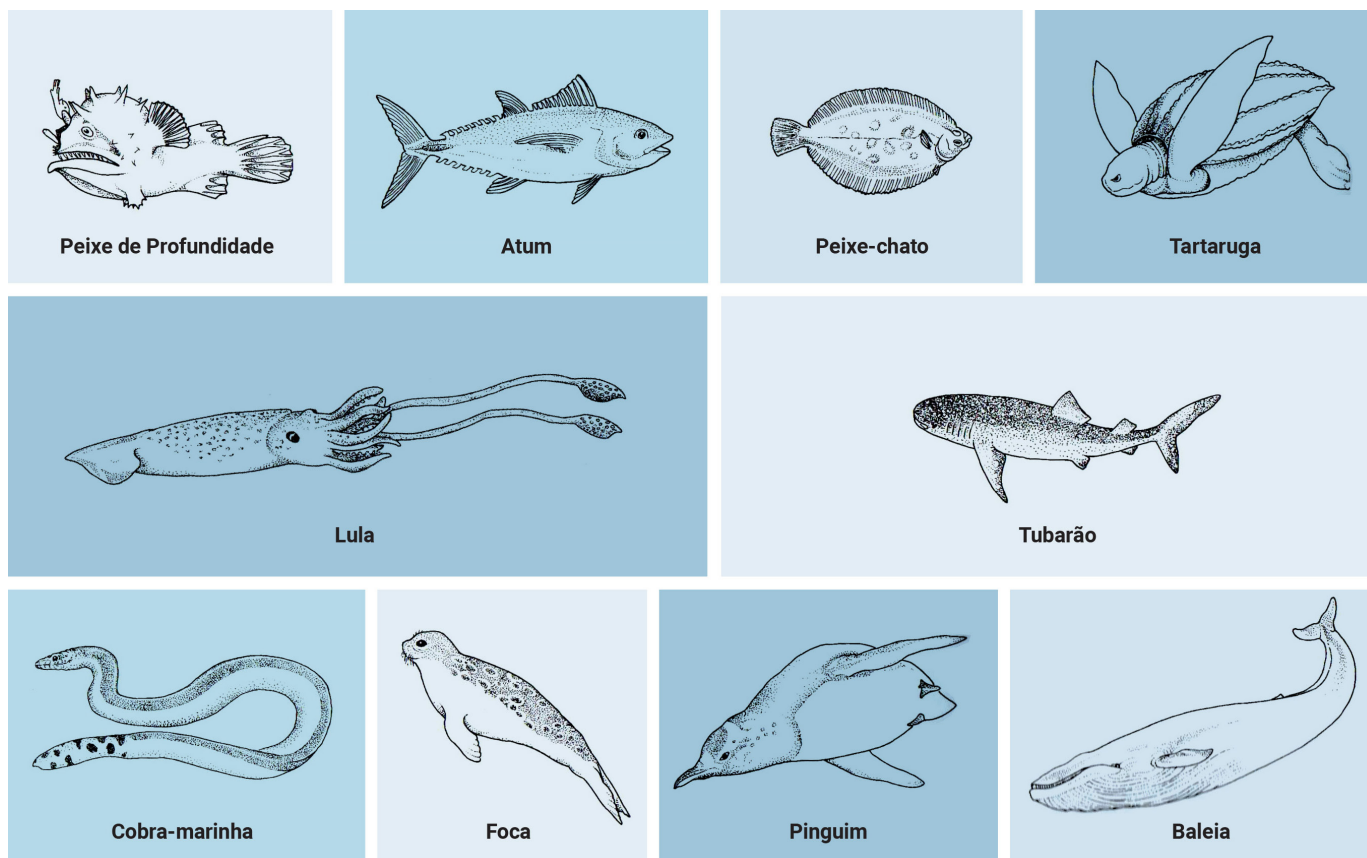


Figura 1.3

Diagramas esquemáticos de membros representativos do nécton (não à escala, adaptado de Barnes e Hughes, 1999. An introduction to marine ecology, 3.ª edição, Blackwell Science)

O nécton é um grupo de organismos que desenvolveu a capacidade de nadar e mover-se contra as correntes marinhas. Movem-se na coluna de água, mas também utilizam o fundo do mar para se esconderem, procurarem alimento e se reproduzirem. Os organismos do nekton subdividem-se em:

- Moluscos (por exemplo, lulas, polvos)
- Crustáceos (por exemplo, camarões, caranguejos)
- Peixes ósseos e cartilagíneos (por exemplo, salmão, tubarões)
- Répteis (por exemplo, tartarugas marinhas)
- Aves (por exemplo, pinguins)
- Mamíferos marinhos (por exemplo, baleias, leões-marinhos)

Na Fig. 1.3 são apresentados diagramas esquemáticos de membros representativos do nécton.

O bentos é um grupo de organismos que vivem sobre, dentro ou perto do fundo do mar. Constituem mais de 98 % das 250 000 espécies marinhas conhecidas. Os organismos bentónicos subdividem-se em:

- **micro bentos** constituído por organismos com menos de 0,1 mm de tamanho e inclui bactérias sedimentares, cianobactérias e diatomáceas.
- **meio bentos** constituído por organismos com 0,1 mm a 0,5 mm de tamanho e inclui animais, juntamente com alguns **protistas** de grande porte (Fig. 1.4).

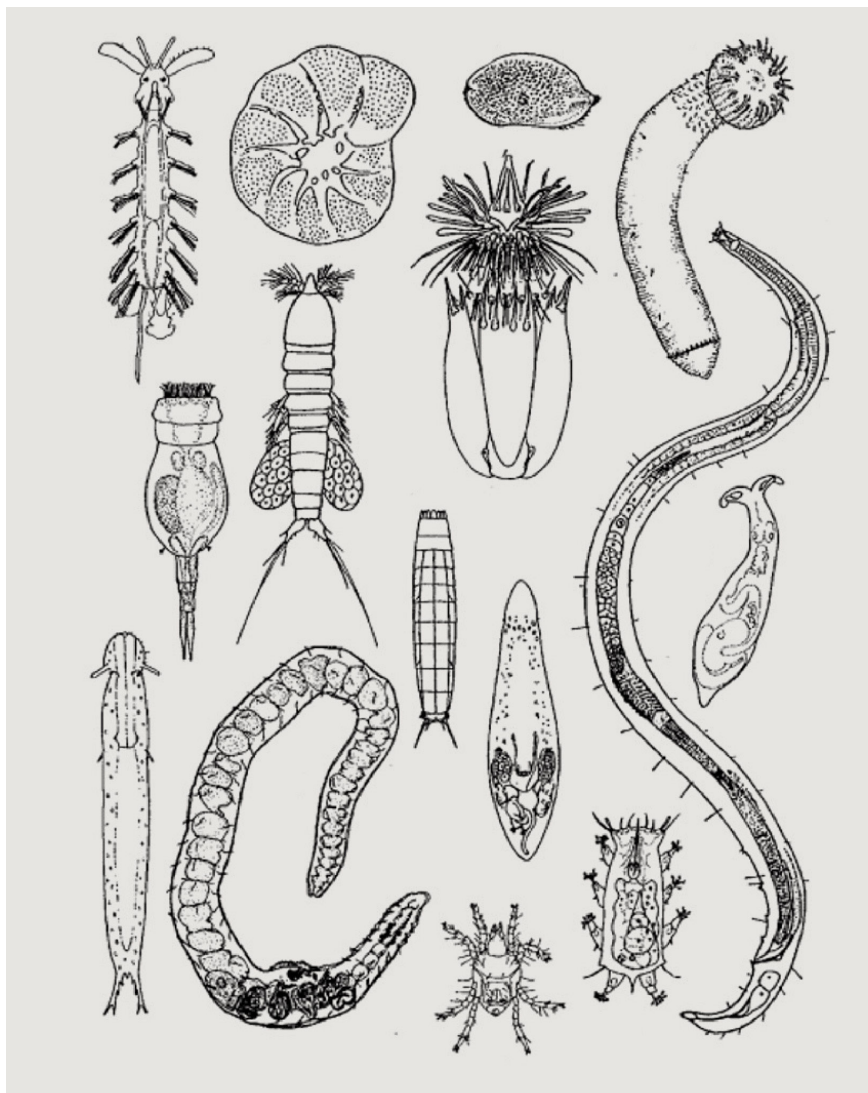


Figura 1.4

Diagramas esquemáticos de animais meio bentônicos representativos (não à escala, modificados a partir de Higgins, R.P. e H. Thiel, 1988. *Introduction to the Study of Meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.)

- **macro bentos** constituído por animais com mais de 0,5 mm que vivem na superfície do fundo do mar (por exemplo, estrelas-do-mar, caranguejos, corais) ou dentro dos sedimentos (por exemplo, vermes, amêijoas). Peixes com formas corporais especializadas, como solhas e raias, ou animais invertebrados, como polvos e chocos, são considerados organismos bentónicos porque vivem em contacto direto com o fundo do mar. Os organismos bentónicos sésseis não possuem locomoção própria e estão permanentemente fixados a outro organismo ou **substrato**. Alguns exemplos são as cracas, as ostras e mexilhões. Diagramas esquemáticos de animais macro bentónicos representativos são apresentados na Fig. 1.5.
- **flora bentónica marinha** inclui **ervas marinhas** e **macroalgas** (ou **algas marinhas**). As macroalgas dividem-se em verdes (Chlorophyta), vermelhas (Rhodophyta) e castanhas (Phaeophyta), incluindo as laminárias (kelps). Na Fig. 1.6 são apresentados diagramas esquemáticos de uma espécie de erva marinha e de macroalgas.

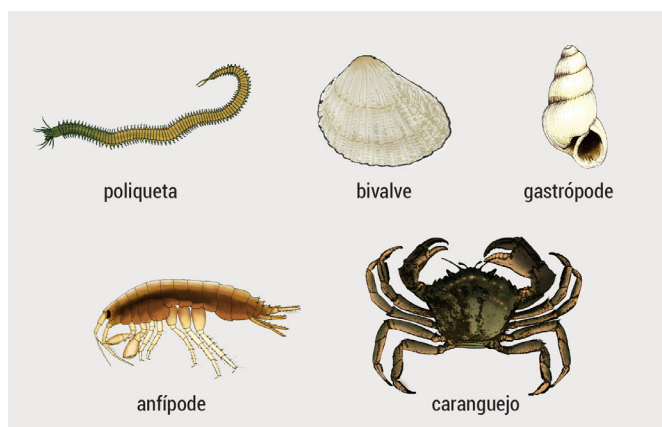


Figura 1.5

Diagramas esquemáticos de animais macrobênticos

Os organismos marinhos possuem adaptações únicas para viver no mar. Os animais que mergulham em profundidade (tartarugas marinhas ou elefantes-marinhos) conseguem sustentar a respiração durante minutos a horas. Os animais adaptados à alta pressão no fundo do mar não conseguem sobreviver nas camadas superficiais do oceano. Muitas espécies bentônicas têm fases planctônicas durante o ciclo de vida como forma de dispersão, após as quais se fixam e se metamorfoseiam numa forma adulta diferente (estrelas-do-mar, medusas e corais). Como o

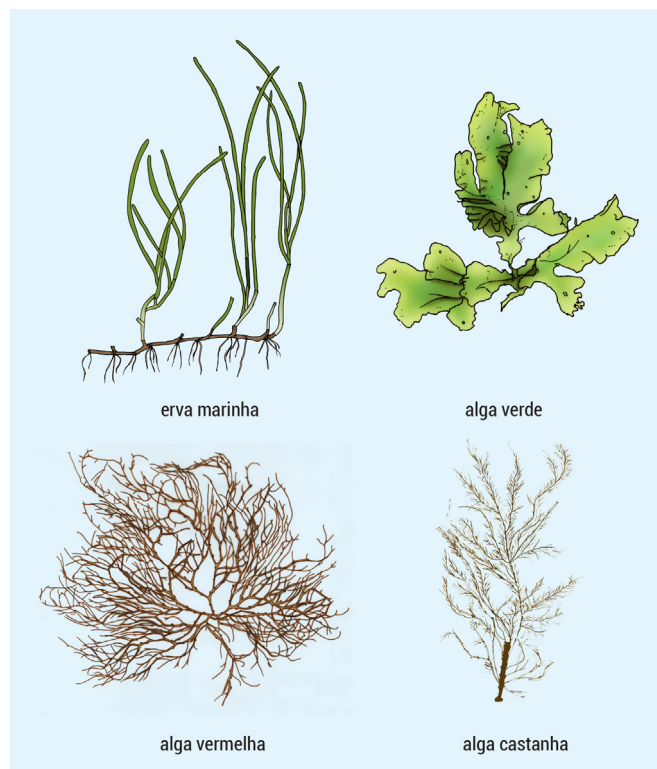


Figura 1.6

Diagramas esquemáticos de uma espécie de erva marinha e de macroalgas

som se propaga eficientemente na água, muitos animais marinhos, incluindo baleias, golfinhos, peixes e crustáceos, utilizam sons subaquáticos para comunicar, navegar e encontrar alimento. Os mamíferos marinhos polares possuem uma espessa camada de gordura sob a pele, chamada camada de gordura subcutânea, que proporciona isolamento contra a água fria. O papel reprodutor exclusivo dos cavalos-marinhos machos, que engravidam e dão à luz as suas crias, é único entre todas as espécies animais conhecidas..

B5.1.2

DIVERSIDADE DE ECOSISTEMAS

Os ecossistemas marinhos são moldados por uma variedade de fatores ambientais e pelos organismos que neles vivem. Os principais fatores abióticos incluem a temperatura, a **salinidade**, a disponibilidade de luz, oxigênio e nutrientes, a proximidade da terra e a profundidade; os fatores bióticos incluem plantas, animais, micróbios e as suas interações. Como a luz solar é o fator abiótico mais importante, o oceano é dividido em zonas de luz principais: a **fótica** (até 100-200 metros de profundidade), onde a luz solar penetra para a fotossíntese; a **disfótica** (entre 200 e 1000 metros), onde existe alguma luz, mas não suficiente para a fotossíntese; e a **afótica** (> 1000 metros), uma zona completamente escura sem luz solar (Fig. 1.7). A zona fótica é o ponto nevrálgico da produtividade primária e sustenta as maiores populações de vida marinha.

Existem três principais ecossistemas marinhos: **o mar profundo, o oceano aberto e a costa e**

zona costeira, que estão interligados por complexas **redes tróficas**, frequentemente com mais níveis do que os ecossistemas terrestres.

O mar profundo caracteriza-se pela escuridão total, pressão extrema e baixas temperaturas. Apenas algumas criaturas de profundidade muito especializadas (por exemplo, peixe-diabo, vermes tubulares gigantes) habitam esta zona oceânica, dependendo da utilização de energia química para produzir matéria orgânica (quimiossíntese) ou de organismos que afundam a partir da zona fótica para se alimentarem. Exemplos de habitats de profundidade são **as fontes hidrotermais** (Fig. 1.8) e **as fontes frias**.

O oceano aberto começa na extremidade da plataforma continental e cobre cerca de 70% da superfície da Terra. Neste habitat vasto e profundo, os animais estão adaptados para nadar longas distâncias e sobreviver. Sem terra nas

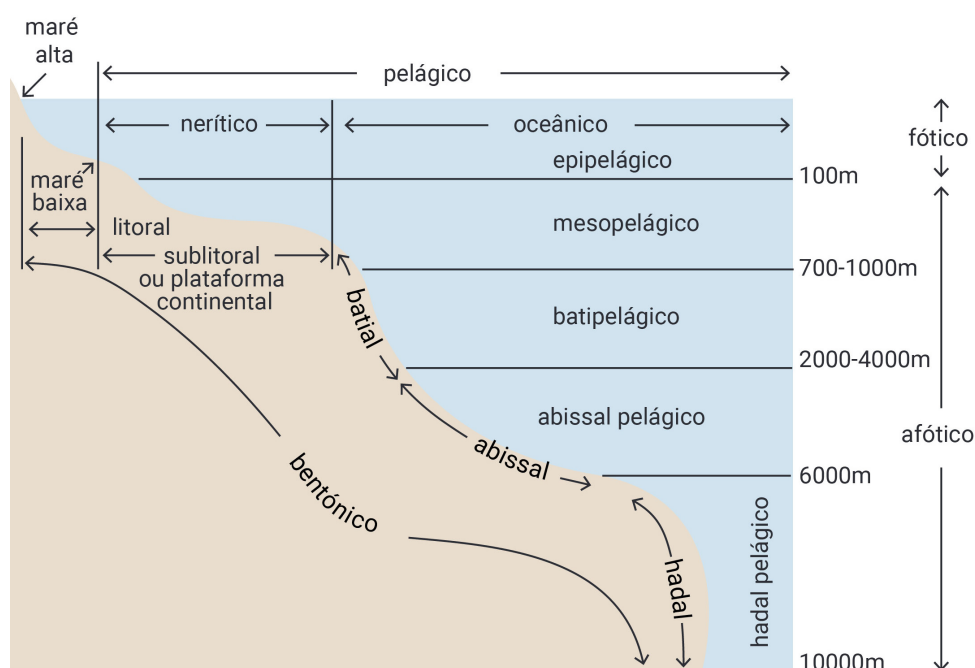


Figura 1.7

Principais divisões dos oceanos mundiais (não à escala, adaptado de J.W. Nybakken, Marine Biology: An Ecological approach. 5.ª edição, Benjamin Cummings)

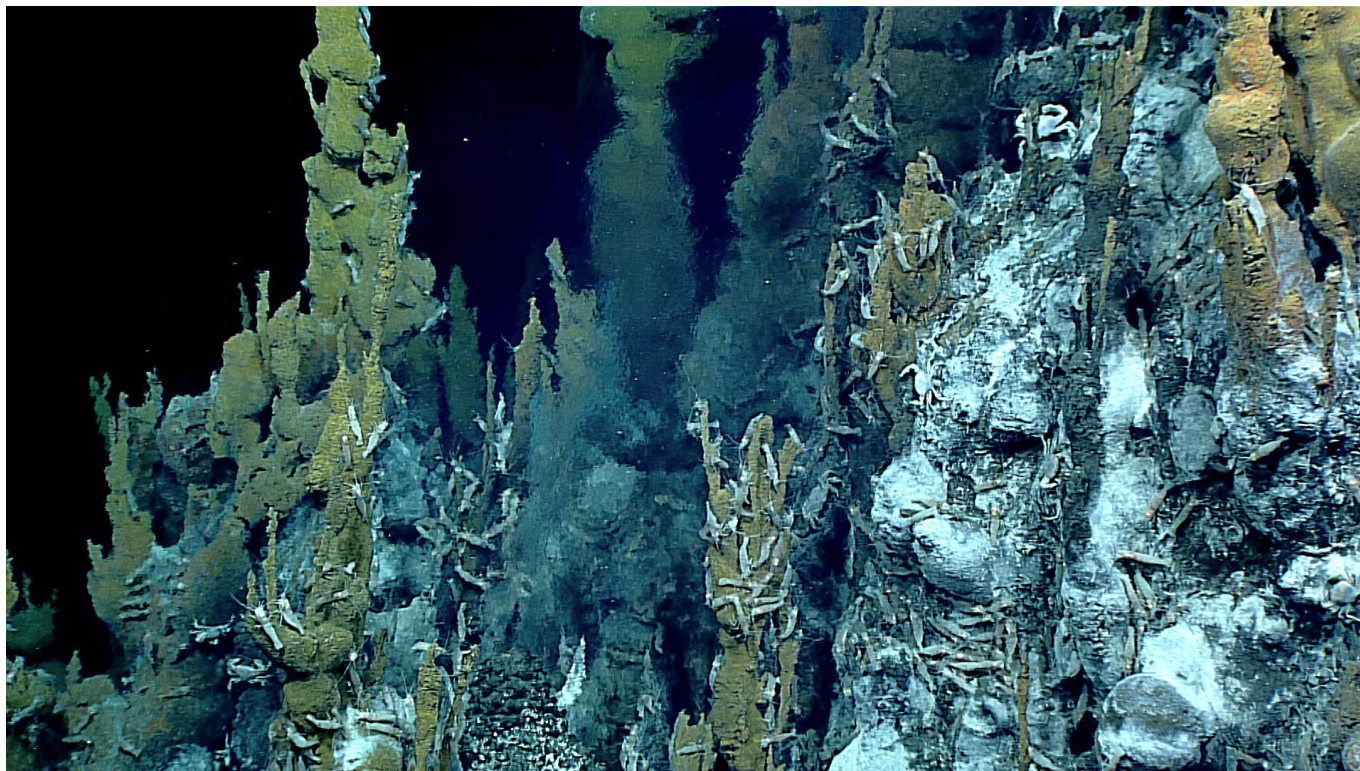


Figura 1.8

Chaminé de fonte hidrotermal. O fluido da fonte parece fumo escuro devido aos elevados níveis de minerais e sulfuretos nele contidos; a chaminé está repleta de camarões e caranguejos (crédito da imagem: NOAA Ocean Exploration, 2016 Deep Water Exploration of the Marianas)



Figura 1.9

Recife rochoso com floresta de laminárias, Austrália do Sul (crédito da foto: Stefan Andrews / Ocean Image Bank)

proximidades para fornecer nutrientes, a produtividade é geralmente baixa, exceto em áreas de **aflorentamento** perto das costas ocidentais. Nestas áreas, as correntes impulsionadas pelo vento e o **efeito de Coriolis** (desvio para a direita no hemisfério norte) substituem as águas superficiais mais quentes e empobrecidas em nutrientes por águas profundas mais frias e ricas em nutrientes. **As florestas de algas marinhas** formadas por algas castanhas gigantes (Fig. 1.9) prosperam em áreas de **aflorentamento**.

Os ecossistemas **costeiros e próximos da costa** estão entre os mais produtivos e biologicamente ricos do planeta. Situados na fronteira entre terra e oceano, abrangem uma vasta gama de ambientes ricos em diversidade de espécies,

tais como costas arenosas e rochosas, estuários, mangais, pântanos salgados, recifes de coral e pradarias de ervas marinhas.

- **As praias arenosas** são o habitat de crustáceos e bivalves, que frequentemente se enterram para escapar ao stress físico e aos predadores (Fig. 1.10); **as praias rochosas** estão organizadas em zonas verticais (zona de maré alta, zona de maré média e zona de maré baixa) com base na sua exposição ao ar, à luz e às ondas (Fig. 1.11).
- **Os estuários, mangais** (Fig. 1.12) e **ântanos salgados** situam-se na zona de transição entre a água doce e a água salgada, submersos pela inundação das marés.

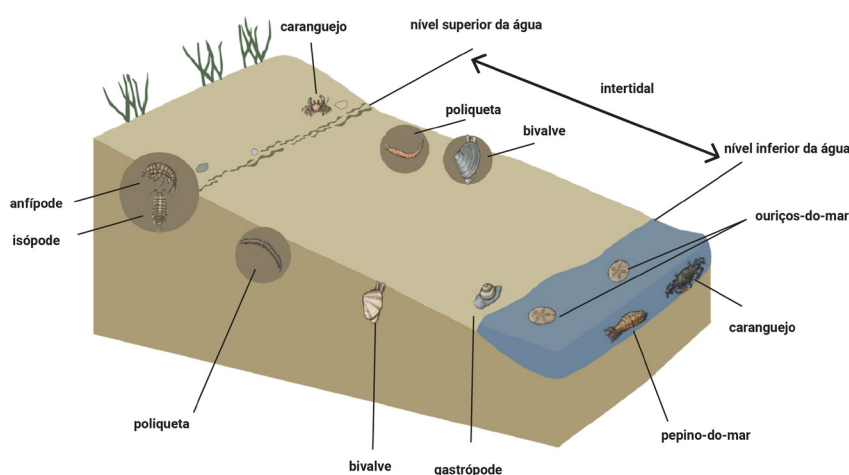


Figura 1.10

Esquema da zonagem de uma praia arenosa (adaptado de P. Castro e M. Huber, *Marine Biology*, 11.ª Ed., Mc Graw-Hill Education)

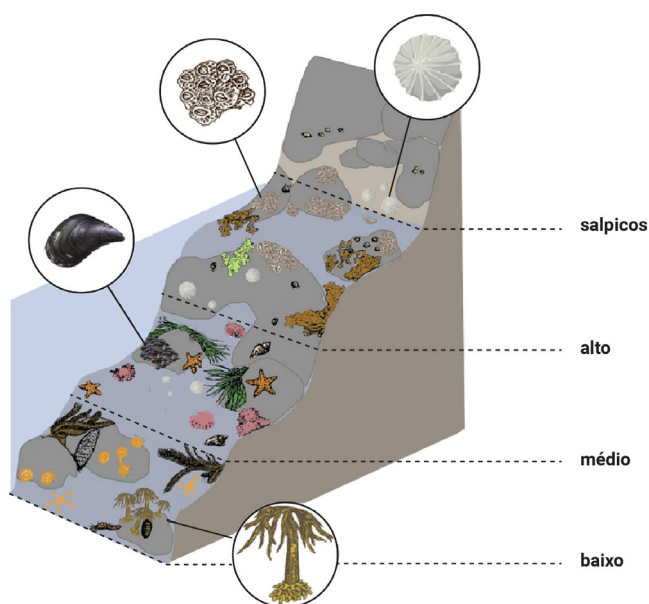


Figura 1.11

Representação esquemática de um padrão típico de zoneamento da costa rochosa (adaptado de J. McCrae e L. Osis, *Plants and animals of Oregon's rocky intertidal habitat*, Oregon Department of Fish and Wildlife). O padrão pode variar de área para área

- **Os recifes de coral** (Fig. 1.13) são colônias de animais marinhos do filo Cnidaria, comumente encontrados em águas quentes e pobres em nutrientes das regiões tropicais (embora alguns corais vivam em águas frias e profundas); os corais partilham uma relação simbiótica com algas fotossintéticas unicelulares (zooxantelas) que vivem nos tecidos dos corais.
- **As pradarias de ervas marinhas** (Fig. 1.14), formadas por plantas marinhas com flores, ocorrem tipicamente em águas costeiras pouco profundas; estes ecossistemas altamente produtivos proporcionam habitat, abrigo e alimento para a vida marinha, protegem as costas e armazenam grandes quantidades de carbono nos sedimentos.

Podem ser consultados exemplos de habitats oceânicos em <https://encounteredu.com/cpd/subject-updates/all-about-ocean-habitats>.

Atividades humanas, tais como o desenvolvimento costeiro, a sobrepesca e a poluição, juntamente com **as alterações climáticas**, estão a modificar as condições ambientais, causando impactos negativos nos organismos marinhos e na biodiversidade.



Figura 1.12

Mangais em Raja Ampat, Indonésia (crédito da foto: The Ocean Agency / Ocean Image Bank)



Figura 1.13

Recife de coral em Sharm el Sheikh, Egito
(crédito da foto: Renata Romeo / Ocean
Image Bank)

Figura 1.14

Ervas marinhas, Ilhas Scilly, Cornualha,
Reino Unido (crédito da foto: Michiel Vos /
Ocean Image Bank)



B5.2

AS ERVAS MARINHAS SÃO PLANTAS ÚNICAS

Paraskevi Malea

Universidade Aristóteles de Salónica, Grécia

Theodoros Kevrekidis

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia

B5.2.1

LITERACIA SOBRE ERVAS
MARINHAS PRINCÍPIO 1:

AS ERVAS MARINHAS
SÃO PLANTAS ÚNICAS

B5.2.2

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

- a. As ervas marinhas são plantas com flor que crescem totalmente submersas e enraizadas em ambientes marinhos e estuarinos.
- b. As ervas marinhas completam o seu ciclo de vida debaixo de água, incluindo a polinização, a germinação e o estabelecimento das sementes, bem como o desenvolvimento e crescimento dos rizomas e das raízes.
- c. As ervas marinhas evoluíram há cerca de 100 milhões de anos e têm uma origem polifilética. Os potenciais antepassados das ervas marinhas são hidrófitas de água doce e plantas costeiras.
- d. As ervas marinhas constituem um grupo ecológico de cerca de setenta espécies, agrupadas em doze géneros. Três desses géneros (*Halophila*, *Zostera* e *Posidonia*) incluem a maioria das espécies de ervas marinhas.
- e. As ervas marinhas estão muito disseminadas. Ocorrem em todas as zonas costeiras do mundo, exceto ao longo das costas da Antártida.
- f. Foram definidas seis regiões de ervas marinhas, duas tropicais e quatro temperadas, cada uma com características florais distintas. A maior diversidade de espécies de ervas marinhas ocorre no Sudeste Asiático.

B5.2.3

CONHECIMENTOS:
CARACTERÍSTICAS,
TAXONOMIA,
ORIGEM, EVOLUÇÃO,
E DISTRIBUIÇÃO
GLOBAL DAS ERVAS
MARINHAS

A. CARACTERÍSTICAS DAS ERVAS MARINHAS

As ervas marinhas ou **angiospermas marinhas**, são **plantas vasculares** com flores, raízes e um sistema de transporte interno, que crescem totalmente submersas em ambientes marinhos e estuarinos. As ervas marinhas têm órgãos e tecidos semelhantes aos das plantas com flores terrestres. No entanto, as ervas marinhas apresentam também várias modificações morfológicas e anatômicas, como adaptações ao ambiente marinho, que as diferenciam das plantas terrestres.

As ervas marinhas apresentam **partes submersas** e **partes emersas** (Fig. 2.1). As **partes submersas** consistem em **rizomas** de fixação e **raízes**, que são importantes nos processos de transferência de nutrientes. As ervas marinhas possuem um **rizoma** rasteiro bem desenvolvido (**rizoma horizontal ou plagiotrópico**) que cresce

ao longo ou por baixo o substrato. Os rizomas são compostos por fragmentos. Em cada junção de fragmentos, chamada **nó**, ou em determinados nós, existem uma ou mais **raízes**, ramificadas ou não ramificadas e um **rebento**. A secção do rizoma entre dois nós chama-se **entrenó**.

Muitas espécies de ervas marinhas, exceto as de rizomas horizontais, também possuem **rizomas verticais (ortotrópicos)**, tipicamente com entrenós mais curtos. As **partes acima do substrato** constituem **rebentos** com folhas. O termo **rebento** indica folhas mais rizoma, horizontal ou vertical. As ervas marinhas têm folhas especializadas com um cutícula muito reduzido e uma epiderme sem estomas. Uma folha tem normalmente uma **bainha** basal para proteger as folhas em desenvolvimento e uma **lâmina** distal para a fotossíntese.

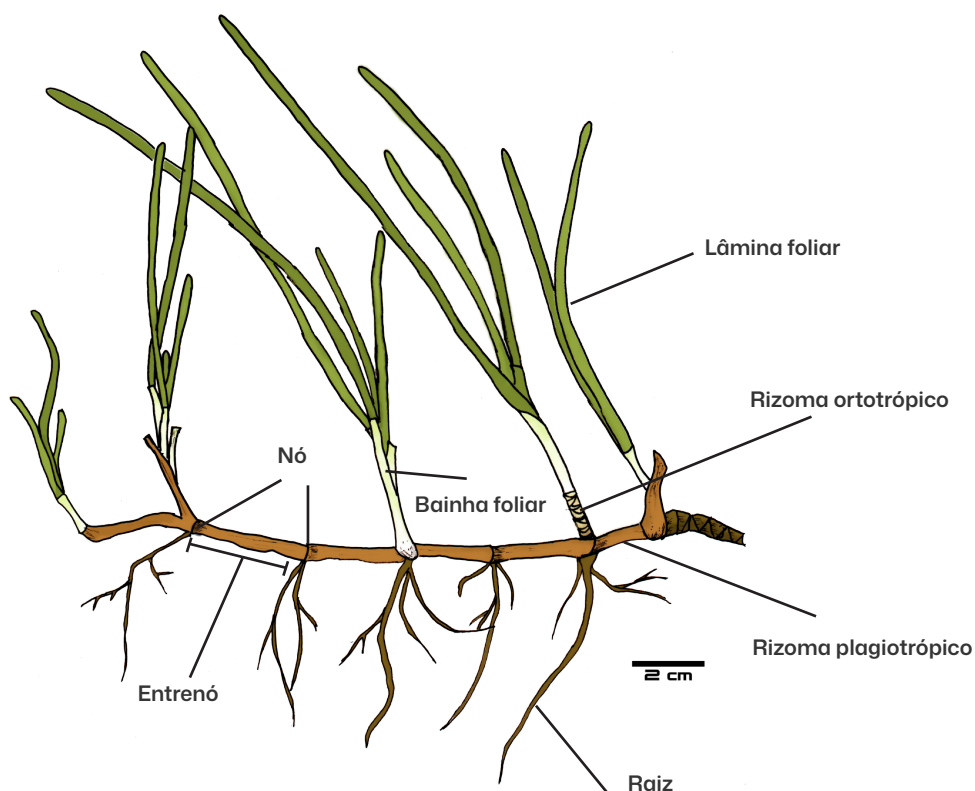


Figura 2.1

Representação esquemática dos componentes básicos de uma espécie de erva marinha

As ervas marinhas são frequentemente confundidas com **as macroalgas**. No entanto, as ervas marinhas e as macroalgas são organismos muito diferentes. Em particular, as macroalgas são organismos muito mais simples do que as ervas marinhas (Fig. 2.2). As macroalgas, também conhecidas como **algas marinhas**, são organismos multicelulares e macroscópicos. Ao contrário das ervas marinhas, as algas marinhas não possuem um verdadeiro sistema radicular, mas têm **fixações** simples para se ancorarem a **substratos** duros, como rochas ou conchas. As algas marinhas não possuem vasos condutores que transportem moléculas pela planta, como as ervas marinhas; elas absorvem mine-

rais e nutrientes da coluna de água. A fotossíntese nas algas marinhas é realizada por todas as células, enquanto nas ervas marinhas está restrita às células das folhas. A reprodução nas algas marinhas não ocorre através de flores, frutos e sementes, como nas ervas marinhas, mas através de esporos. As macroalgas são taxonomicamente categorizadas em três grupos distintos com base na cor do **talo**, nomeadamente **Chlorophyta** (algas verdes), **Rhodophyta** (algas vermelhas) e **Phaeophyta** (algas castanhas) (Fig. 2.3). No entanto, para além da cor, estes três grupos diferem consideravelmente em muitas características ultra-estruturais e bioquímicas.

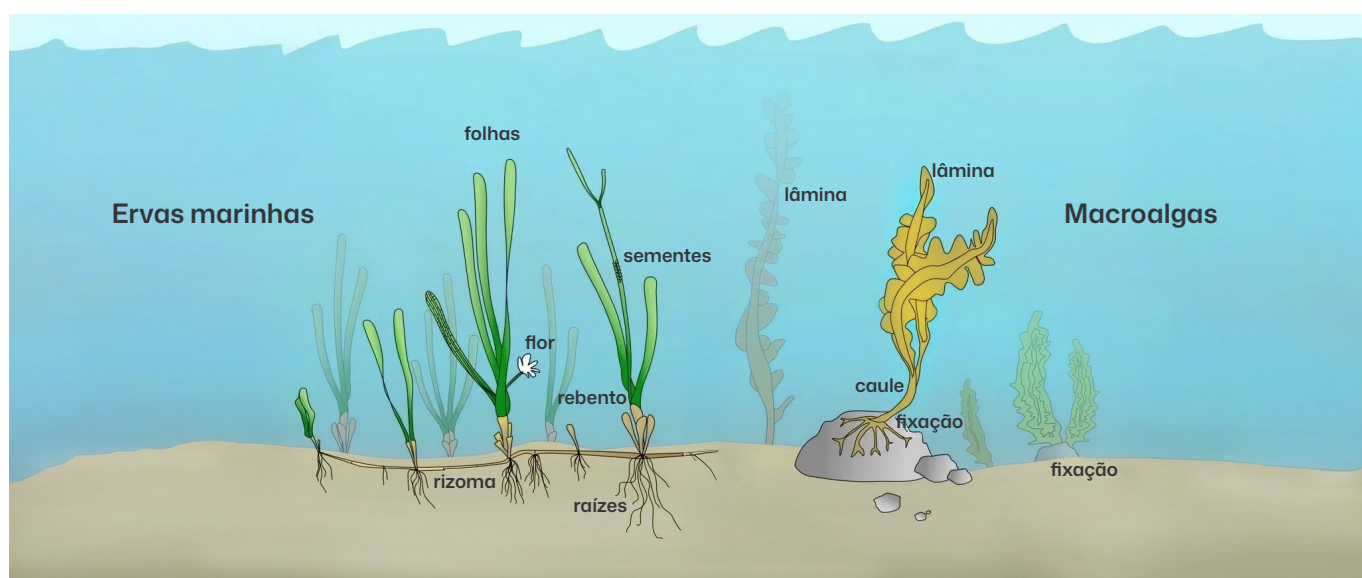


Figura 2.2

Diagramas esquemáticos de uma erva marinha e de uma macroalga (adaptado de Seagrass-<https://www.seagrasswatch.org/>).

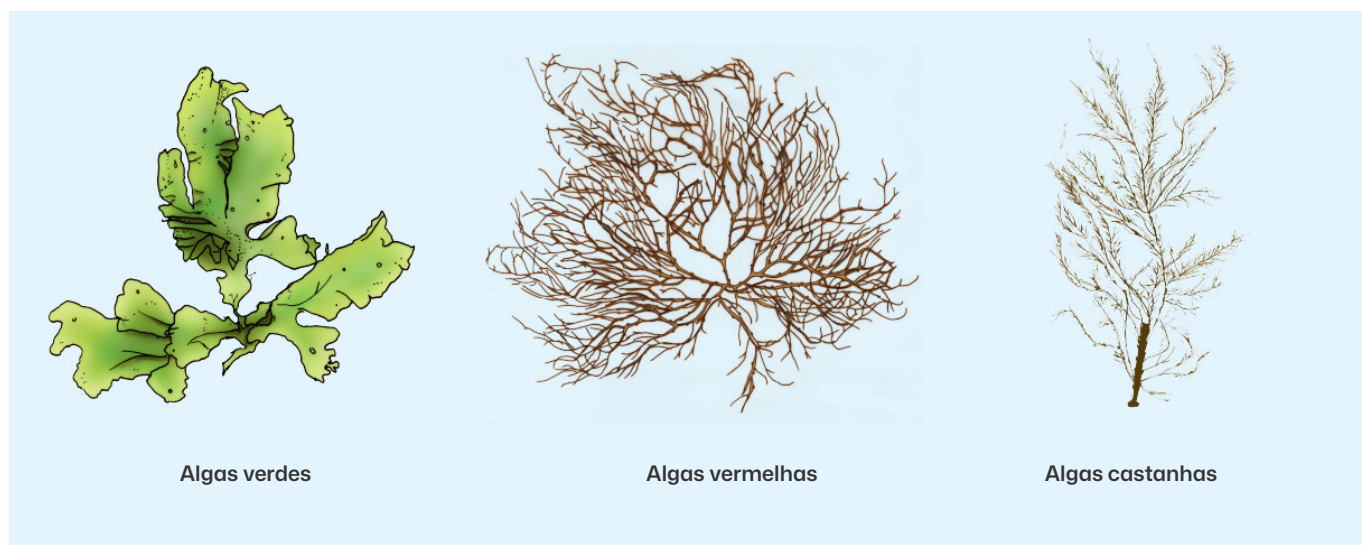


Figura 2.3

Diagramas esquemáticos de macroalgas verdes, vermelhas e castanhas

B. CICLO DE VIDA E PROPAGAÇÃO

As ervas marinhas completam todo o seu ciclo de vida debaixo de água ou, em casos específicos, à superfície da água, incluindo a reprodução sexual (polinização), a germinação e o estabelecimento das sementes (Fig. 2.4 e 2.5), bem como o desenvolvimento e crescimento dos rebentos/rizomas e das raízes. Em particular, todas as espécies de ervas marinhas, exceto a *Enhalus acoroides*, apresentam polinização hidrofílica, na qual os grãos de pólen são libertados na coluna de água para fertilizar a flor feminina. A *Enhalus acoroides* é a única espécie de erva marinha com polinização superficial. Os seus grãos de pólen são libertados na maré alta e viajam à superfície para fertilizar a flor feminina na maré baixa.

O alongamento e a ramificação dos rizomas das ervas marinhas são o principal mecanismo pelo qual estas ocupam o espaço de habitat. Este

crescimento vegetativo é um processo crítico para a persistência e propagação das pradarias marinhas. A manutenção e propagação pradarias também dependem da reprodução sexual, que é o principal mecanismo regulador da formação de **manchas** de ervas marinhas.

A taxa de crescimento varia amplamente entre as espécies de ervas marinhas. Esta variabilidade depende em grande parte das diferenças no tamanho das plantas; as espécies de ervas marinhas mais pequenas tendem a crescer mais rapidamente do que as maiores. Por exemplo, as taxas de crescimento dos rizomas horizontais (plagiotrópicos) das ervas marinhas variam entre 2 cm por ano na espécie *Posidonia oceanica*, que é uma espécie estritamente mediterrânica, e mais de 2 metros por ano na espécie *Cymodocea nodosa*.



Figura 2.4

Flores (à esquerda) e frutos recolhidos na praia (à direita) da erva marinha *Posidonia oceanica*
(crédito fotográfico: Maria Altamirano Jeschke (à esquerda) e Eduardo Infantes Ordas (à direita)/AlgaeBase)

A *Posidonia oceanica* é uma espécie de erva marinha de vida longa e crescimento muito lento. A baixa taxa de alongamento horizontal do rizoma da *Posidonia oceanica* explica a sua propagação extremamente lenta e indica escalas de tempo de recuperação lentas para esta espécie

(de séculos a milénios). Por outro lado, as taxas de extensão horizontal do rizoma e a frequência de ramificação quantificadas para as outras espécies de ervas marinhas presentes nas águas costeiras da Europa indicam escalas de tempo de recuperação de décadas.

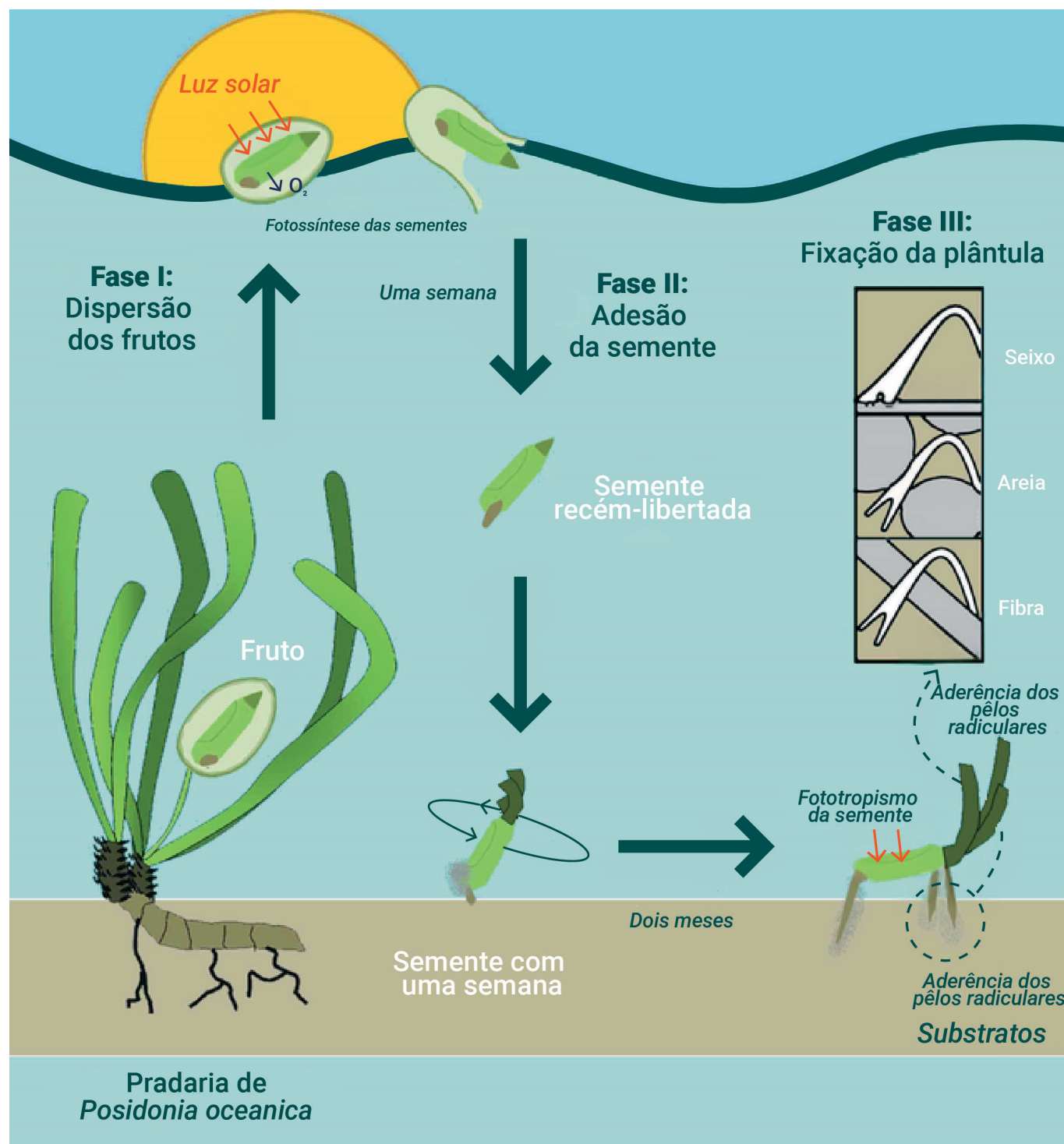


Figura 2.5

Representação esquemática das fases de recrutamento sexual da erva marinha *Posidonia oceanica* (adaptado de Guerrero-Meseguer L, Sanz-Lázaro C, Marín A (2018). PLoS ONE 13(11): e0207345)

C. TAXONOMIA

As ervas marinhas constituem um grupo biológico composto por plantas marinhas com flores submersas. Todas as ervas marinhas são **monocotiledóneas** e pertencem à ordem **Alismatales**, que é composta predominantemente por plantas aquáticas. Foram registadas cerca de setenta espécies de ervas marinhas, agrupadas em doze géneros que pertencem a quatro famílias. Três das quatro famílias, nomeadamente as Zosteraceae, as Cymodoceaceae e as Posidoniaceae, são constituídas exclusivamente por ervas marinhas. Uma quarta família, as Hydrocharitaceae, contém três géneros que são considerados ervas marinhas, mas os restantes catorze géneros desta família limitam-se à água doce.

A família **Hydrocharitaceae** contém os géneros de ervas marinhas *Enhalus*, *Thalassia* e *Halophila* (Fig. 2.6a), a família **Cymodoceaceae** o género *Cymodocea* (Fig. 2.6b), *Thalassodendron*, *Amphibolis*, *Syringodium* and *Halodule*, the family **Posidoniaceae** o género *Posidonia* (Fig. 2.6c), e a família **Zosteraceae** os géneros *Phyllospadix*, *Zostera* (Fig. 2.6d) e *Heterozostera*.

É de salientar que o género *Heterozostera* está atualmente incluído no género *Zostera*. Por outro lado, vários autores reconhecem três géneros; *Zostera*, *Nanozostera* and *Heterozostera*.



Figura 2.6

Espécies dos géneros *Halophila* (a), *Cymodocea* (b), *Posidonia* (c) e *Zostera* (d)

(crédito fotográfico: Katrin Østerlund (a), Isabel Rubio Perez (b), Eduardo Infantes Ordas (c) e Ignacio Barbara (d)/AlgaeBase)

Três dos gêneros, nomeadamente *Halophila*, *Zostera* e *Posidonia*, incluem a maioria das espécies de ervas marinhas, enquanto o género *Enhalus* é representado por uma única espécie (*Enhalus acoroides*) (Fig. 2.7).

De salientar que alguns autores incluem no grupo das ervas marinhas espécies dos géneros

Ruppia (family Ruppiaceae) e *Lepilaena* (family Potamogetonaceae). (família Potamogetonaceae). Ambas as famílias, Ruppiaceae e Potamogetonaceae, pertencem também à ordem Alismatales.



Figura 2.7

Enhalus acoroides

(crédito da foto: Steven Victor/AlgaeBase)

D. ORIGEM E EVOLUÇÃO

As ervas marinhas derivam todas de uma única ordem de plantas com flores, a ordem das monocotiledóneas Alismatales. A ordem Alismatales, composta predominantemente por plantas aquáticas de todas as formas – emersas, submersas, **de água doce**, estuarinas e marinhas –, surgiu numa fase inicial da evolução das **monocotiledóneas**. Este grupo terá provavelmente evoluído há mais de 100 milhões de anos. Apesar de todas as ervas marinhas serem derivadas da ordem Alismatales, não têm uma única origem evolutiva, mas constituem um **grupo polifilético**. Existem múltiplas linhagens de ervas marinhas derivadas de forma independente. Em particular, os Alismatales contêm **quatro linhagens polifiléticas** que incluem ervas marinhas. As famílias modernas de ervas marinhas começaram a divergir há mais de 70 milhões de anos. No entanto, as diferentes linhagens familiares modernas de ervas marinhas variam em idade e a maioria é consideravelmente mais jovem.

As **quatro linhagens** são (1) um grupo marinho das Hydrocharitaceae, incluindo *Enhalus*, *Halophila* e *Thalassia*, (2) três famílias referidas em conjunto como o «complexo» Cymodoceaceae, incluindo as Cymodoceaceae, Ruppiaceae e Posidoniaceae, (3) as Zosteraceae, compostas por *Zostera* (incluindo *Heterozostera* and *Nanozostera*) and *Phyllospadix*, e (4) e (4) algumas espécies de *Lepilaena* na família Potamogetonaceae.

E. DISTRIBUIÇÃO GLOBAL

As ervas marinhas estão **muito disseminadas**. Ocorrem em todas as zonas costeiras do mundo, exceto ao longo das costas antárticas. Em particular, a presença de ervas marinhas foi identificada em mais de 160 países.

Os géneros de ervas marinhas são frequentemente distinguidos em **géneros temperados e tropicais**. Sete géneros, nomeadamente *Thalassia*, *Halophila*, *Syringodium*, *Halodule*, *Cymodocea*, *Thalassodendron* e *Enhalus*, estão distribuídos principalmente ao longo das costas tropicais. Cinco outros géneros, nomeadamente *Zostera*, *Phyllospandix*, *Heterozostera*, *Posidonia* e *Amphibolis*, estão distribuídos principalmente ao longo das costas temperadas. A espécie de clima temperado frio *Zostera marina* atravessa o Círculo Polar Ártico na Europa e no Pacífico Setentrional. As costas antárticas são desprovidas de ervas marinhas, possivelmente devido à erosão causada pelo gelo, que danifica fortemente as ervas marinhas.

No entanto, existem muitas exceções à divisão das espécies de ervas marinhas em géneros temperados e tropicais. Por exemplo, enquanto o género *Cymodocea* é considerado um género tropical, a espécie *Cymodocea nodosa* está

amplamente distribuída ao longo das costas temperadas do mar Mediterrâneo, as costas atlânticas do sul de Portugal e do noroeste de África. Além disso, enquanto o género *Zostera* é considerado um género temperado, espécies de *Zostera* também ocorrem ao longo de costas tropicais.

Foram criados mapas de distribuição para todas as espécies de ervas marinhas. Além disso, através da fusão dos mapas de distribuição das espécies, foi desenvolvido um **mapa global da biodiversidade das ervas marinhas** (ver Fig. 2.8 e <https://data-gis.unep-wcmc.org/portal/home/webscene/viewer.html?layers=917c4d-c3350e4ef7bffd8ef583247e6d>). Este mapa indica o número de espécies de ervas marinhas em várias partes do globo. O mapa global da biodiversidade das ervas marinhas mostra os três centros de elevada diversidade. Todos estes centros ocorrem no hemisfério oriental, sendo que o maior se situa sobre o Sudeste Asiático insular, enquanto os outros dois centros são adjacentes a esta região, mas permanecem distintos, tais como o Japão/República da Coreia e o sudoeste da Austrália. Outras áreas de diversidade significativa de ervas marinhas incluem o sul da Índia e a África Oriental.

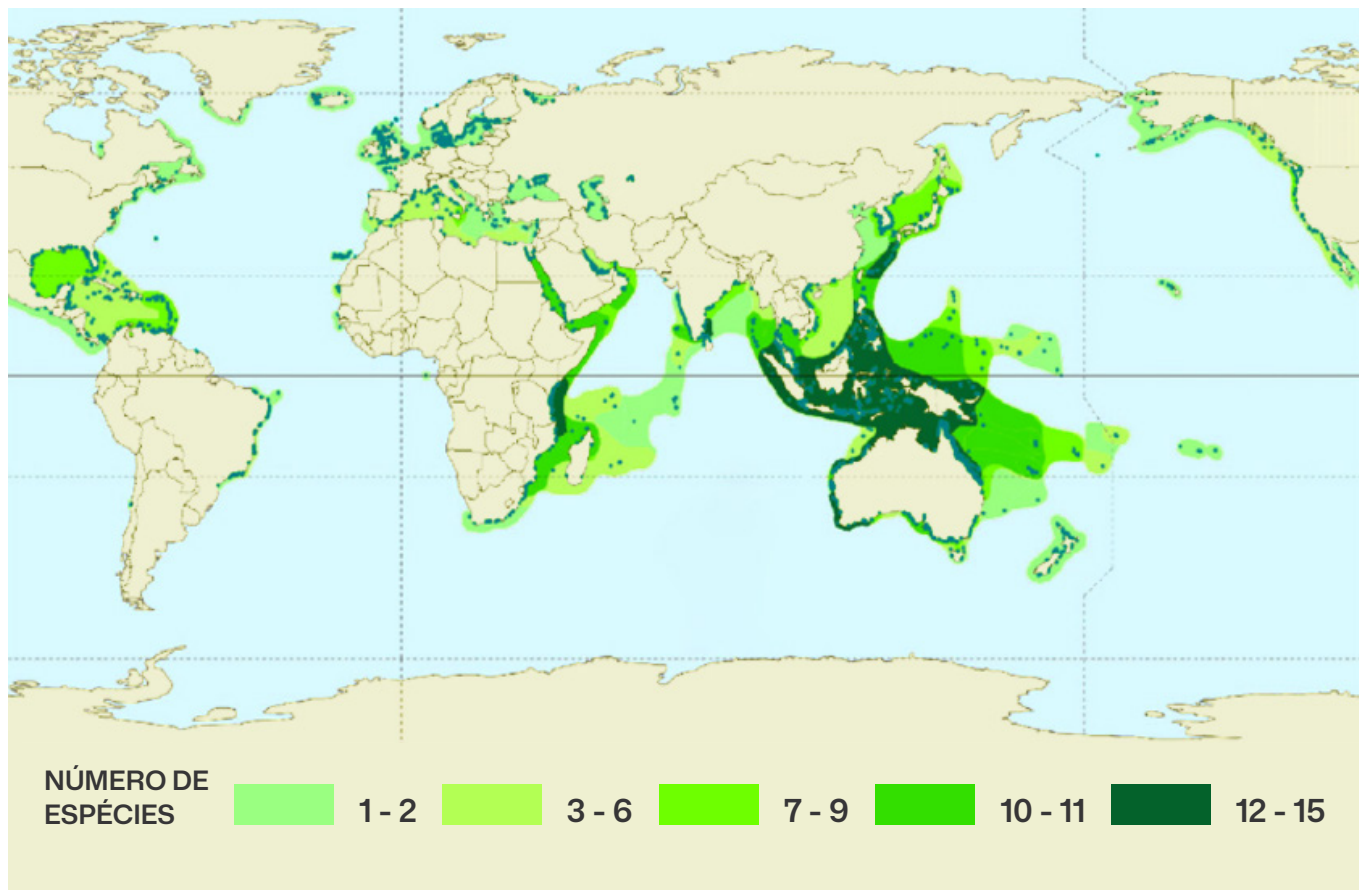


Figura 2.8

Diversidade e distribuição global das ervas marinhas. Os tons de verde indicam o número de espécies registadas numa área; os pontos e polígonos azuis indicam relatos documentados da ocorrência de ervas marinhas (Short et al. 2007, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350: 3-20)

F. BIO-REGIÕES DE ERVAS MARINHAS

As **bio-regiões** de ervas marinhas foram definidas para descrever a distribuição das ervas marinhas e as comunidades de espécies (ou seja, grupos de espécies diferentes que coexistem no mesmo local e ao mesmo tempo). Em particular, foram definidas seis bio-regiões globais, quatro **temperadas** e duas **tropicais** (Fig. 2.9). As bio-regiões temperadas são o **Atlântico Norte Temperado**, o **Pacífico Norte Temperado**, o **Mediterrâneo**, e os **Oceanos Austrais Temperados**. As bio-regiões tropicais incluem o **Atlântico Tropical** e o **Indo-Pacífico Tropical**.

As seis bio-regiões e a sua descrição são apresentadas abaixo:

1. *Atlântico Norte Temperado* (da Carolina do Norte, EUA, a Portugal). Ervas marinhas temperadas de baixa diversidade (5 espécies), principalmente em estuários e lagoas. A espécie principal é a *Zostera marina*.

2. *Atlântico Tropical* (incluindo o Mar das Caraíbas, o Golfo do México, as Bermudas, as Bahamas e ambas as costas tropicais do Atlântico). Ervas marinhas tropicais de elevada diversidade (10 espécies) que crescem em recifes secundários e bancos de areia pouco profundos em águas límpidas. É dominada por *Thalassia testudinum*, sendo que o género *Halophila* representa o maior número de espécies.

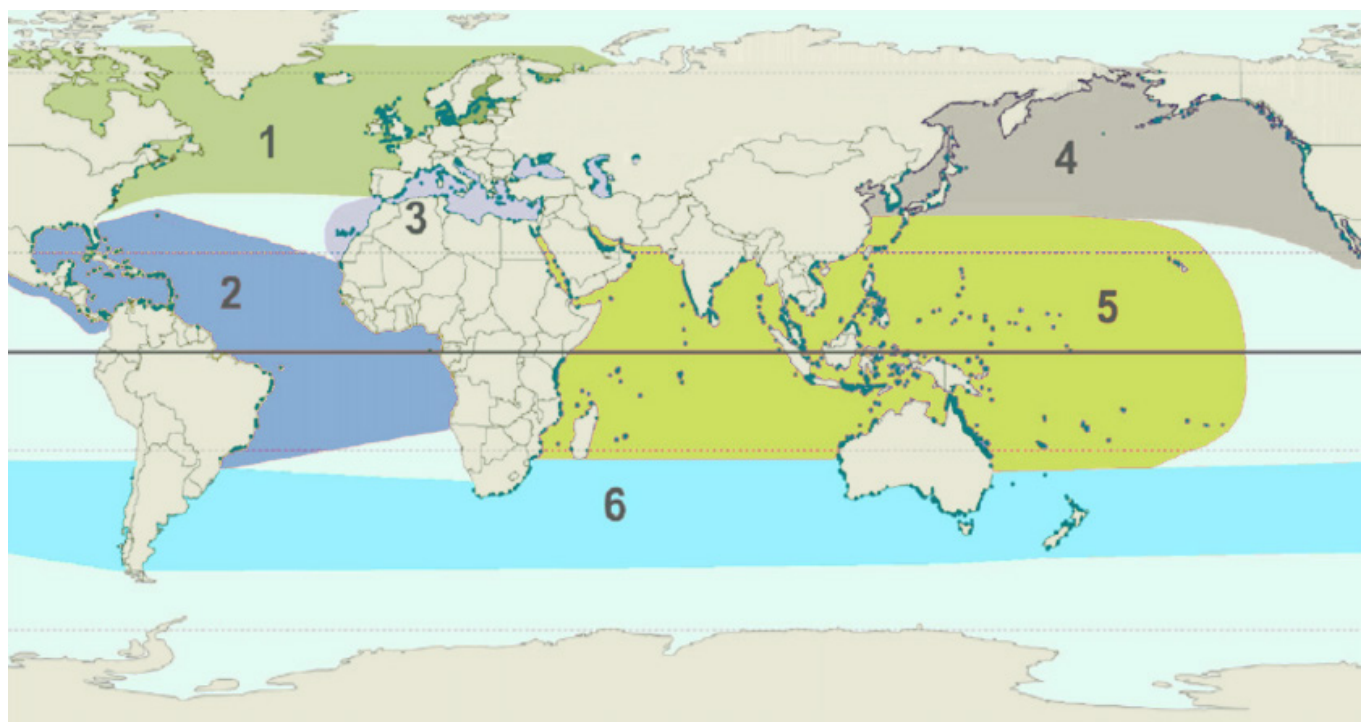


Figura 2.9

Distribuição global das ervas marinhas representada por pontos azuis (dados de 2005 do UNEP-WCMC) e bio-regiões geográficas: 1. Atlântico Norte Temperado, 2. Atlântico Tropical, 3. Mediterrâneo, 4. Pacífico Norte Temperado, 5. Indo-Pacífico Tropical, 6. Oceanos Austrais Temperados (adaptado de Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., WaycoM, M., 2007. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 350, 3–20)

Tabela 2.1

Espécies de ervas marinhas que podem ser encontradas nas bio-regiões 1 e 3*

Bio-região 1: <i>Atlântico Norte Temperado</i> (5 espécies).	
Costa Norte-Americana:	<i>Zostera marina</i> (dominante), <i>Ruppia maritima</i> , <i>Halodule wrightii</i> – apenas na Carolina do Norte.
Europa:	<i>Zostera marina</i> (dominante), <i>Zostera noltei</i> , <i>Ruppia maritima</i> , <i>Cymodocea nodosa</i> .
Bio-região 3: <i>Mediterrâneo</i> (9 espécies).	
Mar Mediterrâneo:	<i>Posidonia oceanica</i> (dominante), <i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Ruppia cirrhosa</i> , <i>Ruppia maritima</i> , <i>Zostera marina</i> , <i>Zostera noltei</i> , <i>Halophila stipulacea</i> (introduzida).
Noroeste da África Atlântica, Ilhas Canárias:	<i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Halodule wrightii</i> , <i>Halophila decipiens</i> , <i>Zostera noltei</i> .
Mar Negro:	<i>Zostera marina</i> , <i>Zostera noltei</i> , <i>Ruppia maritima</i> , <i>Ruppia cirrhosa</i> .
Mar Cáspio e Mar de Aral:	<i>Zostera noltei</i> .

Nota: A Ruppia cirrhosa é frequentemente identificada erroneamente como Ruppia marina e encontra-se atualmente em revisão taxonómica.

*Com base em Short et al., 2007. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 350, 3–20

3. *Mediterrâneo* (incluindo o Mar Mediterrâneo, os mares Negro, Cáspio e Aral e o noroeste de África). Vastas pradarias subaquáticas profundas de diversidade moderada e uma mistura temperada/tropical de ervas marinhas (9 espécies) que crescem em águas límpidas. É dominado pela *Posidonia oceanica*, que cresce em águas profundas.

4. *Pacífico Norte Temperado* (da Coreia à Baja, no México). Elevada diversidade de ervas marinhas temperadas (15 espécies) em estuários, lagoas e zonas de rebentação costeiras. Espécies do género *Zostera* em estuários e lagoas, e espécies do género *Phyllospadix* na zona de rebentação.

5. *Indo-Pacífico Tropical* (África Oriental, sul da Ásia e Austrália tropical até ao Pacífico

oriental). A maior e mais diversificada bio-região; ervas marinhas tropicais (24 espécies) predominantemente em planícies de recife, mas também em águas profundas, muitas das quais são frequentemente pastadas por mega-herbívoros. O género *Halophila* representa o maior número de espécies.

6. *Oceanos Austrais Temperados* (Nova Zelândia e Austrália temperada, América do Sul e África do Sul). Extensas pradarias de ervas marinhas temperadas de baixa a alta diversidade (18 espécies), frequentemente crescendo em condições extremas. São dominados por várias espécies de *Posidonia* e *Zostera*.

Os nomes das espécies de ervas marinhas que podem ser encontradas nas Bio-regiões 1 e 3 são apresentados na Tabela 2.1.

G. ESPÉCIES DE ERVAS MARINHAS NAS ÁGUAS COSTEIRAS DA EUROPA

Existem cinco espécies de ervas marinhas nas águas costeiras da Europa, nomeadamente *Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea*, *Posidonia oceanica*, *Zostera marina* e *Zostera noltei* (este nome é atualmente considerado um sinónimo de *Nanozostera noltei*). Recentemente, foi identificada uma população da espécie *Halophila decipiens* no Golfo Sarónico, no Mar Egeu.

No que diz respeito às ervas marinhas de água salobra do género *Ruppia*, alguns autores referem apenas uma espécie, *Ruppia maritima*, nos habitats europeus, enquanto outros reconhecem duas espécies, *Ruppia maritima* e *Ruppia cirrhosa*. Na região mediterrânica, foram relatadas: *Ruppia maritima*, *Ruppia cirrhosa* e

Ruppia drepanensis, sendo esta última reconhecida como uma variedade (*Ruppia cirrhosa* var. *drepanensis*). De facto, a *Ruppia cirrhosa* é frequentemente identificada erroneamente como *Ruppia maritima* e encontra-se atualmente em revisão taxonómica.

A distribuição geográfica das espécies *Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea*, *Posidonia oceanica*, *Ruppia maritima* (avaliação europeia), *Zostera marina* e *Zostera noltei* é apresentada nas Figuras 2.10 e 2.11. Além disso, a Tabela 2.2 apresenta uma descrição da distribuição geográfica destas espécies, incluindo uma distribuição detalhada nas águas costeiras da Europa.

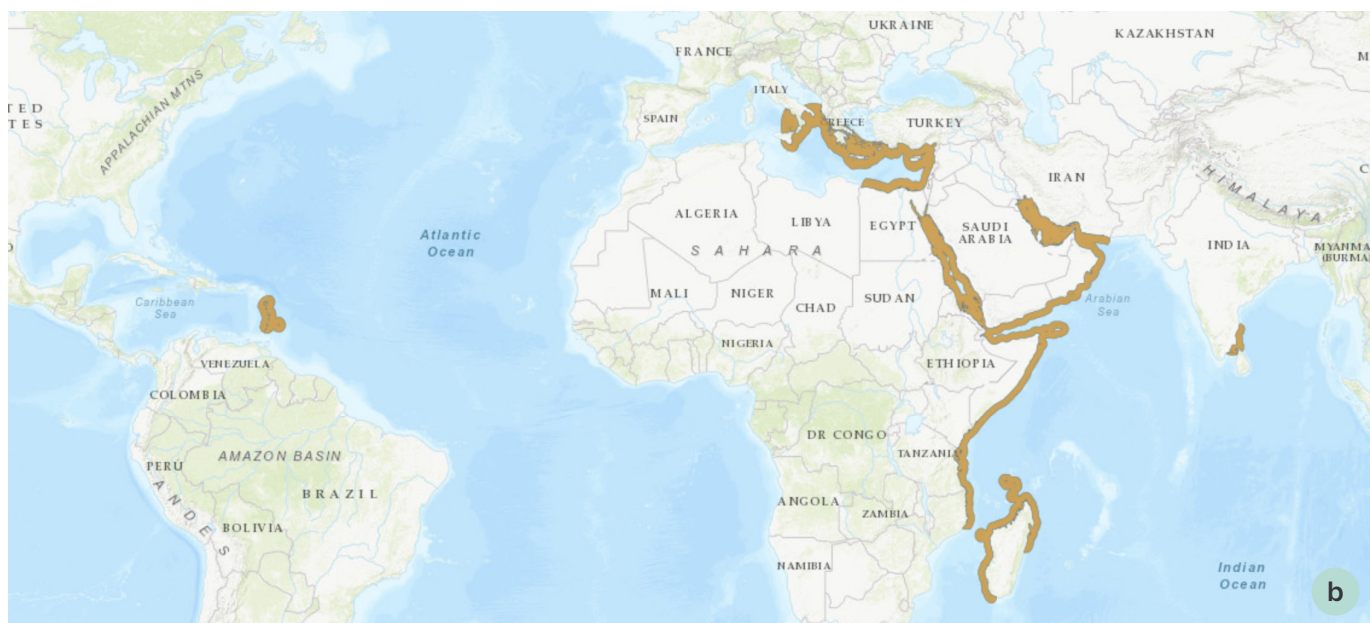


Figura 2.10

Distribuição geográfica das espécies (a) *Cymodocea nodosa*, (b) *Halophila stipulacea* e (c) *Posidonia oceanica* (de Short et al., 2010. Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN 2010, e Pergent et al., 2016. Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN 2016)



Figura 2.11

Distribuição geográfica das espécies (a) *Ruppia maritima* (avaliação da Europa), (b) *Zostera marina* e (c) *Zostera noltei* (de Lansdown, 2011. Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN 2011, e Short et al., 2010. Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN 2010)

Tabela 2.2

Descrição da área de distribuição das espécies de ervas marinhas presentes nas águas costeiras da Europa*

Descrição da área de distribuição	
Cymodocea nodosa	encontra-se em todo o mar Mediterrâneo e estende-se até ao oceano Atlântico, a norte até ao centro de Portugal e a sul até à Madeira e às ilhas Canárias e de Cabo Verde, bem como à Mauritânia e ao Senegal, na costa de África. <i>Distribuição detalhada nas ilhas atlânticas e na Europa:</i> <i>Ilhas do Atlântico:</i> Ilhas Canárias, Madeira. <i>Europa:</i> Ilhas Baleares, Córsega, Croácia, França, França (Mediterrâneo), Grécia, Itália, Malta, Mar Mediterrâneo, Lagoa de Veneza.
Halophila stipulacea	é encontrada desde o Golfo Pérsico até ao Mar Vermelho, descendo pela costa da África Oriental até Moçambique. Ocorre em redor da maior parte de Madagáscar e das ilhas do Oceano Índico Ocidental. Também foi registada na Índia Oriental. No Mar Mediterrâneo, a <i>Halophila stipulacea</i> ocorre desde o Egito até ao sul de Itália e à Tunísia, podendo ter sido introduzida através do Canal do Suez. No Mar das Caraíbas, a <i>Halophila stipulacea</i> foi recentemente recolhida nas Índias Ocidentais, nas ilhas de Granada, Dominica e Santa Lúcia. <i>Distribuição detalhada na Europa:</i> <i>Europa:</i> Albânia, Chipre, Grécia, Itália, Malta.
Posidonia oceanica	está presente em toda a bacia mediterrânica, com exceção dos grandes estuários e das zonas mais frias do Mediterrâneo, como a maior parte do Golfo de Leão, a parte norte do Adriático e a parte mais ocidental do Mar de Alborán, perto do Estreito de Gibraltar. Além disso, a sua ausência na parte extremo-sudeste da bacia parece estar diretamente relacionada com as condições ambientais, com temperaturas da água muito elevadas durante o verão. A espécie também está presente ao longo da costa oriental do mar Egeu, desde a província de Alanya até ao estreito dos Dardanelos, e no mar de Mármara. <i>Distribuição detalhada na Europa:</i> <i>Europa:</i> Albânia, Croácia, Chipre, França (Mediterrâneo - continente, Córsega), Gibraltar, Grécia, Itália (continente, Sardenha, Sicília), Malta, Mónaco, Montenegro, Eslovénia; Espanha (Ilhas Baleares, continente), Turquia na Europa.
Ruppia maritima	é uma espécie circumboreal, amplamente distribuída em regiões temperadas e tropicais. <i>Distribuição detalhada na Europa:</i> <i>Europa:</i> Mar Báltico, Crimeia, França, França (Mediterrâneo), Alemanha, Grécia, Noruega, Espanha, Suécia, Véneto. <i>Como Ruppia cirrhosa:</i> <i>Europa:</i> Ilhas Baleares, Mar Báltico, Mar Negro, Córsega, Crimeia, França, Alemanha, Grécia, Noruega, Espanha, Véneto, Lagoa de Veneza.
Zostera marina	está amplamente distribuída e é circumglobal nas latitudes setentrionais, encontrando-se em todo o Atlântico Norte e Pacífico Norte, bem como nos mares Mediterrâneo e Negro. A <i>Zostera marina</i> estende-se até ao Ártico, no Alasca, Canadá, Gronelândia e norte da Europa, e até aos trópicos, na Baixa Califórnia, no México. A <i>Zostera marina</i> é uma espécie de erva marinha comum no Mediterrâneo Ocidental, mas parece ser rara no Mediterrâneo Oriental, se é que aí existe. <i>Distribuição detalhada nas ilhas do Atlântico e na Europa:</i> <i>Ilhas do Atlântico:</i> Gronelândia, Islândia. <i>Europa:</i> Mar Báltico, Mar Negro, Grã-Bretanha, Ilhas do Canal, Crimeia, Dinamarca, Finlândia, França, França (Atlântico), França (Bretanha), Alemanha, Irlanda, Itália, Países Baixos, Noruega, Polónia, Portugal, Roménia, Rússia (Europa), Espanha, Suécia, Véneto.
Zostera noltei	ocorre no Atlântico oriental, bem como nos mares Báltico, Mediterrâneo, Negro, Cáspio e Aral. A <i>Zostera noltei</i> também ocorre na África Ocidental, na Mauritânia e nas ilhas Canárias e de Cabo Verde. <i>Distribuição detalhada nas ilhas do Atlântico e na Europa:</i> <i>Ilhas do Atlântico:</i> Ilhas Canárias. <i>Europa:</i> Ilhas Baleares, Mar Báltico, Bélgica, Mar Negro, Grã-Bretanha, Crimeia, Croácia, Dinamarca, França, França (Atlântico), França (Bretanha), França (Mediterrâneo), Alemanha, Grécia, Itália, Mar Mediterrâneo, Países Baixos, Noruega, Portugal, Roménia, Eslovénia, Espanha, Suécia, Véneto.

Baseado principalmente na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN (<https://www.iucnredlist.org/>)e na AlgaeBase (<https://www.algaebase.org/>)

H.

MORFOLOGIA VEGETATIVA DAS ESPÉCIES DE ERVAS MARINHAS PRESENTES NAS ÁGUAS COSTEIRAS DA EUROPA

As espécies de *Zostera* possuem apenas rizomas horizontais, enquanto a *Cymodocea nodosa* e a *Posidonia oceanica* possuem rizomas tanto horizontais como verticais. As espécies de *Zostera* apresentam um rebento foliar em cada nó do rizoma horizontal, enquanto a *Posidonia oceanica* e a *Cymodocea nodosa* apresentam folhas nos nós dos rizomas tanto horizontais como verticais.

As espécies de *Posidonia*, *Cymodocea* e *Zostera* têm folhas longas e relativamente estreitas, em forma de fita, variando em tamanho, desde as folhas pequenas de *Zostera noltei* até às folhas grandes de *Posidonia oceanica*. As folhas apresentam-se frequentemente em feixes nos rebentos, com até 8 folhas por rebento na *Posidonia oceanica*, 2 a 5 folhas na *Cymodocea nodosa* e na *Zostera noltei*, e 3 a 7 folhas na *Zostera marina*.

A *Halophila stipulacea* não tem folhas em forma de fita e difere significativamente das espécies

Posidonia, *Cymodocea* e *Zostera* species. O seu rizoma rasteiro tem entrenós longos, um rebento lateral ereto extremamente curto e uma raiz não ramificada em cada nó. Cada rebento lateral tem 2 bainhas na base e um par de folhas pecioladas no topo. O rizoma rasteiro termina num rebento apical com 3 pares de folhas.

As flores, sementes e frutos das ervas marinhas variam muito em tamanho, desde as flores minúsculas da *Zostera noltei* até às grandes inflorescências da *Posidonia oceanica*, que produzem frutos grandes conhecidos como azeitonas-do-mar.

Fotografias e representações esquemáticas de exemplares de *Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea*, *Posidonia oceanica*, *Zostera marina*, *Zostera noltei* e *Ruppia maritima* são apresentadas nas Fig. 2.12 - 2.17. Além disso, uma descrição mais detalhada das características vegetativas destas espécies é apresentada na Tabela 2.3.

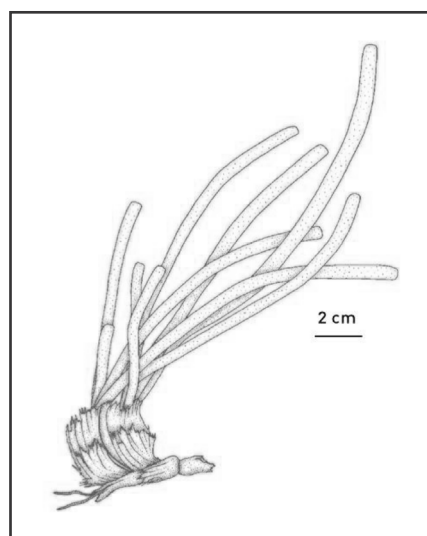
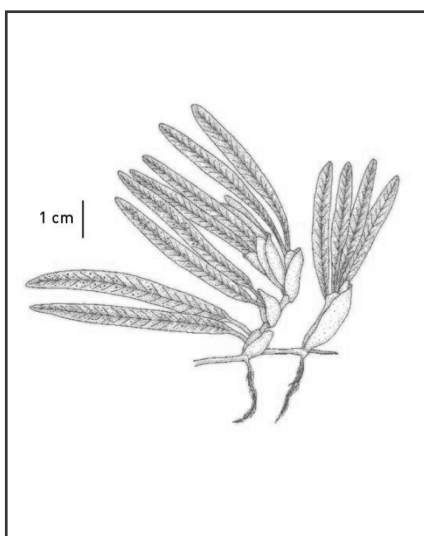
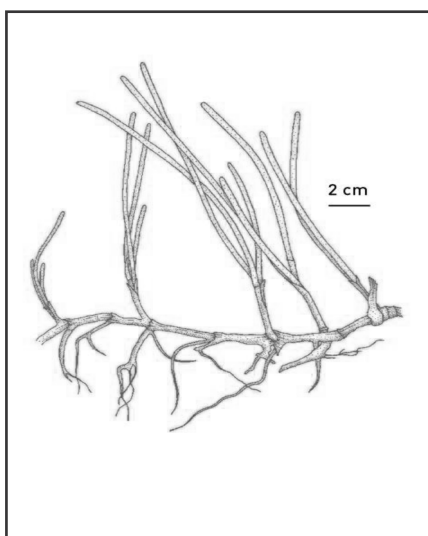


Figura 2.12

Cymodocea nodosa

(crédito fotográfico: Paraskevi Malea; representação esquemática de Green E.P. e Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Elaborado pelo Centro Mundial de Monitorização da Conservação do PNUA. University of California Press, Berkeley, EUA)

Figura 2.13

Halophila stipulacea

(crédito da foto: Paraskevi Malea; representação esquemática de Green E.P. e Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Preparado pelo Centro Mundial de Monitorização da Conservação do PNUA. University of California Press, Berkeley, EUA)

Figura 2.14

Posidonia oceanica

(crédito fotográfico: Paraskevi Malea; representação esquemática retirada de Green E.P. e Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Elaborado pelo Centro Mundial de Monitorização da Conservação do PNUA. University of California Press, Berkeley, EUA)

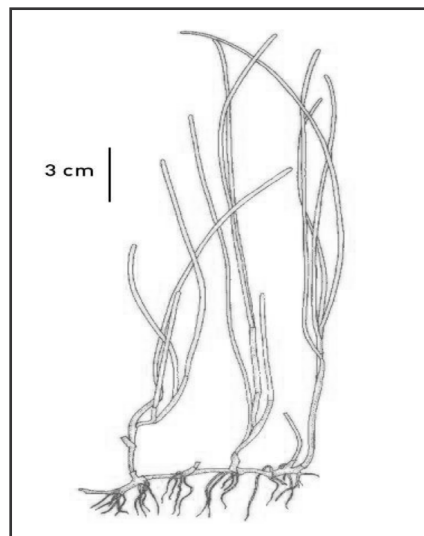
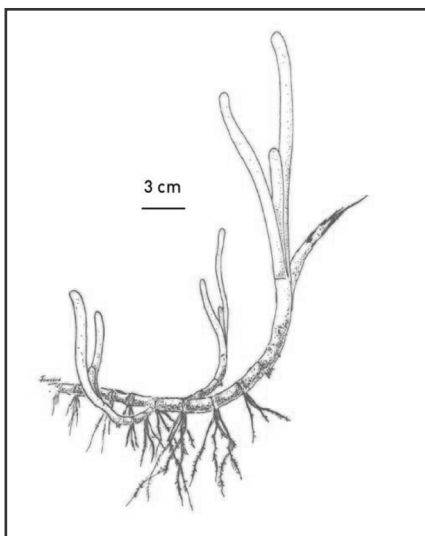


Figura 2.15

Zostera marina

(crédito da foto: Michael Guiry/AlgaeBase; representação esquemática de Green E.P. e Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Elaborado pelo Centro Mundial de Monitorização da Conservação do PNUA. University of California Press, Berkeley, EUA)

Figura 2.16

Zostera noltei

(crédito da foto: Ignacio Barbara/AlgaeBase; representação esquemática de Green E.P. e Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Elaborado pelo Centro Mundial de Monitorização da Conservação do PNUA. University of California Press, Berkeley, EUA)

Figura 2.17

Ruppia maritima

(crédito da foto: Paraskevi Malea; representação esquemática de T. Kevrekidis et al., 2024.

Explorando as lagoas costeiras, Fundação Helénica para a Investigação e Inovação)

Tabela 2.3

Morfologia vegetal das espécies de ervas marinhas presentes nas águas costeiras da Europa*

<i>Cymodocea nodosa</i>	Rizoma rasteiro, fino, com um diâmetro de até 4 mm, com ramos laterais; em cada nó, 1 raiz fortemente ramificada e um caule curto e ereto com 2-5 folhas. Bainha foliar linear a ligeiramente obcônica, deixando, ao cair, uma cicatriz circular fechada no caule ereto. Lâminas foliares lineares, geralmente com até 40 cm de comprimento e 2-4 mm de largura, com 7-9 nervuras longitudinais; ápice arredondado, por vezes ligeiramente entalhado. A espécie é mais facilmente identificada pelos seus rizomas verticais (caules eretos) e pelos longos entrenós brancos ou rosados dos rizomas horizontais.
<i>Halophila stipulacea</i>	Difere significativamente das espécies de <i>Posidonia</i> , <i>Cymodocea</i> e <i>Zostera</i> no que diz respeito às folhas, ao rizoma e ao sistema radicular. O rizoma é rasteiro, com longos entrenós, um rebento lateral ereto extremamente curto e uma raiz não ramificada em cada nó. Cada rebento lateral apresenta duas bainhas na base e um par de folhas pecioladas no topo. O rebento apical apresenta 3 pares de folhas. As bainhas são grandes, elípticas ou obovadas, transparentes, com 12-17 mm de comprimento e 6-10 mm de largura, dobradas nos nós do rizoma, cobrindo os pecíolos curtos. As lâminas são lineares a oblongas, elípticas, com até 60 mm de comprimento e 10 mm de largura; margem serrilhada; nervura central e nervuras laterais intramarginais ligadas por nervuras transversais. A característica mais distintiva é um par de grandes bainhas persistentes e transparentes que cobrem os pecíolos curtos.
<i>Posidonia oceanica</i>	Os rizomas verticais estão ligados a rizomas horizontais que se ramificam e se expandem a partir dos ápices terminais. Os entrenós dos rizomas são curtos (0,5 a 2 mm), refletindo o crescimento horizontal lento da planta, e a espessura dos rizomas varia entre 5 e 10 mm. As raízes têm 3-4 mm de espessura, até 40 cm de comprimento e são ricamente ramificadas. Esta espécie de erva marinha apresenta feixes foliares compostos por 5 a 10 folhas ligadas a um rizoma vertical. Possui folhas em forma de fita com 5-12 mm de largura e 40-50 cm de comprimento, podendo atingir até 1 m, com 13-17 nervuras longitudinais; ápice obtuso a emarginado. A <i>Posidonia oceanica</i> é a erva marinha mais robusta da região mediterrânica e pode ser facilmente identificada pelos numerosos restos fibrosos castanhos de bainhas antigas que cobrem os rizomas como um pincel.
<i>Ruppia maritima</i>	Caules muito delgados, com até 0,4 m de comprimento, com ramificação escassa a abundante. As folhas são de cor verde brilhante, com 0,4-1,0 mm de largura e 20-115 mm de comprimento, com pontas pontiagudas (agudas) e ligeiramente dentadas. As folhas estão inseridas em bainhas membranosas, com 5-22 mm de comprimento na base. Um sistema de rizomas finos e delgados (largura de 0,8 a 1,0 mm) e raízes finas fixa as plantas ao substrato. A forma de crescimento é muito variável, incluindo plantas longas e altas em águas comparativamente mais profundas, ou plantas curtas e ligeiramente ramificadas em águas rasas e límpidas. Também foram observadas formas anãs.
<i>Genus Zostera</i>	Plantas com rizoma herbáceo rasteiro, apresentando em cada nó 1 a várias raízes e um rebento com 2-7 folhas. Bainha aberta ou fechada, lâmina linear, alarada, com 3-11 nervuras longitudinais, ápice de forma variável.
<i>Zostera marina</i>	Espécie de porte moderado a robusto, com um rizoma rasteiro com entrenós de 1 a 3 cm de comprimento. Lâminas foliares geralmente com 30 a 60 cm de comprimento e 3 a 12 mm de largura; nervuras longitudinais 5 a 11; ápice da lâmina arredondado a ligeiramente mucronado. Bainha foliar fechada. A espécie é facilmente identificada pelos rebentos terminais que se desenvolvem apenas nos rizomas horizontais.
<i>Zostera noltei</i>	Lâminas foliares com até 30 cm de comprimento e 0,5 a 1,5 mm de largura, com 3 nervuras longitudinais; ápice frequentemente entalhado de forma assimétrica. Bainha foliar aberta.

*Baseado principalmente em Kuo, J. e den Hartog, C., 2001. Taxonomia das ervas marinhas e chave de identificação. Em: Métodos globais de investigação sobre ervas marinhas, F.T. Short e R.G. Cole (Eds). Elsevier Science B.V., e Borum, J. e Greve, T.M., 2004. As quatro espécies europeias de ervas marinhas. Em: Ervas marinhas europeias: uma introdução à monitorização e gestão. J Borum, CM Duarte, D Krause-Jensen e TM Grev (Eds.). O projeto M&MS.

Confusão entre espécies*

- Durante o processo de **identificação preliminar** das espécies de ervas marinhas, pode haver confusão entre certas espécies. Para facilitar este processo, são fornecidas abaixo algumas informações úteis.
- Os exemplares jovens de *Zostera marina* podem ser confundidos com *Zostera noltei* na zona de transição entre a área intertidal e a sub-tidal. No entanto, as folhas de *Zostera noltei* são mais estreitas do que as de *Zostera marina*.
- Nos locais onde a *Zostera marina* e a *Cymodocea nodosa* ocorrem em povoamentos mistos, as suas folhas podem ser difíceis de distinguir, mas a *Cymodocea nodosa* é facilmente identificada pelos longos entrenós horizontais do rizoma, de cor branca a rosa, e pelos rizomas verticais com entrenós comprimidos.
- A *Zostera marina* pode ser confundida com espécimes jovens da planta de água doce *Potamogeton pectinatus* que cresce em águas salobras. No entanto, a *Potamogeton pectinatus* caracteriza-se pelo crescimento a partir de um estolão rasteiro, que assume a forma de caules e folhas ramificados de forma dicotômica e cilíndrica. Só enraíza a partir da junção entre o estolão e o caule.
- A *Zostera* pode crescer nos mesmos habitats intertidais que as espécies de *Ruppia* species. Embora as espécies de *Ruppia* também tenham folhas estreitas, podem ser identificadas pelos seus longos entrenós brancos do rizoma. Cada nó forma um feixe de folhas e uma raiz longa.

*Baseado em Borum, J. e Greve, T.M., 2004. As quatro espécies europeias de ervas marinhas. Em: Ervas marinhas europeias: uma introdução à monitorização e gestão. J Borum, CM Duarte, D Krause-Jensen e TM Greve (Eds.). O projeto M&MS.

B5.3

AS ERVAS MARINHAS FORMAM EXTENSAS PRADARIAS SUBAQUÁTICAS

Theodoros Kevrekidis

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia

Paraskevi Malea

Universidade Aristóteles de Salónica, Grécia

B5.3.1

PRINCÍPIO 2 DA LITERACIA
SOBRE ERVAS MARINHAS:
AS ERVAS MARINHAS
FORMAM EXTENSAS
PRADARIAS SUBAQUÁTICAS

B5.3.2

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

- a. O crescimento e a distribuição das ervas marinhas são influenciados por vários fatores físico-químicos, incluindo luz, profundidade e movimento da água, maré, características do substrato, salinidade e temperatura. As ervas marinhas requerem principalmente um ambiente marinho, imersão suficiente em água do mar, disponibilidade adequada de luz e um substrato adequado para crescer.
- b. As ervas marinhas crescem tipicamente em águas costeiras pouco profundas, enraizadas em sedimentos arenosos a lamacentos. As ervas marinhas também se encontram em águas muito mais profundas, enquanto algumas espécies são comuns na zona intertidal. As espécies de ervas marinhas ocorrem frequentemente em estuários.
- c. As ervas marinhas podem formar extensas pradarias. A maioria é monoespecífica, mas as pradarias tropicais e subtropicais podem conter mais de dez espécies de ervas marinhas. As ervas marinhas também formam manchas isoladas ou habitats «mosaicos» com outros habitats marinhos, tais como recifes de bivalves, bentos rochosos, mangais, corais ou sedimentos não vegetados.
- d. As ervas marinhas cobrem uma área global total equivalente a cerca de 10% do oceano costeiro. As pradarias de ervas marinhas suportam frequentemente uma elevada biomassa.

B5.3.3

CONHECIMENTOS:

ECOLOGIA DAS ERVAS MARINHAS

A. HABITAT DAS ERVAS MARINHAS

As ervas marinhas ocupam um **habitat marinho**, bem definido. Vários parâmetros são críticos para determinar onde as ervas marinhas poderão ocorrer ao longo de qualquer trecho da costa. Estes incluem parâmetros físicos, que regulam a atividade fisiológica das ervas marinhas, tais como **salinidade**, temperatura, profundidade, **substrato**, ondas e correntes, e fenómenos naturais, que limitam a atividade fotossintética das plantas, tais como luz, nutrientes e **epífitos**. A combinação destes parâmetros permitirá, favorecerá ou impedirá a presença de ervas marinhas num local marinho específico.

Acima de tudo, as ervas marinhas requerem um **ambiente marinho, imersão suficiente** na água

do mar, **disponibilidade adequada de luz** e um **substrato adequado** para crescer..

Em particular, as ervas marinhas necessitam, acima de tudo, de um **ambiente marinho** para crescer (Fig. 3.1). A água do mar é água pura na qual se encontram dissolvidos diversos sólidos e gases. Uma amostra de 1000 g de água do mar contém cerca de 35 g de compostos dissolvidos. A quantidade total de compostos dissolvidos é designada por **salinidade**. Se uma amostra típica de água do mar tiver 35 g de compostos dissolvidos em 1000 g, a sua **salinidade** é de 35. A **salinidade** de várias partes do oceano aberto, longe das zonas costeiras, varia dentro de um intervalo estreito, geralmente entre **34 e 37**.



Figura 3.1

Cymodocea nodosa a uma profundidade de 8–9 m no Golfo de Pagasetic, norte do Mar Egeu, Grécia
(crédito da foto: Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)



Figura 3.2

Fotografia aérea de uma lagoa costeira (Fleet Lagoon, Inglaterra) com leitos sub-tidais cobertos por de espécies de *Zostera* e *Ruppia* (crédito da foto: MaM DoggeM/hMps <https://www.flickr.com/photos/naturalengland/52993194113/in/photostream/>)

As diferenças na **salinidade** devem-se a diferenças na evaporação e precipitação. Em áreas costeiras e mares parcialmente fechados, a **salinidade** é mais variável e pode situar-se perto de 0, onde grandes rios descarregam **água doce** (**salinidade** tipicamente inferior a 0,5), até perto de 40 no Mar Vermelho e no Golfo Pérsico. As variações na **salinidade** que vão desde a água hipersalina até à **água doce** ocorrem ao longo do gradiente que vai do mar aberto até ao estuário abrigado e em rios de **água doce**.

A maioria das espécies de ervas marinhas consegue tolerar uma ampla gama de **salinidade**, desde água do mar (com **salinidade** em torno de 35) até **águas salobras** (**salinidade** de 0,5 a 30) ou **águas hipersalinas** (**salinidade** superior a 40). Assim, as espécies de ervas marinhas ocorrem frequentemente em estuários e lagoas costeiras (Fig. 3.2). No entanto, tanto em condições de

baixa como de alta **salinidade**, os tecidos das ervas marinhas sofrem stress osmótico, o que resulta na perda de funcionalidade, acabando por necrosar e morrer. As ervas marinhas crescem frequentemente em estuários, em contacto com espécies de água salobra, tais como do género *Ruppia*, que podem ser encontradas desde **águas doces** até águas salgadas e mesmo **em águas hipersalinas**.

As ervas marinhas também requerem uma **imersão suficiente** em água do mar para crescer. No entanto, as espécies de ervas marinhas podem desenvolver populações na **zona intertidal**, nomeadamente na área costeira situada entre os extremos da maré alta e da maré baixa. O limite de uma pradaria de ervas marinhas na **zona intertidal** é determinada pelo stress que as plantas sofrem devido à exposição na maré baixa, incluindo a dessecação,



Figura 3.3

Zostera noltei a crescer na zona intertidal inferior, Ría de Arousa, Galiza, Espanha (crédito da foto: Ignacio Barbara/AlgaeBase)



Figura 3.4

Ervas marinhas a crescer em condições adequadas de disponibilidade de luz (crédito fotográfico: Michiel Vos/Ocean Image Bank)



Figura 3.5

Ervas marinhas a crescer sobre sedimentos arenosos (crédito da foto: Lilly Palmer/Ocean Image Bank)

danos causados por exposição solar excessiva e raios UV-B, e por congelamento. No entanto, nem todas as espécies de ervas marinhas são comuns na **zona intertidal**. Entre as espécies de ervas marinhas, a *Zostera noltei* está amplamente distribuída na **zona intertidal** das costas da Europa Ocidental e do Noroeste de África (Fig. 3.3), as espécies do género *Phyllospandix* desenvolvem-se na zona intertidal ao longo das costas rochosas do Pacífico Norte, enquanto as espécies do género *Halophila* formam grandes pradarias intertidais em planícies lamacentas na região do Indo-Pacífico.

As ervas marinhas também necessitam **de luz suficiente** para crescer (Fig. 3.4). A fotossíntese fornece às plantas energia fixada quimicamente e esqueletos de carbono para uma var-

iedade de processos bio-sintéticos associados ao crescimento e funcionamento das plantas. A penetração da luz através das águas naturais é pelo menos três ordens de magnitude menor do que através do ar. Assim, a intensidade da luz diminui rapidamente com a profundidade da água e, mesmo em águas oceânicas límpidas, praticamente nenhuma radiação fotossinteticamente ativa consegue penetrar além de uma profundidade de 200 metros. Para além da absorção pela água pura, as substâncias particuladas e solúveis também contribuem, cada uma, para a atenuação total da luz na coluna de água. Devido à carga geralmente mais elevada de partículas e substâncias orgânicas dissolvidas, a transmissão da luz nas águas costeiras é muito inferior à das águas oceânicas límpidas. Consequentemente, o limite de profundidade

para a penetração da radiação fotossinteticamente ativa nos mares costeiros varia, na maioria dos casos, entre menos de um metro e várias dezenas de metros.

Consequentemente, o limite máximo de profundidade para as ervas marinhas é determinado em grande parte pela profundidade até à qual a intensidade de luz suficiente para sustentar o crescimento das ervas marinhas atinge o fundo do mar. Verificou-se que a necessidade mínima de luz para as ervas marinhas é de 10-20% da luz da superfície, sendo superior à de outros organismos marinhos fotossintéticos (macroalgas, microalgas). Diferentes espécies de ervas marinhas têm diferentes requisitos de luz e, por isso, a profundidade de distribuição das diferentes espécies de ervas marinhas pode variar amplamente. A profundidade máxima registada para uma erva marinha diz respeito a uma espécie do género *Halophila*, e é de 90 metros. No entanto, a maioria das pradarias marinhas está

confinada a profundidades inferiores a 200 metros.

A distribuição vertical e horizontal das ervas marinhas é limitada pela **disponibilidade de substrato adequado** para o seu crescimento. Em particular, o crescimento das ervas marinhas é frequentemente limitado devido à ocupação do espaço por outras **comunidades biológicas**. Nos locais onde há espaço disponível, as populações de ervas marinhas só podem crescer se o **substrato** for adequado. A maioria das espécies de ervas marinhas cresce sobre **substratos**, moles, particularmente sobre sedimentos arenosos a lamacentos (Fig. 3.5), que são facilmente penetrados pelas raízes das ervas marinhas. No entanto, algumas espécies de ervas marinhas, como as espécies do género *Phyllospadix* podem crescer sobre rocha (**substrato** duro) (Fig. 3.6). Estas espécies de ervas marinhas caracterizam-se por raízes robustas, que penetram nas fendas das rochas, fixando a planta.



Figura 3.6

Phyllospadix iwatensis a crescer em plataformas intertidais, Sotogawa-cho, Choshi, Prefeitura de Chiba, Japão
(crédito da foto: Hideki Haga/Algae-Base)

B.

ECOSSISTEMA DE ERVAS MARINHAS

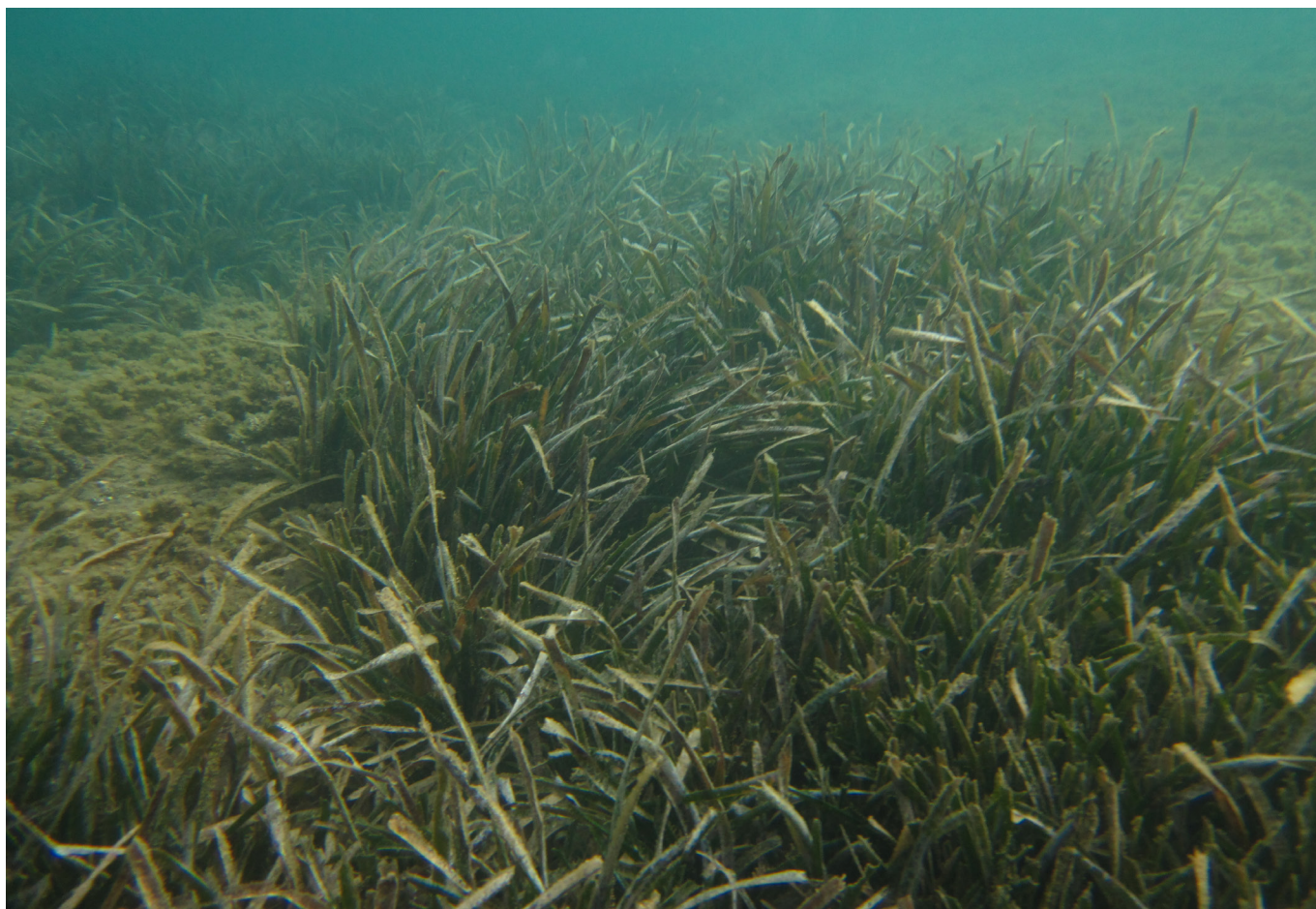


Figura 3.7

Pradaria *Posidonia oceanica* nas águas costeiras da Trácia, norte do mar Egeu, Grécia
(crédito da foto: Stavros Bachtsevanidis/Theodoros Kevrekidis)

As ervas marinhas podem formar **ecossistemas subaquáticos**, extensos e densos, conhecidos como **pradarias** ou **campos de ervas marinhas** (Fig 3.7 e 3.8). As pradarias de ervas marinhas constituem um ecossistema marinho único. A maioria das pradarias é monoespecífica, ou seja, é composta por apenas uma espécie de erva marinha, em particular as da zona temperada. No entanto, isto também se aplica a áreas tropicais e subtropicais com floras

multiespecíficas de ervas marinhas. As pradarias com maior número de espécies ocorrem na região do Indo-Pacífico e no Mar Vermelho, onde abundam os campos mistos, contendo até 12 espécies de ervas marinhas. As ervas marinhas também podem crescer em **manchas**, isoladas ou como parte de um mosaico de habitats com outros habitats, tais como corais (Fig. 3.9), mangais, recifes de bivalves, bentos rochosos ou sedimentos não vegetados.



Figura 3.8

Pradaria *Cymodocea nodosa* no Golfo de Pagasetic, norte do Mar Egeu, Grécia
(crédito da foto: Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)



Figura 3.9

Ervas marinhas e recife de coral, Ilha Lord Howe, Austrália
(crédito da foto: MaM Curnock/Ocean Image Bank)

C.

ABUNDÂNCIA DE ERVAS MARINHAS

As estimativas da distribuição espacial global das ervas marinhas variam consideravelmente na literatura publicada, oscilando entre 160 000 - 180 000 e 600 000 Km². Em geral, as ervas marinhas cobrem uma área global total que equivale, aproximadamente, a até 10% do oceano costeiro. Notavelmente, a área global total de ervas marinhas é comparável à das algas marinhas, mangais e recifes de coral. Além disso, os leitos de ervas marinhas suportam frequentemente uma elevada **biomassa**. Uma **biomassa**

média de um leito de ervas marinhas de cerca de 460 g de peso seco por m² foi estimada com base numa compilação de dados de leitos de ervas marinhas em todo o mundo. Em especial, os leitos das espécies *Amphibolis*, *Phyllospadix* e *Posidonia* tendem particularmente a suportar uma elevada **biomassa**. Em contrapartida, os leitos das espécies *Halophila*, que têm folhas pequenas, raramente apresentam uma **biomassa** elevada.

D.

LEITOS DE ERVAS MARINHAS NAS ÁGUAS COSTEIRAS DA EUROPA

Zostera marina (seba ou fita-do-mar) está amplamente distribuída pelas águas costeiras da Europa. Esta erva marinha ocorre em regiões subárticas e temperadas, desde as águas do Ártico na Noruega até ao Mar Mediterrâneo, ao Mar Negro e ao Mar de Azov. A *Zostera marina* habita principalmente a zona subtidal (Fig. 3.10), típica-

mente até 10-15 metros de profundidade, dependendo da **transparência da água**. Também pode ocorrer na **zona intertidal**. Prefere **substratos** arenosos ou lamacentos e ambientes costeiros abrigados, tais como baías pouco profundas, enseadas, estuários e lagoas costeiras.



Figura 3.10

Pradaria *Zostera marina* na zona subtidal superior, Ría de Camariñas, Galiza, Espanha
(crédito da foto: Ignacio Barbara/AlgaeBase)

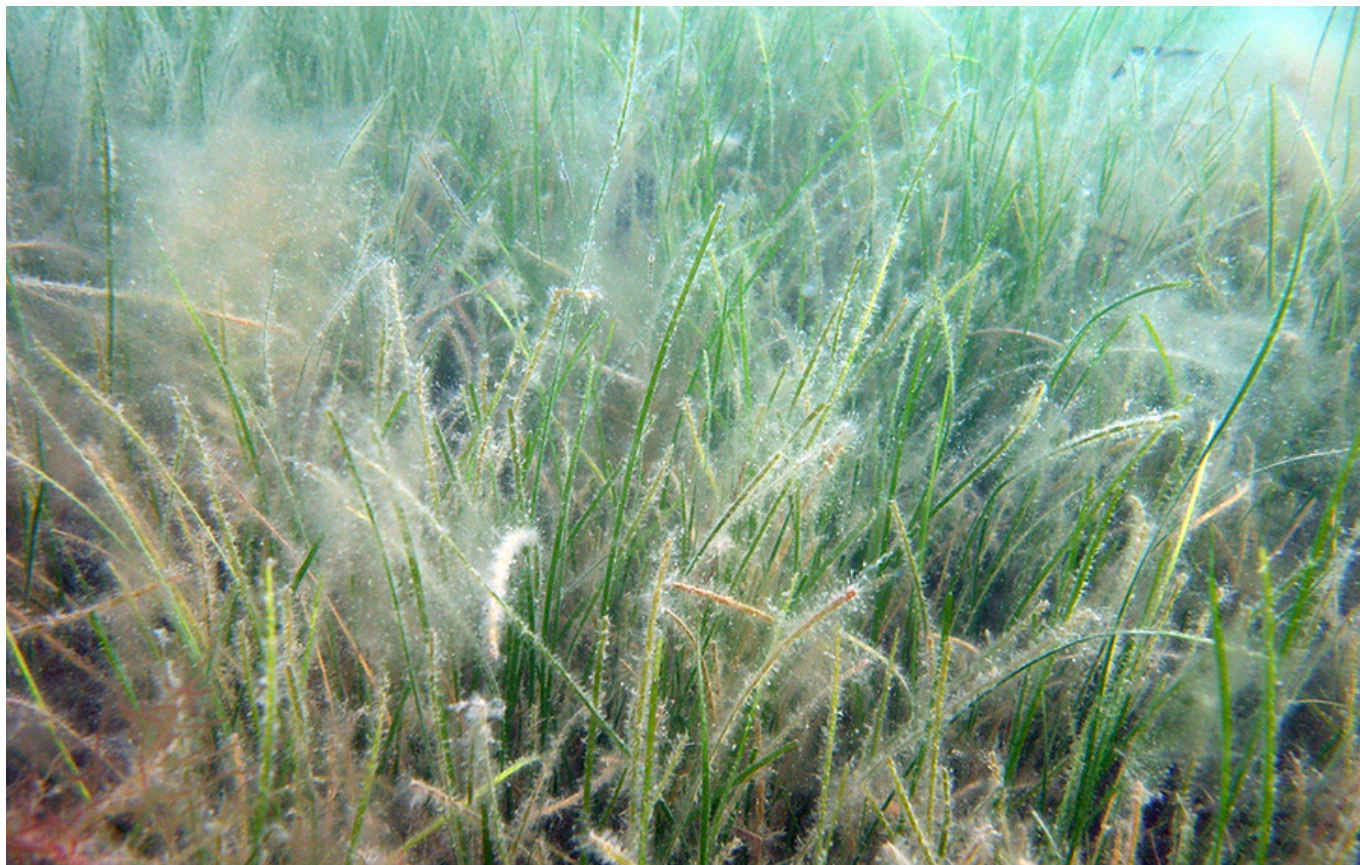


Figura 3.11

Pradaria *Zostera noltei* na zona subtidal superior, Ría de Ares, Galiza, Espanha
(crédito da foto: Ignacio Barbara/AlgaeBase)

Em particular, a *Zostera marina* ocorre em águas árticas ao longo da costa norte da Noruega, onde consegue sobreviver a vários meses de cobertura pelo gelo. É abundante no Mar do Norte e ao longo das costas atlânticas até ao norte de Espanha. Esta espécie é também muito abundante no Mar Báltico, onde forma extensas pradarias. No Mediterrâneo Ocidental, a *Zostera marina* forma pradarias perenes distribuídas desde a **zona intertidal** até alguns metros de profundidade. Pode crescer em **substratos** arenosos e lamacentos e ocorre também em lagoas costeiras. No Mar Negro, a *Zostera marina* ocorre em leitos de espécie única e também em comunidades mistas, a profundidades de 0,5-15 metros em **substratos** arenosos-limosos.

A *Zostera noltei* (sebarrinha) ocorre ao longo das costas da Europa (Fig. 3.11). Ocorre na **zona intertidal**, frequentemente em conjunto com a

Zostera marina, que se estende até profundidades maiores. A sebarrinha, nome comum em Portugal, é encontrada no Mar Báltico, no Mar de Wadden, no Reino Unido, na Irlanda, no Golfo de Morbihan e na Bacia de Arcachon, onde forma extensas pradarias nas planícies intertidais. No mar Mediterrâneo, a *Zostera noltei* é encontrada desde as planícies intertidais até profundidades de 1-2 metros, e coexiste com a *Cymodocea nodosa* e a *Zostera marina*. A *Zostera noltei* também ocorre nos mares Negro, de Azov, Cáspio e Aral, onde cresce em baías e enseadas pouco profundas, mas também a profundidades de até 10 metros.

A *Cymodocea nodosa* (seba) encontra-se em todo o mar Mediterrâneo e estende-se até ao Atlântico, a norte de Portugal e a sul do Senegal, sendo também comum nas Ilhas Canárias. A *Cymodocea nodosa* juntamente com a *Po-*



Figura 3.12

Pradaria de *Cymodocea nodosa* no Golfo de Pagasetic, norte do Mar Egeu, Grécia
(crédito da foto: Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)



Figura 3.13

Pradaria de *Posidonia oceanica* nas águas costeiras da Trácia, norte do mar Egeu, Grécia
(crédito da foto: Stavros Bachtsevanidis/Theodoros Kevrekidis)



Figura 3.14

Pradaria de *Halophila stipulacea* no Golfo de Pagasetic, norte do Mar Egeu, Grécia
(crédito fotográfico: Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)

Posidonia oceanica, é a espécie de erva marinha mais comum no mar Mediterrâneo. A *Cymodocea nodosa* distribui-se desde a zona intertidal até profundidades de 33-35 metros e pode ser encontrada desde sedimentos lamacentos até areia grossa. Esta espécie de erva marinha pode colonizar diferentes tipos de ambiente, tais como águas costeiras abertas, estuários e lagoas costeiras, e forma campos monoespecíficos (Fig. 3.12) e mistos. A *Cymodocea nodosa* tem uma elevada capacidade de adaptação à variabilidade ambiental e, consequentemente, uma elevada capacidade de colonizar novos substratos. Esta capacidade explica o facto de a *Cymodocea nodosa* substituir a *Posidonia oceanica* em áreas onde as condições ambientais

são desfavoráveis para esta última espécie..

A *Posidonia oceanica* (erva de Neptuno) é uma erva marinha endémica do Mediterrâneo, amplamente distribuída ao longo das costas mediterrânicas. Em particular, a *Posidonia oceanica* é a espécie de erva marinha mais abundante no mar Mediterrâneo (Fig. 3.13). Esta espécie de erva marinha forma pradarias contínuas a profundidades entre 0,5 e 45 metros, mas, em águas turvas, o limite inferior dos prados é da ordem dos 9 metros. A *Posidonia oceanica* é comum em diferentes substratos, desde rochas a fundos arenosos. Esta espécie de erva marinha parece não tolerar ligeiras flutuações de salinidade, turbidez e aumento da taxa de sedimentação.

Assim, não se encontra em estuários onde a entrada de água doce e de sedimentos finos é demasiado elevada para o seu crescimento. A *Posidonia oceanica* forma geralmente pradarias monoespecíficas, mas também pode formar campos mistos. Notavelmente, as pradarias de *Posidonia oceanica* são considerados uma das **comunidades clímax** da zona costeira do Mediterrâneo. As pradarias de *Posidonia oceanica* são muito densas.

A *Posidonia oceanica* é uma erva marinha de grande porte, de vida longa, mas de crescimento muito lento. Os **rebentos** desta espécie são capazes de viver pelo menos 30 anos. Estes re-

bentos são produzidos a um ritmo lento a partir de rizomas que crescem horizontalmente a uma taxa de apenas alguns centímetros por ano. O crescimento horizontal e vertical dos rizomas da *Posidonia oceanica* e a lenta decomposição destes rizomas resultam na formação de uma estrutura biogénica chamada «matte». Esta estrutura ergue-se desde o fundo até alguns metros e pode ter milhares de anos. Quando as folhas mortas e os rizomas da *Posidonia oceanica* são levados para a costa, formam-se depósitos de praia ou «banquettes», que desempenham um papel significativo na dinâmica costeira e na biodiversidade.



Figura 3.15

Pradaria de *Halophila stipulacea* no Golfo de Pagasetic, norte do Mar Egeu, Grécia
(crédito fotográfico: Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)



Figura 3.16

Campo de *Ruppia maritima* na Lagoa de Monolimni, estuários do rio Evros, Grécia
(crédito fotográfico: Theodoros Kevrekidis)

A *Halophila stipulacea* é uma erva marinha nativa do Oceano Índico e do Mar Vermelho, que foi introduzida no Mar Mediterrâneo. Esta espécie de erva marinha é também uma espécie invasora no Mar das Caraíbas. No Mar Mediterrâneo, a *Halophila stipulacea* ocorre desde o Egito até ao sul de Itália e à Tunísia. Esta é uma espécie de crescimento rápido; assim, pode expandir-se rapidamente a partir de pequenas populações. As pradarias de *Halophila stipulacea* encontram-se em águas pouco profundas. No entanto, esta espécie de erva marinha também ocorre, embora de forma escassa, em águas muito mais profundas, mesmo a profundidades superiores a 50 metros. No leste do Mar Mediterrâneo, a *Halophila stipulacea* está restrita a substratos moles. Esta espécie de erva marinha pode formar povoamentos densos (Fig. 3.14 e 3.15).

A *Ruppia maritima* cujo nome comum em Portugal é erva-sal, tem uma ampla tolerância à salinidade. Em particular, esta planta de águas salobras apresenta a maior tolerância à salinidade conhecida entre todas as angiospérmicas submersas. A *Ruppia maritima* consegue sobreviver em valores de salinidade que variam entre 0 e 70. Assim, esta espécie ocorre em água doce, água salobra, ambientes marinhos e pode também ser abundante em condições hipersalinas. A *Ruppia maritima* ocorre, por isso, numa variedade muito ampla de habitats, incluindo estuários, lagoas costeiras, tanques de aquacultura, salinas e sapais (Fig. 3.16).

B5.4

AS ERVAS MARINHAS SUSTENTAM UMA GRANDE DIVERSIDADE DE VIDA

Paraskevi Malea

Universidade Aristóteles de Salónica, Grécia

Theodoros Kevrekidis

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia

B5.4.1

PRINCÍPIO 3 DA LITERACIA
SOBRE ERVAS MARINHAS:

AS ERVAS MARINHAS
SUSTENTAM UMA GRANDE
DIVERSIDADE DE VIDA

B5.4.2

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

- a. As ervas marinhas são importantes produtores primários
- b. As ervas marinhas fornecem alimento orgânico a uma variedade de redes tróficas interdependentes.
- c. As ervas marinhas estruturam o leito marinho num ambiente complexo que serve de habitat, berçário e refúgio para uma infinidade de invertebrados, peixes e mamíferos. A estrutura vegetal das ervas marinhas proporciona um espaço para epífitos e epifauna.
- d. Os ecossistemas de ervas marinhas proporcionam interações tróficas com outros ecossistemas marinhos, tais como sapais, recifes de moluscos, mangais e recifes de coral.

B5.4.3

CONHECIMENTOS:

FUNÇÃO E VALOR DO ECOSSISTEMA DE ERVAS MARINHAS PARA O AMBIENTE - VALOR COMO SUPORTE

A.

PRODUÇÃO PRIMÁRIA

As ervas marinhas são importantes **produtores**, primários, ou seja, estas plantas convertem eficientemente a luz solar e o dióxido de carbono em matéria orgânica. Estima-se que a **produção líquida** média dos campos de ervas marinhas seja de cerca de 1012 g de peso seco/m²/ano (ou 2.7 g de peso seco/m²/dia). Este valor é muito elevado para as comunidades marinhas, uma vez

que a **produção líquida** média de comunidades de algas foi estimada em 1 g de peso seco/m²/dia, e a do fitoplâncton em 0.35 g de peso seco/m²/dia. Em termos globais, este valor da **produção primária** líquida média das pradarias de ervas marinhas coloca-as entre os ecossistemas mais produtivos da biosfera.

B.

FORNECIMENTO DE ALIMENTO PARA OUTROS ORGANISMOS MARINHOS

As ervas marinhas fornecem alimento orgânico a uma variedade de **cadeias tróficas** dependentes. As ervas marinhas desempenham um papel crucial como alimento para muitos herbívoros, tais como dugongos, peixes-boi (ou vacas marinhas), tartarugas, peixes, aves aquáticas, etc. Em particular, uma fração substancial da produção de ervas marinhas pode ser consumida diretamente por herbívoros em habitats tropicais (Fig. 4.1). Por exemplo, um dugongo adulto consome cerca de 28 a 40 kg de ervas marinhas por dia, enquanto uma tartaruga-verde adulta

pode consumir cerca de 2kg por dia. Nas águas costeiras temperadas, a maior parte do pastoreio ocorre apenas em plantas senescentes de ervas marinhas no final da estação de crescimento. Invertebrados, tais como moluscos gastrópodes e crustáceos, alimentam-se de **epífitos** que crescem na superfície das folhas das ervas marinhas. Estes invertebrados são, por sua vez, consumidos por crustáceos de maior porte, peixes e aves, constituindo elos importantes na **cadeia alimentar** costeira.



Figura 4.1

Peixe-boi ou vaca-marinha a alimentar-se de erva-marinha em Crystal River, Flórida
(crédito: David Schrichte/Ocean Image Bank)

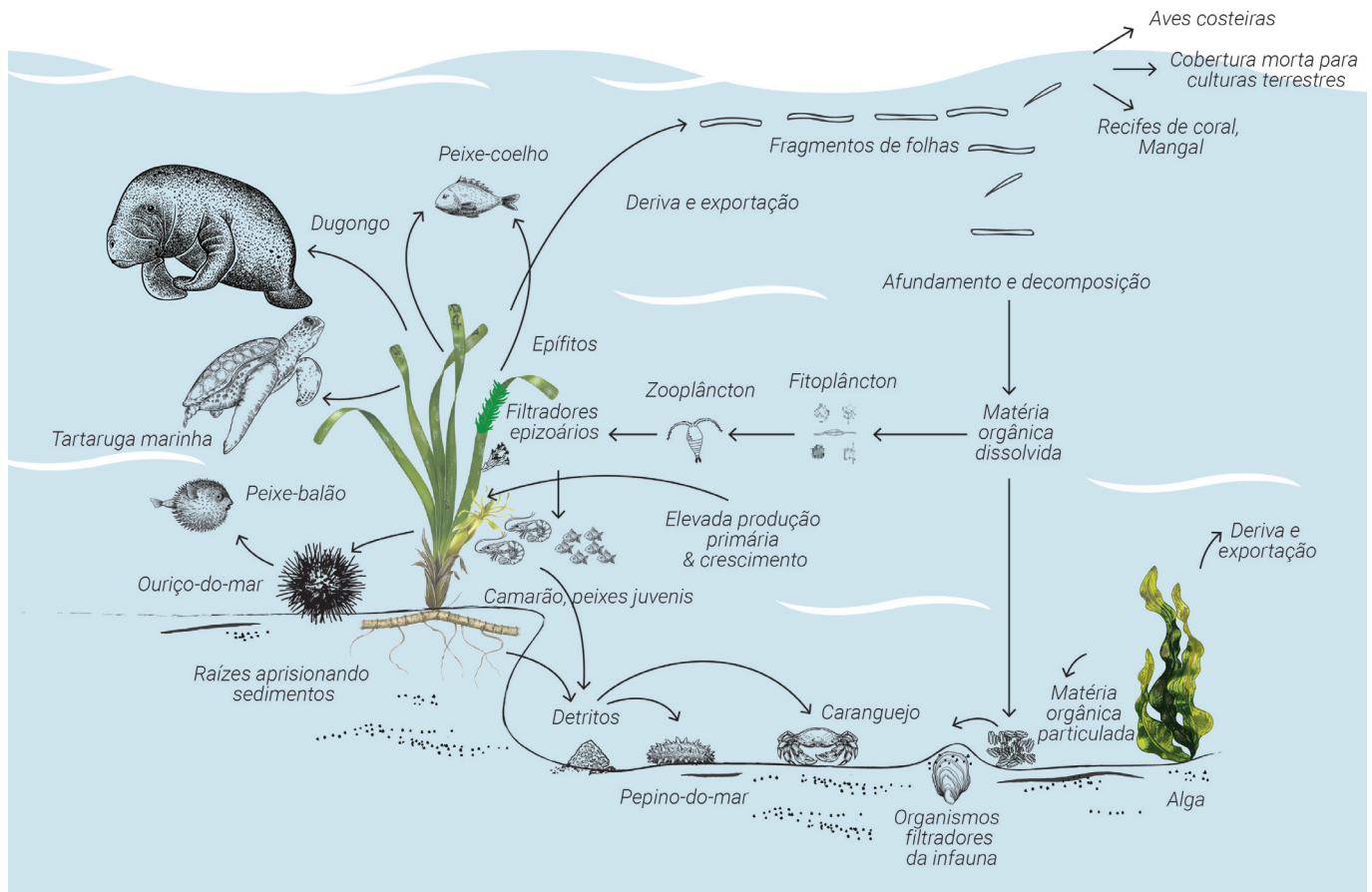


Figura 4.2

Diagrama ilustrando a complexa cadeia alimentar que uma pradaria de ervas marinhas tropicais sustenta

(adaptado de Fortes, M.D. 1989. ICLARM Education Series 5, 46p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas)

Entre as espécies de ervas marinhas, a *Zostera marina* é frequentemente consumida por crustáceos isópodes e moluscos gastrópodes. É também consumida por aves, especialmente cisnes-reais (*Cygnus olor*) em lagoas costeiras pouco profundas. A *Posidonia oceanica* é consumida pela tartaruga-verde e por peixes da espécie *Sarpa salpa*. A *Halophila stipulacae* é uma importante fonte de alimento para os dugongos no Oceano Índico e também para as tartarugas-verdes em toda a sua área de distribuição.

No entanto, grande parte da **biomassa** das ervas marinhas entra nas cadeias alimentares

marinhas como **detritos**. A matéria orgânica das raízes, rizomas e folhas das ervas marinhas pode permanecer retida no sedimento, ou acumular-se em costas adjacentes ou outros habitats, sustentando assim outras **cadeias tróficas**. Muitos ecossistemas de ervas marinhas são exportadores líquidos de matéria orgânica, sustentando a produtividade costeira e ao largo da costa.

A Fig. 4.2 apresenta um diagrama que ilustra a complexa **cadeia alimentar** sustentada por uma pradaria de ervas marinhas tropicais.

C. FORNECIMENTO DE HABITAT

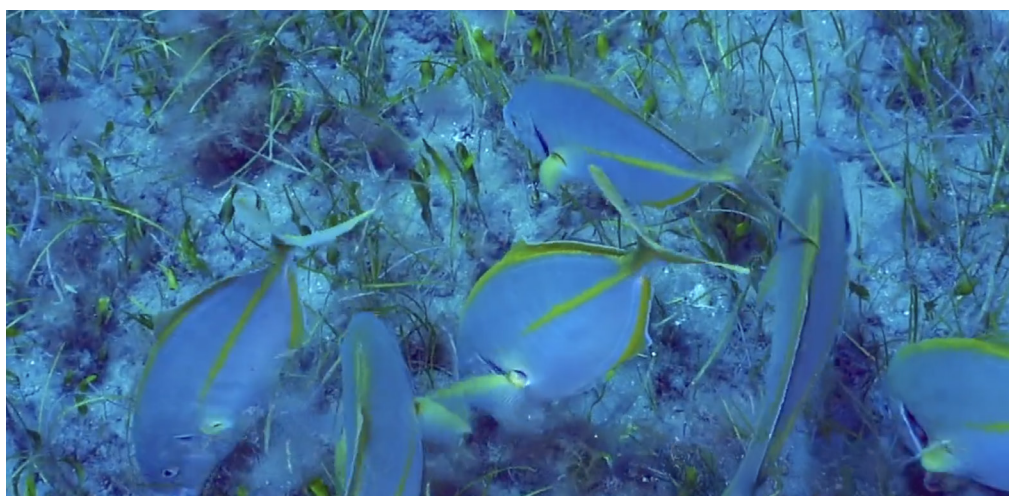


Figura 4.3

O ecossistema de ervas marinhas sustenta uma importante biodiversidade (de Rafa Herrero/documentário «Isora, história de um grupo de baleias-piloto», financiado pela Fundação Mapfre Guanarteme das Canárias e produzido pela Aquawork Productions)

A complexa comunidade do ecossistema de ervas marinhas sustenta uma importante biodiversidade. As ervas marinhas estruturam o leito marinho onde crescem, transformando-o num ambiente complexo que proporciona locais para a existência de muitos organismos. Em particular, as estruturas de crescimento das ervas marinhas proporcionam um ambiente **complexo tridimensional**, utilizado como **habitat**, **refúgio**, e **viveiro** para inúmeras espécies, incluindo moluscos e peixes de importância comercial (ver Fig. 4.3)

A grande área de superfície ocupada pela estrutura vegetal das ervas marinhas **acima do substrato** (parte aérea) proporciona **espaço** para **epífitos** and **epifauna**, sustentando uma elevada **produtividade secundária**. Em particular, muitas espécies de bactérias, microalgas, algas marinhas e invertebrados crescem nas folhas vivas das ervas marinhas. Outros invertebrados, tais como esponjas, anêmonas-do-mar,

vermes poliquetas e amêijoas crescem entre as folhas das ervas marinhas ou no **sedimento**. A copa frondosa das ervas marinhas proporciona abrigo a invertebrados tais como camarões e caranguejos, pequenos peixes e juvenis de espécies de peixes maiores. A estrutura vegetal das ervas marinhas e a presença de muitos organismos de menor porte nas folhas das ervas marinhas e entre elas, bem como no sedimento, atraem animais de maior porte. Assim, as pradarias marinhas podem abrigar muitos invertebrados de maior porte, tais como chocos, polvos e lulas, muitas outras espécies de peixes, tartarugas, mamíferos marinhos como dugongos e peixes-boi, etc. Vários destes organismos são residentes permanentes nas pradarias de ervas marinhas, enquanto outros são visitantes temporários. Notavelmente, há frequentemente mais dezenas a centenas de animais marinhos numa pradaria de ervas marinhas em comparação com áreas arenosas adjacentes sem vegetação. Na Fig. 4.4 é apresentada uma ilustração gen-

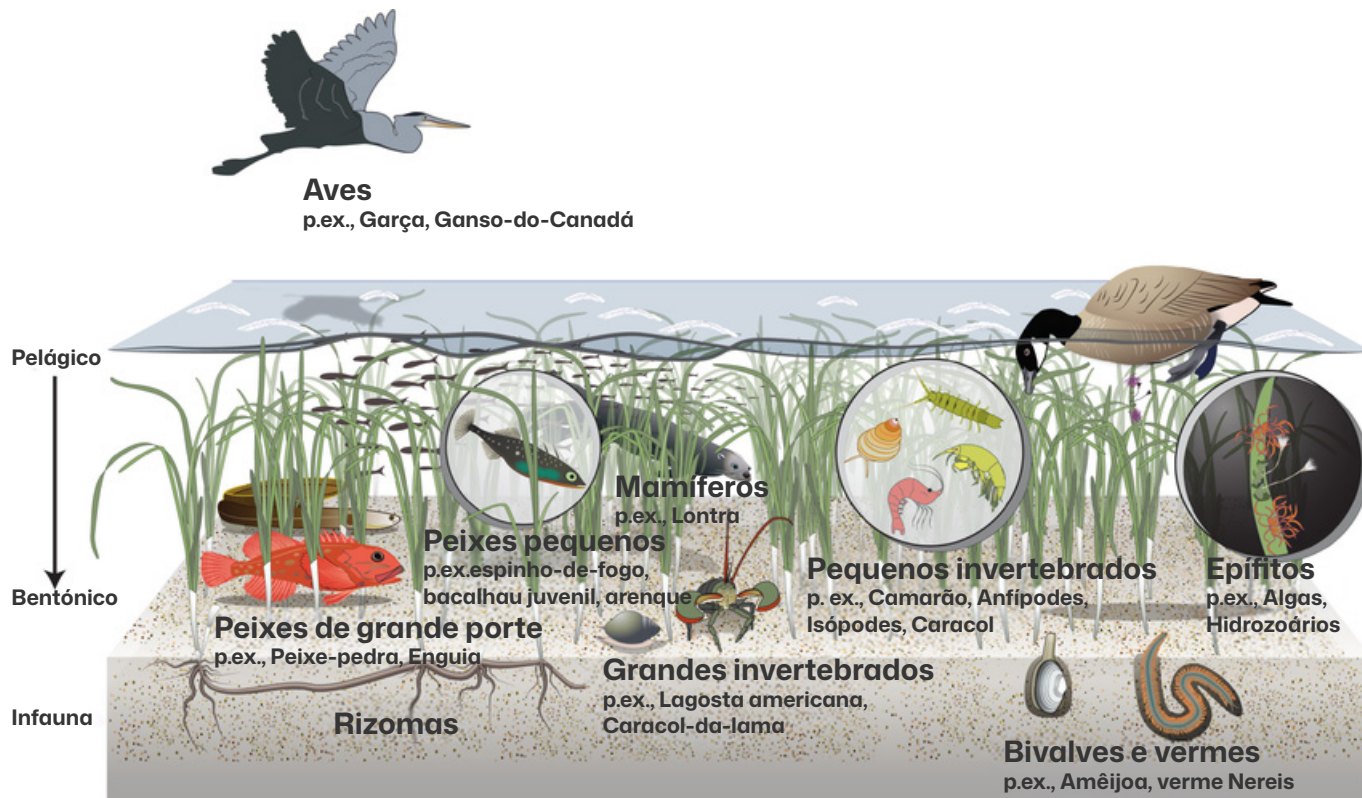


Figura 4.4

Ilustração generalizada de uma pradaria de ervas marinhas numa região temperada com conjuntos de espécies simplificados, incluindo comunidades de epífitos, pequenos invertebrados móveis, pequenos peixes pelágicos e bentônicos, peixes e invertebrados bentônicos de maior porte, fauna do sedimento, e mamíferos e aves (adaptado de Murphy et al., 2021. FACETS 6: 139-179)

eralizada de uma pradaria marinha na região temperada com conjuntos de espécies simplificados, incluindo comunidades de epífitos, pequenos invertebrados móveis, pequenos peixes pelágicos e bentônicos, peixes bentônicos e invertebrados de maior porte, fauna sedimentar, e mamíferos e aves. Imagens de alguns organismos encontrados em pradarias marinhas são apresentadas na Fig. 4.5.

Entre as espécies de ervas marinhas, a *Posidonia oceanica* é uma importante espécie formadora de habitat que proporciona habitat a muitas espécies marinhas. Esta erva marinha proporciona zonas de reprodução para os juvenis de muitos peixes de importância comercial. A *Cymodocea nodosa*, em particular, proporciona um habitat importante para os cavalos-marinhos.

Foto Dimitris Poursonidis



Foto Matt Cummock



Foto Michiel Vos



Foto Jeff Hester



Foto Michele Roux

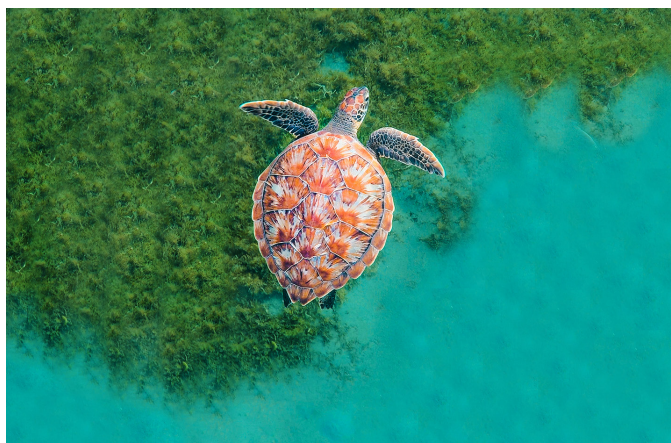


Foto Shannon Moran



Figura 4.5

Biota das pradarias de ervas marinhas (Fonte: Ocean Image Bank)

D.

INTERAÇÕES TROFÍCAS COM OUTROS ECOSSISTEMAS MARINHOS

Os campos de ervas marinhas proporcionam um grande suporte a **locais próximos** e **distantes** através da exportação de matéria orgânica particulada e de **biomassa** vegetal e animal. As pradarias marinhas estão fortemente conectadas a outros **habitats costeiros**, tais como recifes de coral (ver Fig. 4.6 e 4.7), mangais, sapais, zonas de lodo e recifes de ostras. A estrutura e função das comunidades de recifes de coral são reforçadas

quando estas se encontram adjacentes e ligadas a pradarias marinhas. Os campos de ervas marinhas também estão ligados, através dos peixes que ali se alimentam, a outros habitats costeiros, tais como sapais em regiões temperadas e mangais em regiões tropicais. Os campos de ervas marinhas também exportam grandes quantidades de **biomassa** vegetal e animal para **zonas ao largo da costa**. Uma grande **biomas-**



Figura 4.6

Um peixe borboleta-bicuda (*Chelmon rostratus*) caça invertebrados nas folhas de ervas marinhas durante o crepúsculo (acima), enquanto os adultos nos recifes de coral se alimentam de vermes durante o dia (abaixo) em Trat, Tailândia (de Du et al., 2020. *Ecosystem Health and Sustainability* 2020, 6, 1, 1812433/Crédito da foto: Jianguo Du)



Figura 4.7

Um salmonete (*Upeneus tragula*) procura presas no fundo arenoso das pradarias marinhas à noite (acima) e refugia-se em áreas de recifes de coral durante o dia (abaixo) em Trat, Tailândia (de Du et al., 2020. *Ecosystem Health and Sustainability* 2020, 6, 1, 1812433/Crédito da foto: Jianguo Du)

sa de **detritos** de ervas marinhas pode também chegar ao **mar profundo** constituindo uma fonte permanente e importante de alimento para os consumidores..

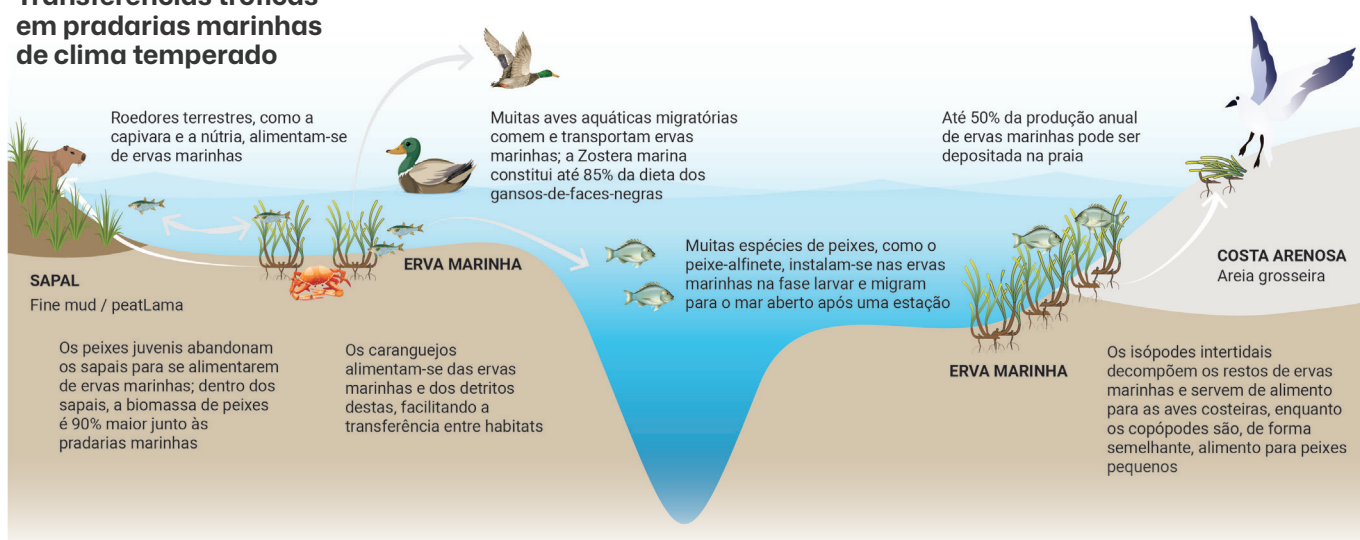
Os campos de ervas marinhas têm também fortes ligações com **as praias**, e com **as zonas costeiras e interiores**. Os **detritos** de ervas marinhas que são levados pela maré até à costa proporcionam habitat e alimento para os invertebrados que deles se alimentam, podendo apoiar indiretamente peixes, aves limícolas e migratórias, e alguns mamíferos. As transferências mais extensas de **biomassa** de ervas marinhas

do oceano para o interior envolvem as aves aquáticas migratórias.

As ervas marinhas fornecem alimento a um grande número de gansos, patos e cisnes, que aumentam as suas reservas de energia alimentando-se intensamente destas plantas, em preparação para a sua viagem até aos locais de reprodução.

A Fig. 4.8 apresenta um diagrama conceptual que ilustra as transferências tróficas a partir das pradarias marinhas e a conectividade entre estas e os habitats marinhos e terrestres em (a) regiões temperadas e (b) regiões tropicais.

Transferências tróficas em pradarias marinhas de clima temperado



Transferências tróficas em pradarias marinhas de clima tropical

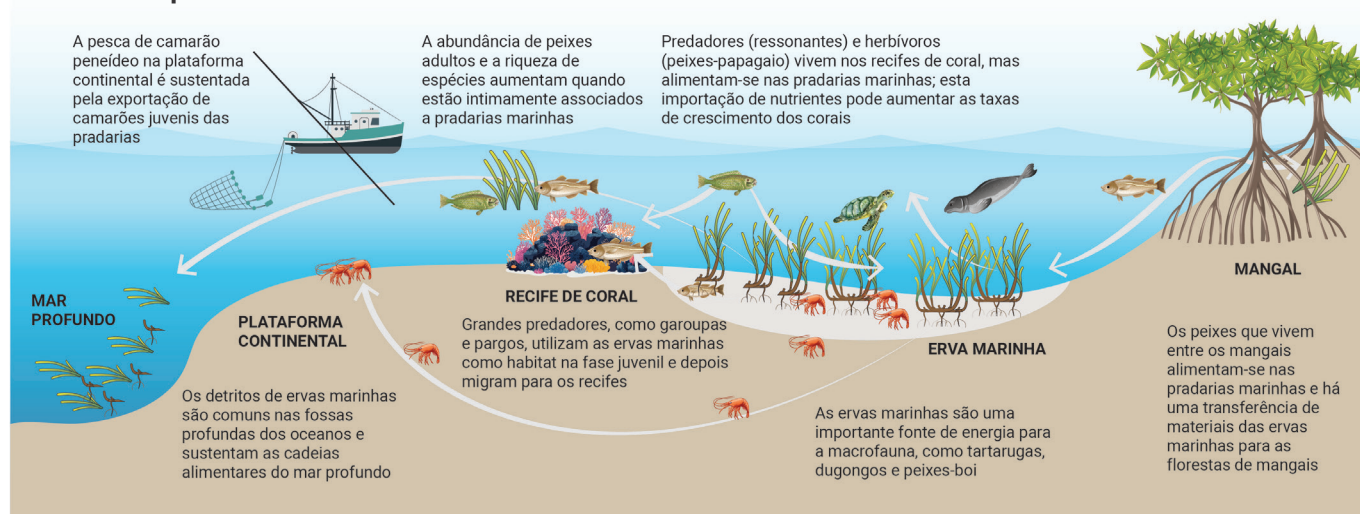


Figura 4.8

Diagrama conceptual que ilustra as transferências tróficas em pradarias de ervas marinhas e a conectividade entre estas e habitats marinhos e terrestres em regiões temperadas e tropicais (adaptado de Heck et al., 2008. Ecosystems 11: 1198-1210)

B5.5

AS ERVAS MARINHAS ESTABILIZAM O FUNDO MARINHO, MELHORAM A QUALIDADE DA ÁGUA E ARMAZENAM CARBONO

Paraskevi Malea

Universidade Aristóteles de Salónica, Grécia

Theodoros Kevrekidis

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia

B5.5.1

PRINCÍPIO 4 DA LITERACIA
SOBRE ERVAS MARINHAS:

AS ERVAS MARINHAS
ESTABILIZAM O FUNDO
MARINHO, MELHORAM
A QUALIDADE DA ÁGUA
E ARMAZENAM CARBONO

B5.5.2

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

- a. A estrutura física das ervas marinhas estabiliza o substrato e atenua a energia das ondas e das marés, reduzindo a erosão e a turbidez da coluna de água.
- b. As ervas marinhas produzem oxigênio através da fotossíntese, sustentando as comunidades faunísticas.
- c. As ervas marinhas influenciam significativamente os ciclos de nutrientes nas águas costeiras. Funcionam como filtros para os nutrientes que entram no ambiente costeiro, melhorando assim a qualidade da água.
- d. As ervas marinhas absorvem e retêm contaminantes e removem bactérias marinhas patogênicas da água, melhorando a qualidade da água e controlando as doenças da biota marinha.
- e. As pradarias marinhas têm uma elevada capacidade de sequestrar e armazenar carbono e, por isso, constituem um importante sumidouro de carbono no oceano, mitigando as alterações climáticas e atenuando a acidificação dos oceanos.

B5.5.3

CONHECIMENTOS:

FUNÇÃO DO ECOSSISTEMA DE
ERVAS MARINHAS
E VALOR PARA O AMBIENTE -
VALOR REGULADOR

A.

ESTABILIZAÇÃO DO SUBSTRATO

A estrutura física das ervas marinhas **estabiliza o substrato e atenua a energia das ondas e das marés** (see ver. 5.1), reduzindo a erosão e a turbidez da coluna de água. Em particular, as estruturas complexas e frequentemente profundas das raízes e dos rizomas das ervas marinhas desempenham um papel fundamental na agregação dos sedimentos. A estrutura física das ervas marinhas também atenua a energia das ondas e das marés, resultando num aumento da deposição e do soterramento de partículas em suspensão. Além disso, as folhas das ervas marinhas ajudam a promover a sedimentação e a impedir a ressuspensão. A acumulação de detritos de ervas marinhas, em particular detritos de *Posidonia oceanica* nas praias (ver Fig. 5.2), proporciona também uma proteção muito eficaz contra a erosão costeira.

Como consequência de tudo o que foi referido, as ervas marinhas ajudam a melhorar a **transparência** e a qualidade da **água**, a reduzir a erosão e a proteger as linhas costeiras contra as tempestades.

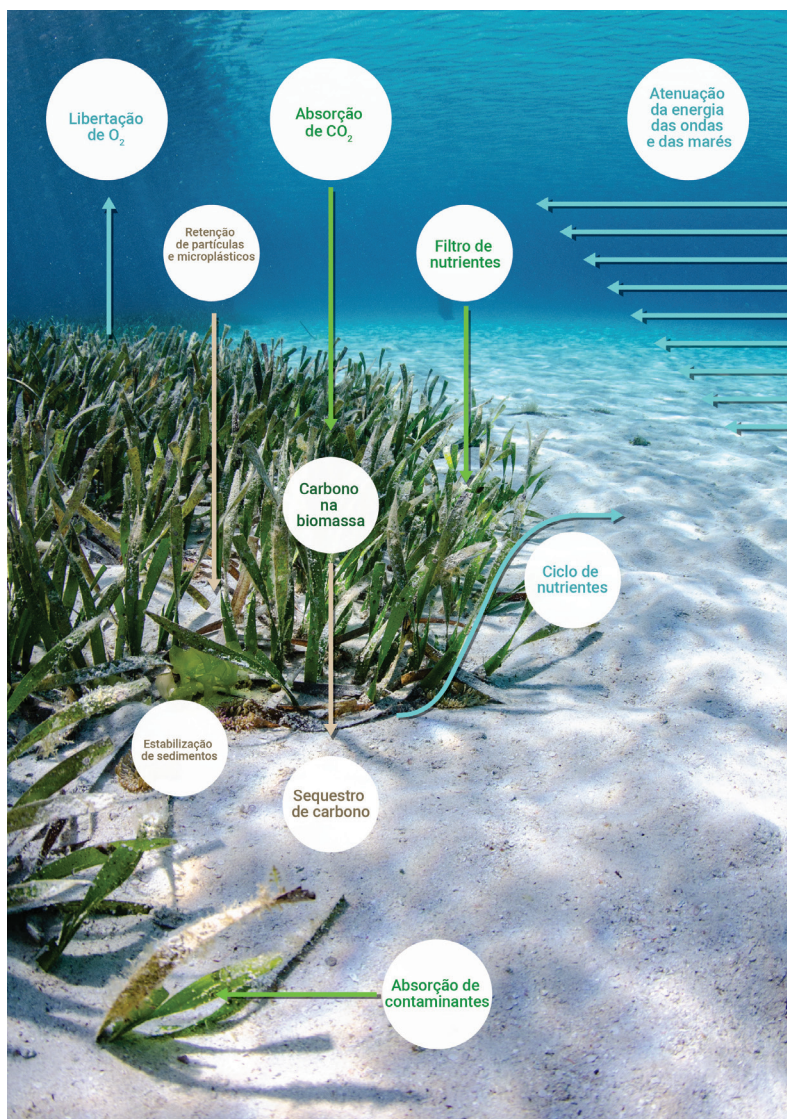


Figura 5.1

Representação das funções reguladoras do ecossistema de ervas marinhas (crédito da foto: Lilly Palmer/Ocean Image Bank)



Figura 5.2

Um banco de *Posidonia oceanica* formado numa praia a partir de folhas mortas

(Praia de Mesi, águas costeiras da Trácia, norte do mar Egeu, Grécia; crédito da foto: Paraskevi Malea)

B. PRODUÇÃO DE OXIGÉNIO

As ervas marinhas produzem oxigénio através da fotossíntese. O oxigénio libertado pela fotossíntese (ver Fig. 5.1) ajuda a melhorar a qualidade da água e sustenta as comunidades faunísticas nas pradarias marinhas e nos habitats adjacentes. As ervas marinhas são conhecidas como os «**pulmões do mar**» porque um metro quadrado de pradaria marinha pode gerar 10 litros de oxigénio por dia através da fotossíntese. Em particular, os campos de *Posidonia oceanica* produzem, a 10 metros de profundidade, mais de 14 litros de oxigénio por dia por m².

C. CICLO DE NUTRIENTES

As ervas marinhas influenciam significativamente **os ciclos de nutrientes** nas águas costeiras. Em regiões pobres em nutrientes, as próprias ervas marinhas contribuem para o ciclo de nutrientes ao absorverem nutrientes do sedimento e os libertarem na água através das suas folhas (ver Fig. 5.1), atuando como uma bomba de nutrientes. Assim, as ervas marinhas apoiam a produtividade global do ecossistema.

As ervas marinhas também funcionam como filtros para os nutrientes que entram no ambiente costeiro, melhorando assim a qualidade da água. Os ecossistemas de ervas marinhas removem nutrientes da coluna de água, através da absorção relativamente rápida de nutrientes tanto pelas ervas marinhas como pelos seus **epífitos** (ver Fig. 5.1). Uma vez removidos, estes nutrientes só podem ser libertados lentamente através de um processo de decomposição e consumo. Desta forma, as ervas marinhas podem reduzir os problemas de **eutrofização**.

D.

ABSORÇÃO E RETENÇÃO DE CONTAMINANTES, REMOÇÃO DE BACTÉRIAS PATOGÉNICAS

As ervas marinhas absorvem e retêm **contaminantes**, melhorando a qualidade da água. Em particular, através da absorção relativamente rápida de contaminantes, tais como metais-traço, pelas ervas marinhas, os ecossistemas de ervas marinhas removem os contaminantes do sedimento e da coluna de água. A absorção de metais pelas ervas marinhas pode seguir duas vias: da água circundante para as folhas e, em seguida, para os rizomas; ou a translocação da água **intersticial** no sedimento para as raízes, rizomas e folhas (ver Fig. 5.3). Uma vez removidos, estes contaminantes só podem ser libertados lentamente através de um processo de decomposição e consumo. Desta forma, as ervas marinhas podem reduzir a contaminação e melhorar a qualidade da água.

As ervas marinhas também facilitam a acumulação **de microplásticos** e o seu soterramento nos sedimentos, removendo-os assim da **cadeia alimentar** pelágica. Em particular, as pradarias marinhas facilitam a captura de microplásticos através da adesão destas partículas à sua copa e facilitam a sua sedimentação no sedimento (ver Fig. 5.1).

As pradarias marinhas reduzem a abundância de **bactérias patogénicas** que prejudicam tanto os organismos marinhos como os seres

humanos. A retenção de sedimentos pelas pradarias marinhas pode desempenhar um papel importante nesta redução. Os fenóis das ervas marinhas libertados na água do mar têm sido associados à supressão de agentes patogénicos. Além disso, o microbioma das ervas marinhas, em particular os **epífitos**, foliares, também tem sido apontado como inibidor de agentes patogénicos transmitidos pela água.

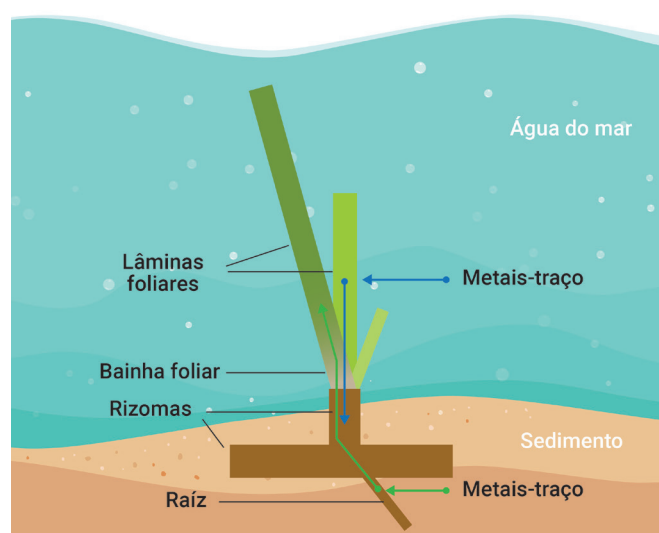


Figura 5.3

Representação esquemática da absorção de metais-traço por uma erva marinha. A absorção de metais-traço pode seguir duas vias: da água circundante para as folhas e depois para os rizomas, ou a translocação da água intersticial no sedimento para as raízes, rizomas e folhas (modificado de Maleq, P., Mylona, Z., Kevrekidis, T., 2019. Science of the Total Environment 686, 63-74)

E.

SEQUESTRO E ARMAZENAMENTO DE CARBONO

As pradarias marinhas, juntamente com os mangais e os sapais, desempenham um papel fundamental na captura e armazenamento **do dióxido de carbono atmosférico**. Estes ecossistemas (**ecossistemas de carbono azul**) absorvem mais carbono do que libertam e, por isso, são sumidouros de carbono significativos e vitais para mitigar **alterações climáticas** e atenuar **a acidificação dos oceanos**.

As ervas marinhas absorvem carbono da água do mar para construir a sua estrutura vegetal (por exemplo, raízes, rizomas, folhas) (ver Fig. 5.1). Por serem estruturas perenes, as ervas marinhas

armazenam carbono durante longos períodos. Além disso, partes das plantas de ervas marinhas e organismos associados que morrem e se decompõem podem acumular-se no fundo do mar e ficar enterrados, retidos no sedimento (ver Fig. 5.1). Cerca de 16% da produção de ervas marinhas é armazenada nos sedimentos, o que representa potencialmente um sumidouro líquido de carbono no ecossistema. Estima-se que o carbono armazenado anualmente nos sedimentos pelas ervas marinhas corresponda a cerca de 11-15% do armazenamento total de carbono nos ecossistemas marinhos.

B5.6

AS ERVAS MARINHAS E OS SERES HUMANOS ESTÃO INDISSOCIABEL- MENTE INTERLIGADOS INTERCONNECTED

Theodoros Kevrekidis

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia

Paraskevi Malea

Universidade Aristóteles de Salónica, Grécia

B5.6.1

PRINCÍPIO 5 DA LITERACIA
SOBRE ERVAS MARINHAS:

AS ERVAS MARINHAS
E OS SERES HUMANOS
ESTÃO INDISSOCIABELMENTE
INTERLIGADOS

B5.6.2

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

- a. As ervas marinhas afetam todas as vidas humanas. Contribuem para o bem-estar humano a nível global, sustentando a biodiversidade marinha e as espécies ameaçadas, purificando a água do mar, controlando doenças, produzindo oxigénio, contribuindo para o ciclo global de nutrientes e carbono e mitigando as alterações climáticas e o efeito da acidificação dos oceanos.
- b. As ervas marinhas protegem as zonas costeiras da erosão, inundações e tempestades, e sustentam a pesca mundial. Fornecem alimentos, medicamentos e materiais, e podem ser utilizadas como recursos energéticos. As ervas marinhas sustentam empregos e economias.
- c. As pradarias marinhas oferecem oportunidades para atividades recreativas, tais como mergulho com snorkel e autónomo, pesca e observação de aves. São uma fonte de inspiração e descoberta. As ervas marinhas constituem um elemento significativo do património de muitas culturas. As ervas marinhas são utilizadas como indicadores de perturbações causadas pelo homem.
- d. Os seres humanos influenciam as ervas marinhas de diversas formas. As ervas marinhas não são o foco principal das medidas políticas e de gestão. O desenvolvimento e a atividade humanos resultam numa perda global de ervas marinhas. Cerca de 20% da área global de ervas marinhas foi perdida desde o final do século XIX e prevê-se que esta tendência continue. As perdas globais de ervas marinhas reduzem os bens e serviços que estas fornecem aos seres humanos.
- e. O declínio das ervas marinhas deve-se à interação de fatores antropogénicos e naturais. As ameaças humanas às ervas marinhas são de origem terrestre, marinha ou relacionadas com o clima. As principais ameaças incluem escoamento urbano, agrícola e industrial, desenvolvimento costeiro, atividades de pesca e navegação não regulamentadas, dragagem e alterações climáticas.
- f. A legislação e as políticas devem apoiar ações para prevenir novas perdas de ervas marinhas. A gestão, a conservação e a restauração podem reverter o declínio das ervas marinhas. A educação sobre as ervas marinhas e a sensibilização do público podem promover a sua proteção.
- g. Todos são responsáveis pela saúde das ervas marinhas. As ervas marinhas são plantas únicas que sustentam uma grande diversidade de vida e as pessoas devem viver de forma a preservá-las. São necessárias ações individuais e coletivas para gerir eficazmente as ervas marinhas em benefício de todos.

B5.6.3

CONHECIMENTOS:
SERVIÇOS ECOSSISTÉMICOS,
AMEAÇAS, PERDA,
CONSERVAÇÃO,
SENSIBILIZAÇÃO

A.

SERVIÇOS ECOSSISTÉMICOS

Os ecossistemas prestam muitos serviços vitais aos seres humanos. **Os serviços ecossistêmicos** são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas, de acordo com a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, 2005). Os serviços ecossistêmicos são agrupados em três grandes categorias pelo Sistema de Contabilidade Económica Ambiental (SEEA), nomeadamente serviços de provisionamento, serviços de regulação e manutenção, e serviços culturais. **Os serviços de provisionamento** são aqueles serviços ecossistêmicos que representam as

contribuições para os benefícios que são extraídos ou obtidos dos ecossistemas (por exemplo, peixe capturado na natureza). Os serviços de **regulação e manutenção** são aqueles que resultam da capacidade dos ecossistemas de regular processos biológicos e de influenciar os ciclos climáticos, hidrológicos e bioquímicos, mantendo assim condições ambientais benéficas para os indivíduos e a sociedade (por exemplo, regulação climática, regulação do fluxo de água). **Os serviços culturais** são os serviços experienciais e intangíveis relacionados com os

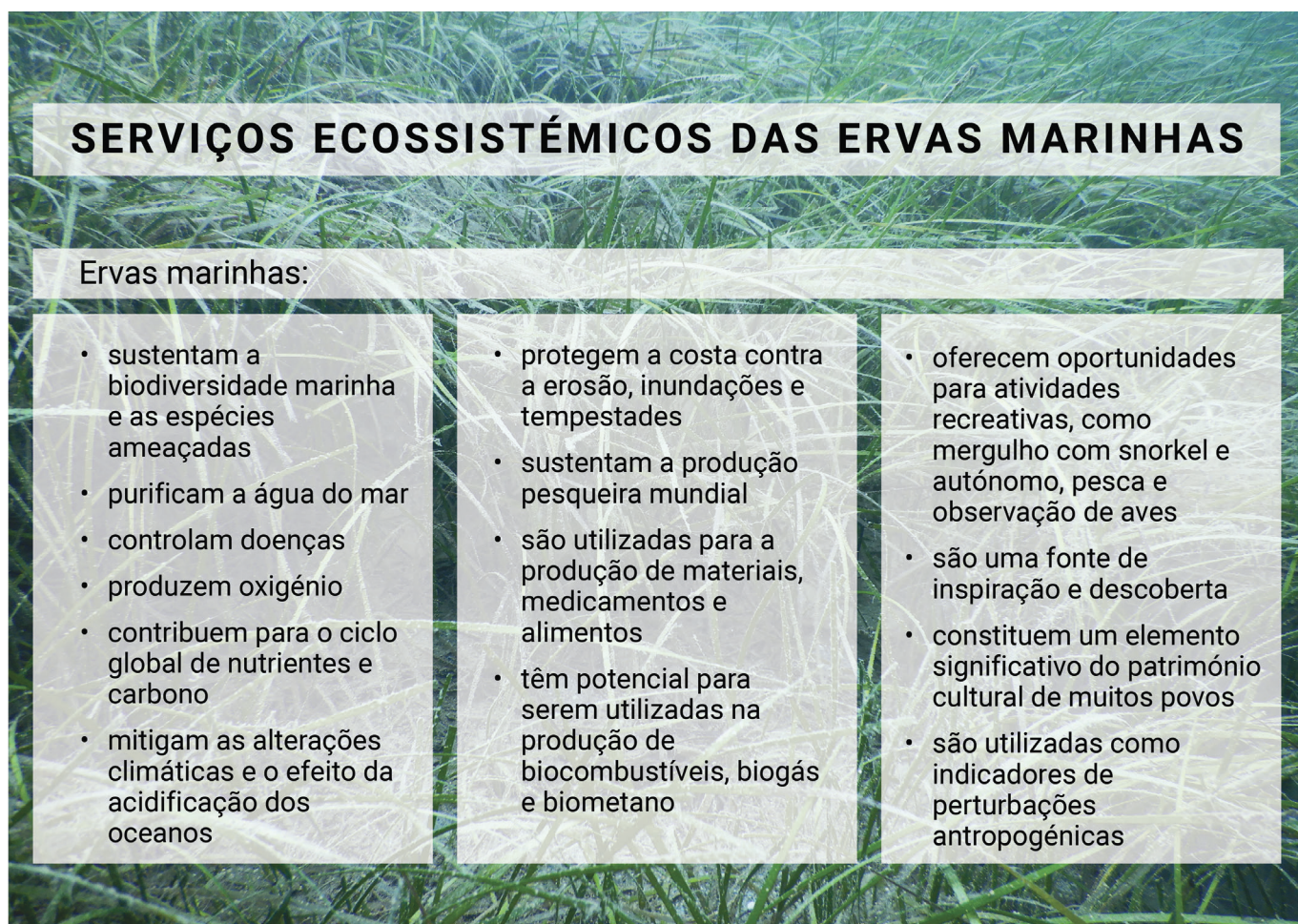


Figura 6.1

Serviços ecossistêmicos das ervas marinhas (crédito da foto: Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)

ecossistemas cuja existência e funcionamento contribuem para uma série de benefícios culturais (por exemplo, melhoria da saúde, lazer).

As ervas marinhas prestam uma **variedade de serviços ecossistêmicos** à escala global (Fig. 6.1). As ervas marinhas **contribuem para o bem-estar humano** ao sustentar a biodiversidade marinha e as espécies ameaçadas, ao purificar a água do mar, controlar doenças, produzir oxigénio, contribuir para o ciclo global de nutrientes e carbono e mitigar **as alterações climáticas** e o efeito da **acidificação dos oceanos**. Como referido anteriormente, as ervas marinhas são conhecidas como os «pulmões do mar», devido à elevada produção de oxigénio através da fotossíntese. São também consideradas **‘ecossistemas de carbono azul’**, uma vez que constituem importantes sumidouros de carbono e, por isso, são vitais para mitigar **as alterações climáticas** e atenuar **a acidificação dos oceanos**.

As ervas marinhas também **protegem a costa** contra a erosão, as inundações e as ondas de tempestade, **suportam a produção pesqueira mundial**, são utilizadas no fabrico de **materiais, medicamentos e alimentos**, e têm potencial para **a produção de biocombustíveis, biogás e biometano**. As pradarias marinhas oferecem **oportunidades** para **atividades recreativas** como mergulho com snorkel, mergulho autónomo com garrafa, pesca e observação de aves; são uma **fonte de inspiração e descoberta**, e constituem um **elemento** significativo **no património**

cultural de muitos povos.. As ervas marinhas são utilizadas como **indicadores de perturbações antropogénicas**. Os múltiplos benefícios que os ecossistemas de ervas marinhas proporcionam classificam-nos entre os **ecossistemas marinhos** mais **valiosos**. Globalmente, os serviços prestados pelas ervas marinhas foram estimados em 19 004 dólares americanos (USD 1994) por hectare por ano.

Em particular, foram identificados mais de 25 serviços ecossistêmicos das ervas marinhas. Estes serviços incluem tanto serviços bem conhecidos, como o habitat de invertebrados, como serviços em grande parte desconhecidos, como a utilização das ervas marinhas para fins medicinais. As ervas marinhas nas bio-regiões do Indo-Pacífico Tropical (V) e dos Oceanos Temperados do Sul (VI) apresentam níveis mais elevados de serviços ecossistêmicos do que nas restantes bio-regiões.

No entanto, verificou-se também que as ervas marinhas nas águas costeiras da Europa prestam serviços ecossistêmicos abrangentes. Por exemplo, identificou-se que as ervas marinhas nas águas costeiras do Reino Unido (*Zostera marina* and *Zostera noltei*) prestam pelo menos 24 serviços ecossistêmicos, e a *Posidonia oceanica* no mar Mediterrâneo, 27 serviços ecossistêmicos. Em particular, no que diz respeito à *Posidonia oceanica*, foram identificados 4 serviços de aprovisionamento, 14 de regulação e manutenção e 9 serviços ecossistêmicos culturais (ver Tabela 6.1).

Tabela 6.1

Serviços ecossistêmicos da *Posidonia oceanica**

Categoria	Divisão	Serviços ecossistêmicos
Serviços de provisionamento	Material	Folhas mortas utilizadas como material: isolamento de telhados, absorventes de resíduos industriais
		Folhas mortas como alimento para animais de produção de composto
		Utilização potencial de partes vivas e mortas de plantas para a produção de medicamentos
	Bioindicator	Utilização da <i>Posidonia oceanica</i> como bioindicador
Serviços de regulação e manutenção	Mediação de resíduos, substâncias tóxicas e outros agentes de poluição	Purificação da água por filtração
		Sequestro de nutrientes e contaminantes pela <i>Posidonia oceanica</i>
		Sequestro de nutrientes e contaminantes por organismos que vivem nas pradarias de <i>Posidonia oceanica</i> e por organismos vivos ou mortos presentes nos sedimentos retidos pelas pradarias marinhas
		Redução do ruído das ondas pela presença de pradarias de <i>Posidonia oceanica</i> e outras pradarias marinhas próximas da costa
	Mediação do hidrodinamismo	Proteção contra a erosão costeira por campos de <i>Posidonia oceanica</i>
		Diminuição da energia das ondas e das correntes nos campos de <i>Posidonia oceanica</i>
	Manutenção das condições físicas, químicas e biológicas	Habitat para muitas espécies: área de estar, berçário, zona de desova, área de proteção contra predadores, área de caça, fonte de alimento
		Habitat para espécies protegidas
		Limitação pela <i>Posidonia oceanica</i> da invasão de espécies invasoras como a <i>Caulerpa taxifolia</i>
		Estabilização/consolidação dos fundos marinhos e/ou por deposições de sedimentos: formação de matte
		Aumento da diversidade da fauna e dos microrganismos e, consequentemente, aumento dos processos físico-químicos no substrato
		Oxigenação da água
		Recirculação de nutrientes
		Sumidouros de carbono e sequestro nas plantas, no matte e nos sedimentos retido
Serviços culturais	Interação física e intelectual	Visita as pradarias de <i>Posidonia oceanica</i> : mergulho com snorkel e barco com visão subaquática
		Pesca de choco e pesca com cana nas pradarias de <i>Posidonia oceanica</i>
		Tema de investigação
		Oportunidades educativas
		Valor cultural e patrimonial
		Inspiração artística: teatro, pintura, escultura
	Interações espirituais, simbólicas e outras	Espécies emblemáticas do Mar Mediterrâneo
		Apreciação das espécies selvagens e carismáticas existentes
		Vontade de preservar para as gerações futuras

*Adaptado de Campagne et al., 2015. A erva marinha *Posidonia oceanica*: Identificação de serviços ecossistêmicos e avaliação económica de bens e benefícios. Marine Pollution Bulletin 97: 391-400

B.

PERDA DE ERVAS MARINHAS

Apesar do elevado valor das ervas marinhas para o ambiente e para as pessoas, tem sido documentada uma **tendência global de perda** de **ervas marinhas**. Estima-se que cerca de vinte por cento da extensão global de ervas marinhas tenha sido perdida desde o século XIX, enquanto o estado de mais de vinte e duas espécies de ervas marinhas se encontra em deterioração. E prevê-se que esta tendência continue. Inevitavelmente, as perdas globais de áreas de ervas marinhas reduzem os bens e serviços que estas proporcionam aos seres humanos.

Em particular, foi relatada uma trajetória geral de declínio das ervas marinhas em todas as sete bio-regiões, com uma perda líquida global de 5602 Km² (19,1% da área de pradarias pesquisada) ocorrida desde 1880. As maiores perdas líquidas de área ocorreram em quatro bio-regiões, nomeadamente o Atlântico Tropical, o Atlântico Norte Temperado Oriental, os Oceanos Temperados do Sul e o Indo-Pacífico Tropical, enquanto em algumas bio-regiões as tendências se estabilizaram ou inverteram recentemente (ver Tabela 6.2).

Quanto à área de ervas marinhas europeia, foi relatada uma perda de 1/3 entre 1869 e 2016 devido a doenças, deterioração da qualidade da água e desenvolvimento costeiro, com as perdas a atingirem o pico nas décadas de 1970 e 1980. Desde então, as taxas de perda abrandaram

para a maioria das espécies de ervas marinhas e as espécies de crescimento rápido recuperaram em alguns locais.

Em particular, no que diz respeito ao estado das espécies de ervas marinhas presentes nas águas costeiras da Europa, considera-se que as populações globais de *Zostera marina*, *Zostera noltei* e *Posidonia oceanica* estão em declínio. Em especial, foi documentado um declínio global da área coberta por *Zostera marina* de 1,4% ao ano. Esta espécie tem diminuído sobretudo em áreas desenvolvidas e densamente povoadas da Europa e da América do Norte. Sabe-se que a *Zostera noltei* está em declínio nos mares Negro, Cáspio e Aral. No que diz respeito às águas costeiras do Reino Unido, onde ocorrem duas espécies de ervas marinhas (*Zostera marina* e *Zostera noltei*), existem evidências de uma perda catastrófica. Pelo menos 44% das ervas marinhas do Reino Unido foram perdidas desde 1936, 39% desde a década de 1980. No entanto, as perdas em períodos de tempo mais longos podem chegar a 92%

Quanto à *Posidonia oceanica*, estima-se que entre 13% e 50% da área desta espécie de erva marinha no mar Mediterrâneo tenha sido perdida, e as pradarias restantes podem ter diminuído a densidade de rebentos em 50% durante o período de 1990 a 2010 e ter-se tornado mais fragmentada.

Além disso, estima-se que cerca de 6,9% da vegetação potencial de *Posidonia oceanica* tenha sido perdida anualmente ao longo dos últimos 50 anos.

Por outro lado, pensa-se que a população global de *Cymodocea nodosa* esteja estável. A *Cymodocea nodosa* encontra-se em zonas costeiras, onde existe um elevado nível de perturbação hu-

mana. No entanto, trata-se de uma espécie relativamente resistente. Além disso, considera-se que a população global de *Halophila stipulacea* uma espécie de crescimento rápido, se mantém estável ou está a aumentar. Quanto à *Ruppia maritima*, a tendência global da população é desconhecida, mas é muito provável que se mantenha estável.

Tabela 6.2

Variação líquida da área total de ervas marinhas pesquisadas em todo o mundo, expressa em % da área total máxima pesquisada em cada bio-região e em área absoluta (km²)*

Biorregião	Variação líquida (%)	Variação líquida (km ²)	Período
Atlântico Norte Temperado Oriental	-69.0	-420	1900-2016
Atlântico Tropical	-32.3	-3301	1880-2013
Oceanos Temperados do Sul	-22.4	-326	1930-2013
Indo-Pacífico Tropical	-16.2	-96	1945-2016
Mediterrâneo	-9.9	-1477	1900-2012
Pacífico Norte Temperado	0.6	6	1955-2013
Atlântico Norte Temperado Ocidental	2.3	11	1960-2015
Global	-19.1	-5602	1880-2016

* de Dunic, J.C., Brown, C.B., Connolly, R.M., Turschwell, M.P., Côté, I.M., 2021. Global Change Biology, 27:4096-4109

C.

AMEAÇAS AOS ECOSSISTEMAS DE ERVAS MARINHAS

O declínio das ervas marinhas deve-se à interação entre fatores de stress naturais e antropogênicos específicos do local. **As ameaças naturais** às ervas marinhas podem incluir **impactos geológicos**, tais como a subsidência ou o levantamento costeiro, que levam à descida ou subida dos leitos para condições de crescimento abaixo do ideal, e **impactos meteorológicos**, tais como grandes tempestades, que resultam no

desenraizamento e na erosão da superfície sedimentar. As ameaças naturais podem também incluir **impactos biológicos**, que podem fazer parte dos processos das próprias pradarias marinhas, tais como o pastoreio por ouriços-do-mar, peixes, tartarugas, sirênios ou gansos. Além disso, as doenças representam um impacto biológico que pode ter efeitos generalizados, como a doença da *Zostera marina* causada por



Figura 6.2

Ameaças humanas aos ecossistemas de ervas marinhas (crédito da foto: Stavros Bachtsevanidis/Theodoros Kevrekidis)

um fungo mucilaginoso. **As ameaças humanas** podem ser terrestres, marinhas ou relacionadas com o clima, e podem afetar as ervas marinhas direta ou indiretamente. **As principais ameaças terrestres** são o escoamento industrial, agrícola e urbano, e o desenvolvimento costeiro (ver Fig.6.2 e Tabela 6.3), enquanto **as ameaças marítimas** incluem a pesca e as atividades náuticas não regulamentadas, a dragagem, as espécies invasoras e a aquacultura (ver Fig. 6.2 e Tabela 6.4). **Ameaças relacionadas com o clima** incluem o aumento das temperaturas do ar e do mar, a subida do nível do mar, a **acidificação dos oceanos**, o aumento da frequência e intensidade de fenómenos meteorológicos extremos e a alteração dos padrões de precipitação (ver Fig. 6.2 e Tabela 6.5).

No que diz respeito às espécies de ervas marinhas presentes nas águas costeiras da Europa, existem regiões onde se verifica um declínio em grande escala da *Zostera marina* devido a uma doença causada por um fungo, a «wasting disease», e a graves ameaças de poluição, bem como áreas onde a espécie desapareceu completamente; no entanto, existem também áreas onde não se verificou qualquer declínio e onde a população está a prosperar. Foram observados declínios locais de *Zostera marina* em muitas regiões devido à perda de **transparência da água** resultante da sedimentação, do desenvolvimento costeiro e da “wasting disease”. A carga de nutrientes proveniente do escoamento superficial também resultou em alguns declínios locais.

Quanto à *Zostera noltei*, foram observados declínios locais em algumas regiões devido à perda de **transparência da água** resultante da sedimentação, do desenvolvimento costeiro e da “wasting disease”. A *Zostera noltei* também é sensível à **eutrofização** e é altamente afetada pela diminuição da disponibilidade de luz.

A *Posidonia oceanica* está ameaçada pela turbidez, pela pesca de arrasto e pela ancoragem de embarcações. O limite superior das suas pradarias é afetado pelo desenvolvimento costeiro incluindo infraestruturas urbanas e portuárias, o reforço da linha de costa e a extração de areia. A poluição e a **eutrofização** constituem ameaças para pradarias de *Posidonia oceanica* em muitas zonas costeiras. Algas invasoras como a *Caulerpa taxifolia* e a *Caulerpa racemosa* podem crescer na areia e nos rizomas da *Posidonia oceanica* degradando a qualidade dos sedimentos e acelerando o declínio das pradarias. **Epífitos invasores** podem ameaçar a sobrevivência da *Posidonia oceanica* e afetar a densidade e a complexidade das comunidades das pradarias. **As alterações climáticas** também podem ameaçar as pradarias de *Posidonia oceanica* através do aquecimento das águas, da subida do nível do mar e de fenómenos meteorológicos extremos.

A *Cymodocea nodosa* está ameaçada a nível local por danos mecânicos causados pela pesca de arrasto e pela ancoragem de embarcações, bem como pelo desenvolvimento costeiro e **pela eutrofização**. No mar Mediterrâneo, a *Cymodocea nodosa* está ameaçada devido à competição com espécies de algas como a *Caulerpa taxifolia* e *Caulerpa racemosa*.

As ameaças à *Halophila stipulacea* incluem a deterioração da qualidade da água. As ameaças locais relacionam-se com o desenvolvimento costeiro, as atividades de arrasto, a dragagem e a poluição.

A *Ruppia maritima* é altamente tolerante a perturbações, incluindo **eutrofização**, turbidez e variações de **salinidade**. Esta espécie está ameaçada localmente pela perda de habitat devido à industrialização, à agricultura e à recuperação de terrenos costeiros, uma vez que cresce em ambientes de transição entre a terra e o mar.

Tabela 6.3

Ameaças terrestres aos ecossistemas de ervas marinhas*

Ameaças	Impacto
Escoamento proveniente de regiões agrícolas, urbanas e industriais	Escoamento proveniente de regiões agrícolas, urbanas e industriais sedimentos em excesso, nutrientes, pulsos de salinidade reduzida e substâncias tóxicas (por exemplo, metais, herbicidas) para pradarias de ervas marinhas. O escoamento proveniente da terra também pode afetar indiretamente as pradarias marinhas, ao afetar múltiplas necessidades do habitat através da eutrofização. Os efeitos do escoamento proveniente de terras podem ser de longo alcance e duradouros, uma vez que os rios são capazes de transportar contaminantes por centenas, ou mesmo milhares, de quilômetros, e os sedimentos são capazes de armazenar contaminantes por longos períodos. Os efeitos do escoamento terrestre podem ser recorrentes devido à ressuspensão de sedimentos provocada pela energia das ondas, impulsionada pelo vento ou por embarcações, o que pode reduzir a penetração da luz e libertar nutrientes ou contaminantes armazenados.
Desenvolvimento costeiro	O desenvolvimento de infraestruturas urbanas/portuárias pode, direta ou indiretamente, reduzir a área de habitat adequada para as ervas marinhas. A recuperação de terrenos permite que estruturas urbanas sejam construídas sobre (antigos) habitats de ervas marinhas, removendo de forma permanente e irreversível as ervas marinhas ou privando-as de luz. Os empreendimentos próximos da costa podem sombrear o habitat das ervas marinhas ou criar um fenómeno denominado «compressão costeira», que interage com a subida do nível do mar para reduzir o habitat disponível para as ervas marinhas.

Tabela 6.4

Ameaças marítimas aos ecossistemas de ervas marinhas*

Ameaças	Impacto
Dragagem	A dragagem pode causar danos físicos diretos nas pradarias de ervas marinhas O despejo de resíduos de dragagem também pode soterrar as ervas marinhas, enquanto a ressuspensão de sedimentos finos pode afetar as ervas marinhas a dezenas de quilômetros do local da dragagem.
Aquacultura	As estruturas de aquacultura podem sombrear e deslocar fisicamente as ervas marinhas de forma direta. Podem também causar sombreamento indireto generalizado e stress devido ao aumento da turbidez, nutrientes e contaminantes ou à introdução de espécies exóticas e agentes patogénicos.
Navegação	O tráfego náutico pode causar danos físicos diretos às ervas marinhas, em particular devido às hélices e à ancoragem. A navegação também tem efeitos indiretos, por exemplo, danos a longo prazo causados por derrames de petróleo resultantes de acidentes e falhas no reabastecimento. A atividade de navegação também gera energia das ondas, o que pode ressuspender sedimentos e reduzir a penetração da luz
Pesca	A pesca, especialmente a pesca de arrasto, tem frequentemente efeitos agudos e localizados relacionados com a remoção direta de ervas marinhas, se não for regulamentada de forma eficaz. A pesca também tem efeitos indiretos, tais como danos a longo prazo causados por derrames de petróleo resultantes de acidentes e falhas no reabastecimento. A pesca pode alterar a composição das espécies animais associadas às ervas marinhas e também tem o potencial de alterar os regimes de consumo; por exemplo, se os predadores forem removidos, as espécies-presa podem prosperar. Isto pode resultar diretamente na redução da biomassa de ervas marinhas através do consumo por parte dos herbívoros.
Espécies invasoras	As espécies invasoras, especialmente herbívoros, podem causar danos físicos diretos às ervas marinhas.

* Baseado principalmente em Connolly et al., 2020. UNEP, Nairobi, pp. 36-47

Tabela 6.5

Ameaças relacionadas com o clima aos ecossistemas de ervas marinhas

Ameaças	Impacto
Aumento da temperatura do mar e do ar	Um dos principais efeitos do aumento da temperatura global nas ervas marinhas será a alteração das suas taxas de crescimento e de outras funções fisiológicas. A distribuição das ervas marinhas irá mudar em resultado do aumento do stress térmico e das alterações nos padrões de reprodução sexual. Os efeitos indiretos da temperatura podem incluir alterações na comunidade vegetal, em resultado do aumento da eutrofização e de mudanças na frequência e intensidade de fenómenos meteorológicos extremos.
Subida do nível do mar	Os efeitos diretos da subida do nível do mar nos oceanos costeiros serão o aumento da profundidade da água, a alteração da variação das marés, a alteração do movimento da água e o aumento da intrusão de água do mar em estuários e rios. Um dos principais impactos de todas estas alterações nas ervas marinhas será a redistribuição dos habitats existentes.
Acidificação dos oceanos	Níveis elevados de CO₂ dissolvido na água do mar, em combinação com o aquecimento da água do mar, podem reduzir o desempenho e a produtividade das plantas, provavelmente causando um desequilíbrio metabólico.
Aumento da frequência e intensidade de fenómenos meteorológicos extremos	Tempestades extremas e ventos associados, fluxos de maré e movimentos de sedimentos podem soterrar rebentos de ervas marinhas, expor raízes e rizomas e até mesmo arrancar plantas inteiras, resultando em perdas repentinas da cobertura de ervas marinhas.
Alterações nos padrões de precipitação	Eventos de precipitação extrema associados a ciclones podem aumentar as cargas de contaminantes, resultando em baixa transparência da água e disponibilidade de luz, enquanto as secas podem aumentar a salinidade da água, representando uma ameaça para algumas espécies de ervas marinhas.

D.

ERVAS MARINHAS CONSERVAÇÃO E PROTEÇÃO

As ervas marinhas não estão no centro das políticas e estratégias de gestão. Em particular, apenas alguns países desenvolveram planos específicos para a proteção dos ecossistemas de ervas marinhas, enquanto apenas um quarto da área registada se encontra dentro de áreas marinhas protegidas. No entanto, **a gestão, conservação e restauração** das pradarias marinhas podem reverter as suas perdas. Por conseguinte, existe uma necessidade urgente de desenvolver e implementar legislação, políticas e planos de gestão eficazes. É igualmente importante que a implementação de medidas eficazes de conservação das ervas marinhas possa ajudar os governos nacionais a cumprir muitos compromissos internacionais em matéria de política ambiental, tais como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, a Década das Nações Unidas para a Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, a Década das Nações Unidas para a Restauração de Ecossistemas, a Convenção sobre a Diversidade Biológica e a Convenção de Ramsar sobre as Zonas Húmidas.

No que diz respeito à conservação das ervas marinhas na Europa, **os esforços de monitorização**, nomeadamente a recolha sistemática de dados ecológicos de forma padronizada e a intervalos regulares ao longo do tempo, estão a aumentar, mas continuam a ser variáveis ou inexistentes em alguns países. Da mesma forma, o

mapeamento da área das pradarias marinhas é bastante deficiente em muitos países europeus. **Os planos de gestão** para as ervas marinhas existem apenas em alguns países europeus e, na maioria dos casos, estes planos não dizem estritamente respeito aos ecossistemas de ervas marinhas. Noutras regiões, os planos de gestão incluem uma única espécie de erva marinha, por exemplo, a *Posidonia oceanica*, ou estão em fase de elaboração.

As espécies de ervas marinhas e os seus habitats na Europa estão protegidos a diferentes níveis, desde **convenções e diretivas internacionais**, até **regulamentações nacionais e regionais**. Os instrumentos legislativos a nível internacional e europeu são a Convenção de Berna (proteção das espécies de ervas marinhas), a Convenção OSPAR (proteção de três das ervas marinhas europeias nas costas atlânticas – *Zostera marina*, *Zostera noltei*, *Cymodocea nodosa*), a Convenção de Barcelona (proteção indireta dos habitats de ervas marinhas do Mediterrâneo), a Convenção de Ramsar (proteção indireta dos habitats de ervas marinhas) e as diretivas e políticas da União Europeia (Diretiva Habitats, Diretiva-Quadro da Água, Diretiva-Quadro Estratégia Marinha, Política Comum das Pescas). A legislação internacional e europeia relativa à proteção da *Posidonia oceanica* é apresentada no Quadro 6.6.

Tabela 6.6

Legislação internacional e europeia relativa à proteção da *Posidonia oceanica**

Nível internacional	
Convenção de Ramsar	A Convenção de Ramsar (1975) visa conservar «áreas de sapais, charnecas, turfeiras, naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com águas paradas ou correntes, doces, salobras ou salgadas, incluindo áreas de águas cuja profundidade na maré baixa não exceda seis metros». As partes superiores das pradarias de <i>Posidonia oceanica</i> podem ser abrangidas.
Convenção de Berna	A Convenção de Berna (Convenção relativa à Conservação da Vida Selvagem e dos Habitats Naturais da Europa) foi assinada em 1979 e atualizada em 1996 para incluir espécies marinhas como a <i>Posidonia oceanica</i>, a <i>Zostera marina</i> e a <i>Cymodocea nodosa</i>. Considera-se que estas espécies requerem proteção. De acordo com o artigo 4º, as partes contratantes devem tomar as medidas legislativas e administrativas adequadas e necessárias para garantir a conservação dos habitats, evitar ou minimizar, na medida do possível, a deterioração dessas áreas e comprometer-se a coordenar os seus esforços quando estas se situem em zonas fronteiriças.
Convenção de Barcelona	A Convenção de Barcelona, assinada em 1976 e atualizada em 1995, é a convenção para a proteção do ambiente marinho e da região costeira do Mediterrâneo. O instrumento jurídico é o Plano de Ação para o Mediterrâneo (MAP), acompanhado pelo Protocolo relativo às Áreas Especialmente Protegidas e à Diversidade Biológica no Mar Mediterrâneo. O protocolo é composto por 3 anexos. O anexo 2 diz respeito a uma lista de espécies em perigo ou ameaçadas, que inclui a <i>Posidonia oceanica</i>.
Nível europeu	
A Diretiva Habitats de 21 de maio de 1992	Constitui a base jurídica para a conservação dos habitats naturais da fauna e da flora selvagens e para a manutenção da biodiversidade em toda a UE. A diretiva tem 6 anexos: o anexo 1 identifica tipos de habitat natural cuja conservação requer a designação de Zonas Especiais de Conservação (ZEC). Neste anexo surge o habitat da <i>Posidonia oceanica</i> que é, além disso, classificado como habitat prioritário (1120).
A Diretiva-Quadro da Água (DQA, 2000) e a Diretiva-Quadro Estratégia Marinha (DQEM, 2008)	Estas diretivas apoiam a conservação da <i>Posidonia oceanica</i> através do objetivo de alcançar ou manter o Bom Estado Ambiental (GES) de todas as águas marinhas da UE. A <i>Posidonia oceanica</i> é geralmente utilizada como indicador do estado ambiental.
A Política Comum das Pescas (PCP)	<i>Protege também os campos de Posidonia oceanica.</i> É proibida a utilização de artes rebocadas a profundidades superiores a 50 metros (o que implica uma proteção indireta da <i>Posidonia oceanica</i> , que cresce até aos 45 metros de profundidade) e, mais especificamente, é proibida «a pesca com redes de arrasto, dragas, redes de cerco com retenida, redes de cerco de barco, redes de cerco de costa ou redes semelhantes sobre campos de ervas marinhas, em particular de <i>Posidonia oceanica</i> » (Conselho da União Europeia, 2006).

*Modificado a partir de <https://medposidonianetwork.com/conservation-status/>

Além disso, vários países europeus descreveram **regulamentos nacionais**, que, na maioria dos casos, constituem a transposição das Convenções de Berna e Barcelona e das diretivas «Habitats» e «Quadro da Água». Para além das regulamentações acima referidas, **medidas e legislação indiretas**, como as relativas à utilização de artes de pesca e à implementação de práticas de aquacultura, contribuem significativamente para a proteção das ervas marinhas. Além disso, locais importantes de ervas marinhas nas águas costeiras da Europa estão protegidos como **Áreas Marinhas Protegidas**, incluindo sítios Ramsar. No entanto, apesar da legislação existente, a **implementação** tem sido considerada bastante variável e fraca.

O restauro das ervas marinhas pode incluir tanto a melhoria das condições para o seu crescimento numa área, como por exemplo a melhoria da **transparência da água**, ou ainda a sementeira direta de ervas marinhas ou transplantes. Fo-

ram realizadas várias tentativas de recuperação de ervas marinhas na Europa, em particular no que diz respeito às espécies do género *Zostera*. No entanto, a maioria destas tentativas foi descrita como experimental, numa fase inicial para determinar o seu sucesso, ou com um sucesso «insuficiente» ou «muito insuficiente».

De um modo geral, tem-se sugerido que são necessários esforços mais coordenados, entre e dentro dos países europeus, para a implementação de medidas eficazes de gestão e conservação das ervas marinhas. Também foi sugerido que estes esforços podem incluir o desenvolvimento de um quadro jurídico comum para proteger as pradarias de ervas marinhas, a inclusão de destas em Áreas Marinhas Protegidas, bem como uma rede de monitorização científica comparável a longo prazo das pradarias marinhas e a cooperação entre cientistas, gestores e a sociedade.

E.

EDUCAÇÃO, CONSCIENCIALIZAÇÃO PÚBLICA, COMPORTA- MENTO AMBIENTAL RESPONSÁVEL

As pradarias marinhas são ecossistemas marinhos **vitais**, mas **subvalorizados**. A sociedade desconhece em grande parte as ervas marinhas e a sua importância. Existem relatos de que muitas pessoas nunca ouviram falar de ervas marinhas ou que as confundem com macroalgas (algas marinhas). Da mesma forma, verifica-se que o reconhecimento das ervas marinhas pela sociedade é particularmente limitado quando as pessoas não têm experiência direta com estes ecossistemas ou quando os serviços que estes prestam às pessoas são indiretos, por exemplo, suporte à produção pesque-

ira. Em contrapartida, verifica-se que o reconhecimento da importância das ervas marinhas é elevado nas comunidades locais cuja subsistência depende destas plantas.

É necessário **um maior reconhecimento** do valor das ervas marinhas para pressionar os decisores e os responsáveis políticos a proteger estes valiosos ecossistemas. **A sensibilização do público** para as ervas marinhas (Fig. 6.3) tem sido reconhecida como crucial para um futuro sustentável destes importantes ecossistemas



Figura 6.3

Atividades de divulgação pública sobre ervas marinhas na Ilha de Kastellorizo, Grécia
(crédito da foto: Ifigeneia TepeGdi/Fundação Helénica para a Investigação e Inovação)

marinhos. Os programas de monitorização de ervas marinhas baseados no voluntariado, que normalmente incluem iniciativas de divulgação para o público em geral e interações com gestores, podem aumentar a sensibilização para as ervas marinhas.

O exposto acima destaca a necessidade de criar uma **sociedade** com **conhecimentos sobre as ervas marinhas**, capaz de tomar decisões informadas e responsáveis sobre a sua sustentabilidade. Alcançar este objetivo requer definir os conhecimentos que um **cidadão** deve possuir para ser considerado **informado sobre as ervas marinhas**. Para este fim, foram identificados os **Princípios e Conceitos para as Ervas Marinhas**, no contexto mais amplo da Literacia

Oceânica. Especificamente, foram identificados seis **Princípios** essenciais, cada um apoiado por um conjunto de **Conceitos** fundamentais, num total de 31 **Conceitos**. Estes Princípios e Conceitos abordam questões-chave relacionadas com a biologia das ervas marinhas (Princípios 1-4), o seu valor (Princípios 3-5), a sua perda e proteção (Princípio 5) e a investigação científica sobre estas plantas marinhas (Princípio 6) (Fig. 6.4).

Os Princípios e Conceitos sobre as ervas marinhas podem servir de guia para cientistas, responsáveis políticos e decisores, organizações não governamentais ambientais e o setor da economia azul. No entanto, em primeiro lugar, estes Princípios e Conceitos podem ser utilizados para fins educativos, tanto no contexto da educação formal como não formal.

PRINCÍPIOS DAS ERVAS MARINHAS

Ervas marinhas:

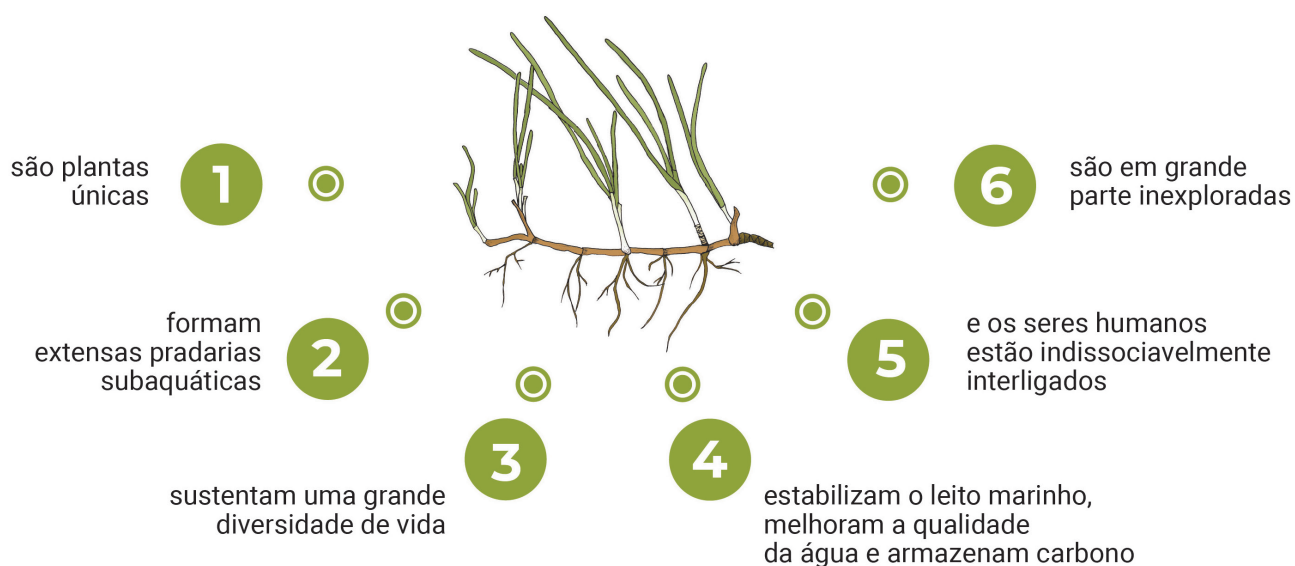


Figura 6.4

Os seis princípios essenciais relativos às ervas marinhas

(segundo Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. Marine Pollution Bulletin 173, 112936)



Figura 6.5

Envolvimento de alunos em atividades centradas nas ervas marinhas na Ilha de Kastellorizo, Grécia (crédito da foto: Ifigeneia Tepeidi/Fundação Helénica para a Investigação e Inovação)

Em particular, poderão ser integradas nos currículos do ensino básico e secundário, nos manuais escolares e nas práticas educativas (Fig. 6.5).

A compreensão do valor das ervas marinhas para o ambiente e para as pessoas, bem como das consequências da sua perda, é crucial para a sua **proteção e conservação**. O próximo passo é agir em relação às ervas marinhas. **Todos são**

responsáveis pela saúde das ervas marinhas.

As ervas marinhas são plantas únicas que sustentam uma grande diversidade de vida e as pessoas devem viver de forma a preservá-las. São necessárias **ações individuais e coletivas** para gerir eficazmente as ervas marinhas em benefício de todos.

B5.7

AS ERVAS MARINHAS ESTÃO EM GRANDE PARTE INEXPLORADAS

Theodoros Kevrekidis

Universidade Demócrito da Trácia, Grécia

Paraskevi Malea

Universidade Aristóteles de Salónica, Grécia

B5.7.1

PRINCÍPIO 6 DA LITERACIA
SOBRE ERVAS MARINHAS:

AS ERVAS MARINHAS
ESTÃO EM GRANDE PARTE
INEXPLORADAS

B5.7.2

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

- a. Os ecossistemas de ervas marinhas estão em grande parte inexplorados. Embora o nosso conhecimento sobre as ervas marinhas tenha avançado significativamente durante o presente século, continuam a existir grandes lacunas de conhecimento. A exploração das ervas marinhas oferece oportunidades para a investigação e o estudo.
- b. Compreender as ervas marinhas é mais do que uma mera questão de curiosidade. É necessária investigação contínua para compreender melhor os sistemas de ervas marinhas. O mapeamento e a monitorização da extensão e do estado das ervas marinhas constituem um domínio de investigação fundamental.
- c. A extensão global das pradarias marinhas está a diminuir a um ritmo preocupante. A sustentabilidade futura destes ecossistemas depende da nossa compreensão das ervas marinhas e das suas interações com o ambiente.
- d. Novos métodos e tecnologias, bem como modelos matemáticos, estão a expandir a nossa capacidade de recolher, analisar e interpretar dados sobre as ervas marinhas. Os cientistas utilizam cada vez mais instrumentos de teledeteção, tais como satélites, drones e ecosondas multifeixe, para mapear e monitorizar as ervas marinhas.
- e. A investigação sobre ervas marinhas é interdisciplinar. Requer uma estreita colaboração entre investigadores de muitas áreas diferentes, incluindo biólogos, químicos, físicos, geólogos, meteorologistas, climatologistas, cientistas computacionais, engenheiros, sociólogos e economistas.

B5.7.3 CONHECIMENTOS

Os ecossistemas de ervas marinhas estão, em grande parte, inexplorados. Por isso, a exploração das ervas marinhas oferece oportunidades para a investigação e o estudo. As pessoas exploram as ervas marinhas através de muitas carreiras e passatempos diferentes. Cientistas, pescadores, nadadores, fotógrafos, cineastas, artistas e exploradores dedicam tempo a explorar as ervas marinhas. No entanto, compreender os sistemas de ervas marinhas é mais do que uma mera questão de curiosidade. Como mencionado anteriormente, a extensão global das ervas marinhas está a diminuir a um ritmo alarmante. Neste contexto, a sustentabilidade futura destes

ecossistemas depende da nossa compreensão das ervas marinhas e das suas interações com o ambiente. Em particular, a conservação, a restauração e a gestão eficazes das ervas marinhas requerem uma compreensão abrangente destes sistemas.

O conhecimento sobre as ervas marinhas expandiu-se significativamente durante o presente século, período em que a investigação sobre esta plantas registou rápidos progressos. Este progresso tem sido impulsionado por avanços metodológicos e tecnológicos, incluindo avanços nas técnicas de teledeteção e mod-

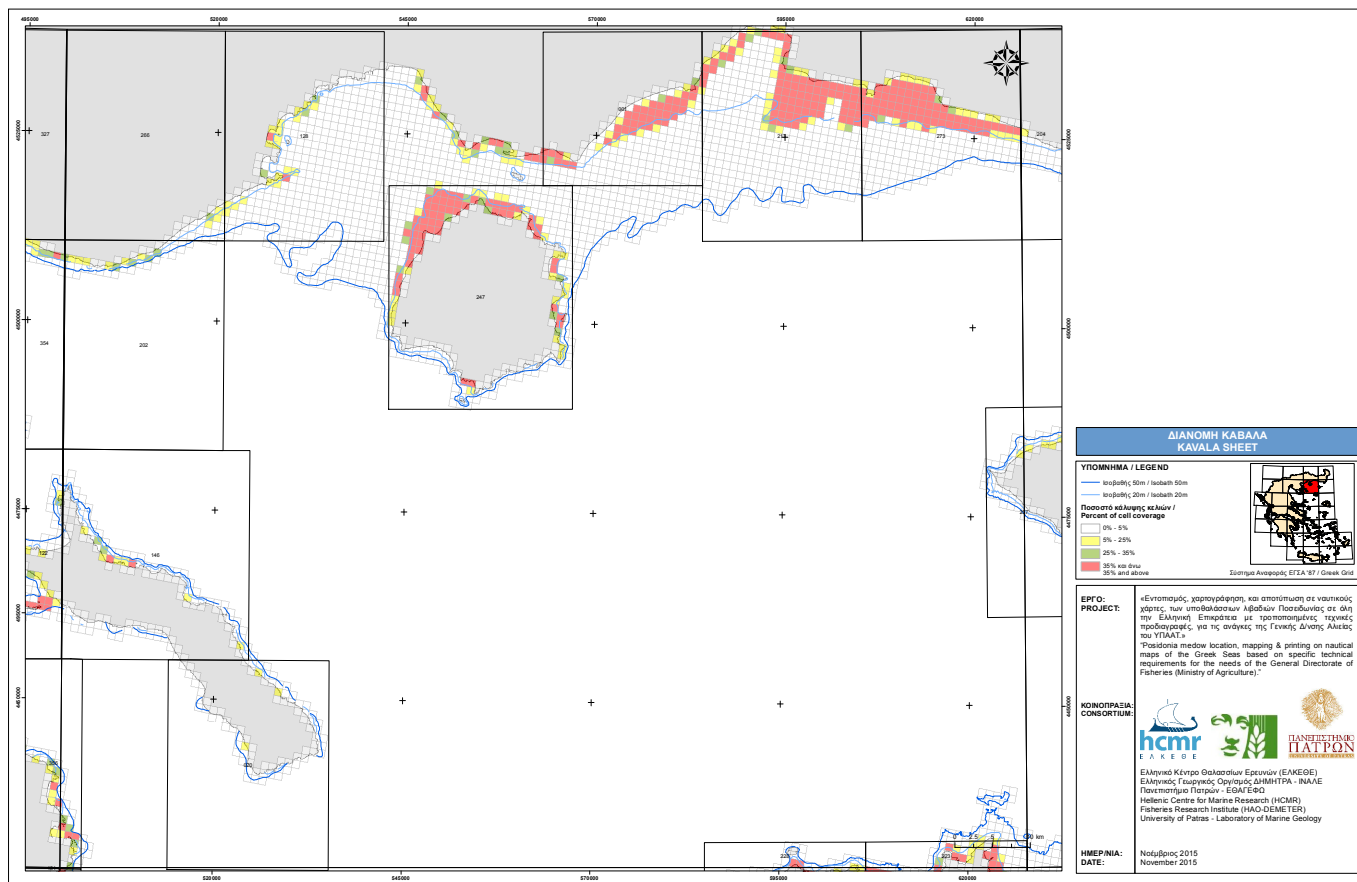


Figura 7.1

Mapeamento das pradarias de *Posidonia oceanica* nas águas costeiras da Macedónia Oriental e da Trácia, no norte do mar Egeu, Grécia (Centro Helénico de Investigação Marinha, Instituto de Investigação Pesqueira, Universidade de Patras - Laboratório de Geologia Marinha)

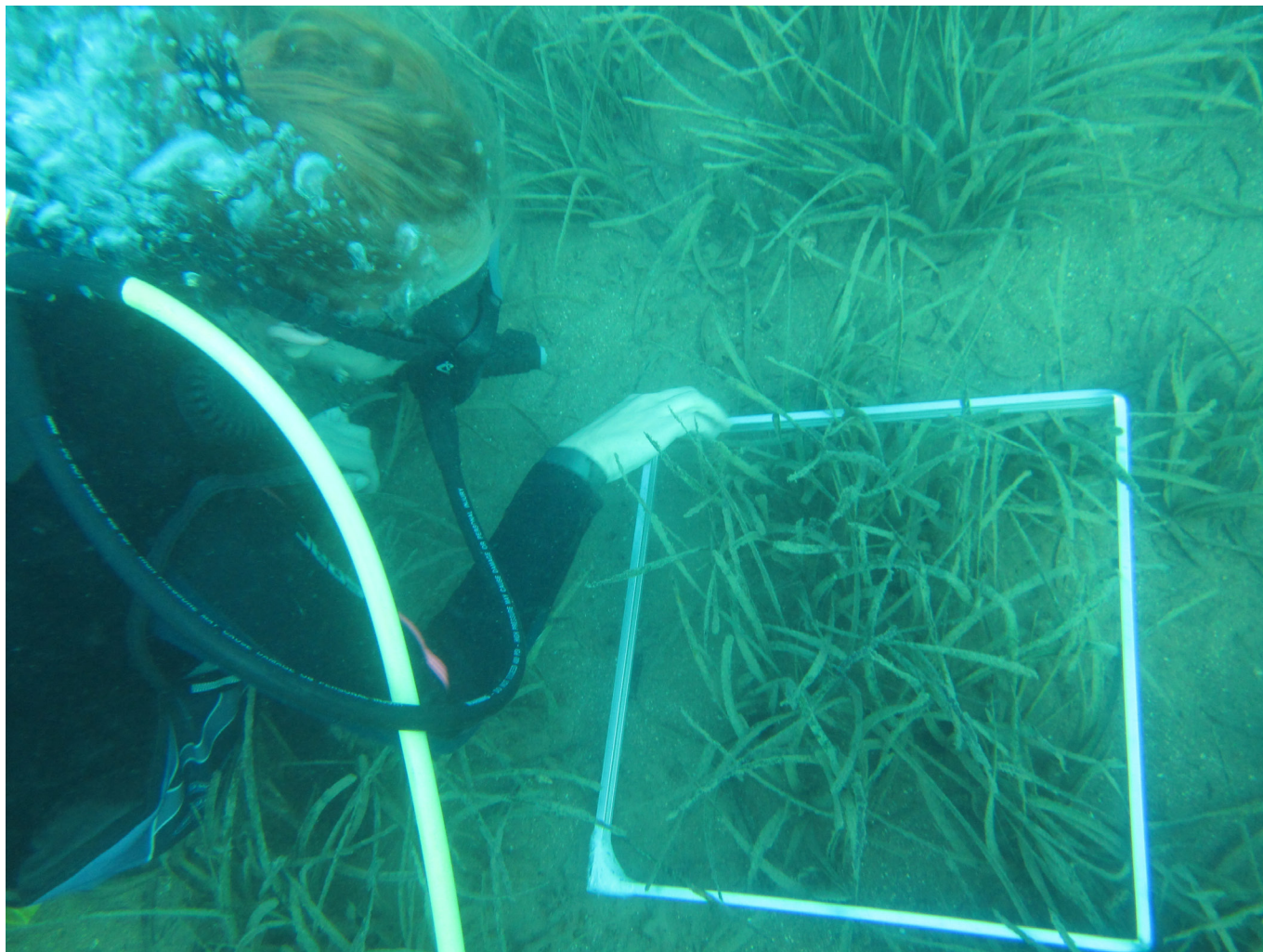


Figura 7.2

A amostragem de *Posidonia oceanica* e a monitorização no terreno fornecem informações sobre o estado de saúde das pradarias; são recolhidos dados sobre várias variáveis das pradarias, incluindo densidade de rebentos, cobertura foliar e de rizomas, biomassa, etc. (águas costeiras da Trácia, norte do mar Egeu, Grécia; crédito da imagem: Stavros Bachtsevanidis/Paraskevi Malea)

elação computacionais, e análises estatísticas. Contudo, subsistem lacunas significativas no nosso conhecimento sobre as ervas marinhas. É necessária investigação contínua para compreender melhor os sistemas de ervas marinhas. Várias questões de uma vasta gama de campos de investigação sobre ervas marinhas foram identificadas como prioridades para investigação futura. O mapeamento e a monitorização da extensão e do estado das ervas marinhas (Fig. 7.1 e 7.2), bem como questões relacionadas com a gestão e o restauro das ervas marinhas, estão incluídas nestas prioridades

Novos métodos e tecnologias, bem como modelos matemáticos, estão a expandir a nossa ca-

pacidade de recolher, analisar e interpretar dados sobre ervas marinhas. Os cientistas estão a utilizar cada vez mais instrumentos de teledeteção, tais como satélites, drones e ecosondas multifeixe, para mapear e monitorizar as ervas marinhas. Neste contexto, são necessárias abordagens de investigação interdisciplinares para compreender melhor os ecossistemas de ervas marinhas. Por conseguinte, a investigação sobre ervas marinhas requer uma estreita colaboração entre investigadores de muitos campos diferentes, incluindo biólogos, químicos, físicos, geólogos, meteorologistas, climatologistas, cientistas computacionais, engenheiros, sociólogos e economistas.

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Acidificação dos oceanos

é a diminuição contínua do pH dos oceanos da Terra, causada pela absorção de dióxido de carbono em excesso na atmosfera. Este processo tem impactos significativos na vida marinha, particularmente nos organismos que constroem conchas e esqueletos a partir de carbonato de cálcio, como os organismos planctônicos, os corais e os moluscos.

Água doce

Água distinta da água do mar, caracterizada pela sua baixa concentração de sais dissolvidos (salinidade tipicamente inferior a 0,5) e encontrada principalmente em rios, lagos e aquíferos subterrâneos.

Água hipersalina

Água com um nível de salinidade significativamente superior ao da água do mar normal (35). Especificamente, a água hipersalina tem uma salinidade superior a 40. Os ambientes de água hipersalina encontram-se tipicamente em massas de água sem ligação com o mar, como lagos salgados e lagoas hipersalinas.

Águas intersticiais

são soluções aquosas que ocupam os espaços porosos entre as partículas nos sedimentos e nas rochas.

Água salobra

Uma mistura de água doce e salgada, com um nível de salinidade entre o da água doce (normalmente inferior a 0,5) e o da água do mar (cerca de 35). Em particular, a salinidade da água salobra pode variar entre 0,5 e 30. A água salobra é comum em áreas onde fontes de água doce, como rios, se encontram com fontes de água salgada, como oceanos, tais como estuários.

Afloramento

Um processo no qual as correntes trazem água fria das profundezas para a superfície do oceano. O afloramento ou ressurgência é resultado dos ventos e da rotação da Terra. Os ventos que sopram sobre a superfície do oceano empurram a água para longe. A

água sobe então por baixo da superfície para substituir a água que foi empurrada para longe. A água que sobe à superfície devido ao afloramento é normalmente mais fria e rica em nutrientes. O afloramento ocorre em mar aberto e ao longo das costas.

Alterações climáticas globais

consiste em alterações de grande alcance na temperatura média, nos padrões de precipitação e noutros fatores climáticos, resultantes do aumento das concentrações de gases com efeito de estufa, como o dióxido de carbono. Estes gases são libertados pela queima de combustíveis fósseis, uma prática que aumentou drasticamente desde o início da revolução industrial, no final do século XVIII. Os gases com efeito de estufa impedem que o calor próximo da superfície da Terra escape para o espaço, pelo que um aumento na sua concentração leva a um aumento do calor retido. Assim, quanto maior for a sua concentração, mais calor fica retido.

Biomassa

O peso ou quantidade total de organismos vivos de uma espécie (biomassa da espécie) ou de todas as espécies de uma comunidade (biomassa da comunidade), geralmente referido a uma unidade de área ou volume de habitat.

Cadeia alimentar

Sequência de etapas através da qual a energia passa de um nível trófico para o seguinte.

Carbono azul

O carbono armazenado nos sedimentos de ecossistemas costeiros, incluindo pradarias de ervas marinhas, florestas de mangal e sapais, uma vez que se encontra armazenado no mar.

Ciclos de nutrientes

São processos naturais em que elementos essenciais circulam entre as partes bióticas e abióticas de um ecossistema. Os ciclos de nutrientes mantêm os elementos essenciais disponíveis para as plantas e outros organismos.

Comunidade biótica

(ou simplesmente «comunidade») Um conjunto de diferentes espécies de organismos vivos que interagem entre si num ambiente marinho específico.

Comunidade clímax

Uma comunidade ecológica na qual as populações de plantas ou animais permanecem estáveis e existem em equilíbrio entre si e com o seu ambiente. Uma comunidade clímax é a fase final da **sucessão ecológica**, permanecendo relativamente inalterada até ser destruída por um evento ou pela interferência humana.

Detritos

Matéria orgânica particulada morta, como matéria vegetal e animal em decomposição.

Efeito Coriolis

O desvio de um objeto devido à força de Coriolis.

Epifauna

Organismos bentónicos que vivem na superfície do substrato ou se deslocam sobre ela.

Epífito

Uma planta ou organismo semelhante a uma planta que cresce na superfície de outra planta.

Eutrofização

é um estado de crescimento excessivo de algas e plantas causado pela presença de nutrientes na água, principalmente azoto e fósforo.

Floresta de laminárias

As laminárias são um tipo de macroalga castanha. Quando muitas laminárias crescem juntas em aglomerados densos numa vasta área, formam uma floresta de laminárias. Em geral, as laminárias encontram-se em regiões temperadas e polares nas águas costeiras de todo o mundo e crescem em fundos marinhos rochosos a profundidades entre os 15 e os 40 metros, com algumas espécies a crescerem a profundidades maiores. As florestas de algas marinhas abrigam uma grande diversidade de plantas e animais.

Fontes frias

Um ambiente do fundo do mar repleto de substâncias químicas ricas em energia. As fontes frias ocorrem em fissuras ou fendas no fundo do mar, causadas pelo movimento das placas tectónicas da Terra. O ambiente das fontes hidrotermais e das fontes frias difere em termos de temperatura e longevidade. Ao contrário dos compostos químicos presentes nas fontes hidrotermais, as fontes frias têm uma temperatura semelhante à das águas circundantes. Além disso, as fontes hidrotermais têm uma duração relativamente curta, enquanto as fontes frias são duradouras. Os vermes que vivem em ambientes de fontes frias estão entre os invertebrados de maior longevidade do mundo.

Fontes hidrotermais

Formam-se onde a água quente e os gases provenientes do subsolo do fundo do mar se misturam com a água e os gases do oceano sobrejacente. Normalmente, as fontes hidrotermais encontram-se no fundo do mar ao longo das cristas meso-oceânicas, onde o magma do manto entra em contacto próximo com a crosta oceânica devido à tectónica de placas da expansão do fundo do mar. As fontes hidrotermais de profundidade sustentam ecossistemas ricos que podem incluir densas acumulações de animais, tais como camarões e vermes tubícolas.

Força de Coriolis

A deflexão imposta às massas de água em movimento devido à rotação da Terra em torno do seu eixo. A deflexão é para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul.

Habitat marinho

O ambiente específico dentro do oceano onde os organismos marinhos vivem, prosperam e se reproduzem.

Mancha

Pequena área de [algo].

Monocotiledóneas

Uma das duas divisões das Angiospermas (Monoco-

iledóneas e Dicotiledóneas). As monocotiledóneas são plantas com flores cujas sementes contêm apenas uma folha embrionária, ou cotilédone. As monocotiledóneas contrastam com as dicotiledóneas, que têm dois cotilédones.

Os ecossistemas de carbono azul

são habitats costeiros e marinhos, como pradarias de ervas marinhas, mangais e sapais, que desempenham um papel crucial na captura e armazenamento de dióxido de carbono atmosférico. Estes ecossistemas são sumidouros de carbono significativos, o que significa que absorvem mais carbono do que liberam, e a sua conservação e restauro são vitais para mitigar as alterações climáticas.

Produção líquida

Quantidade de produção total restante após as perdas por respiração.

Produção primária

A energia captada pelos produtores de um ecossistema.

Produtividade secundária

é a taxa à qual os consumidores convertem a energia química dos seus alimentos em biomassa

Produtor

Organismo que produz o seu próprio alimento utilizando energia e matérias-primas não biológicas do ambiente.

Protistas

Um grupo diversificado de organismos eucarióticos, cujas células contêm um núcleo e outras estruturas complexas. Não são plantas, animais nem fungos, e apresentam uma grande variedade de organizações; a maioria é unicelular, mas alguns são multicelulares.

Rebento

Folhas mais rizoma, horizontal ou vertical.

Rede alimentar

Sistema de cadeias alimentares interligadas.

Salinidade

A quantidade total de sais dissolvidos presentes na água. A salinidade média da água do mar é de cerca de 35, o que significa que, por cada litro de água do mar, existem aproximadamente 35 gramas de sais dissolvidos.

Substrato

O material que forma o leito marinho. O substrato pode ser classificado como substrato duro, que consiste em rochas, recifes e até mesmo estruturas artificiais como diques, ou substrato mole, que inclui sedimentos como areia, lodo e lama.

Sucessão ecológica

É o processo pelo qual a composição de espécies e o habitat numa área se alteram ao longo do tempo. Gradualmente, estas comunidades substituem-se umas às outras até se atingir uma «comunidade clímax» ou até ocorrer uma perturbação.

Talo

O corpo inteiro de um organismo multicelular imóvel, no qual não existe organização dos tecidos em órgãos.

Transparência

é uma medida da profundidade até à qual a luz consegue penetrar num corpo de água.

Zona intertidal

(ou **zona litoral**) A área costeira situada entre os extremos da maré alta e da maré baixa e que representa a zona de transição entre o ambiente marinho e o ambiente terrestre.

LEITURA ADICIONAL

A1

CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS OCEANOS

Bassan, N., Flamand, A., Clausen, A., 2025. Developing the ambition for action in the Ocean Decade to 2030. *ICES Journal of Marine Science*, 82(1), fsae195. Cuyvers L, Berry W, Gjerde K, et al. 2018. Deep Sea-bed Mining, a Rising Environmental Challenge. IUCN; 2018.

Ercolano, G., De Cicco, P., Ianaro, A., 2019. New drugs from the sea: Pro-apoptotic activity of sponges and algae derived compounds. *Marine Drugs*, 17(1): 31.

Gómez, S., Garriga, A., Bosch, M. T., Bosch, M., Villasante, S., Salazar, J., 2025. Ocean literacy in managing marine protected areas: bridging natural and cultural heritage. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1540163.

Guan, S., Qu, F., Qiao, F., 2023. United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030): From innovation of ocean science to science-based ocean governance. *Frontiers in Marine Science*, 9, 1091598.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2019. Special Report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Geneva, Switzerland: IPCC. Available at: <https://www.ipcc.ch/srocc/>

Kelly, R., Francis, P., Shellock, R. J., Andrews, S., Arthur, B., Birkmanis, C. A. et al., 2025. Ocean Literacy for Ocean Sustainability: Reflections From Australia. *Ocean and Society*, 2.

Lakshmi, A., 2021. Coastal ecosystem services & human wellbeing. *Indian Journal of Medical Research*, 153(3), 382-387.

Landrigan, J., Stegeman, J. J., Fleming, L. E., Allemand, D., Anderson, D. M., Backer, L. C., et al. 2020. Human health and ocean pollution. *Annals of Global Health* 86, 1-64.

Lothian, S., Haas, B., 2024. The Outliers: Stories of Success in Implementing Sustainable Development Goal 14. *Ocean and Society*, 1.

Martínez M.L., Intralawan A, Vázquez G, Pérez-Maqueo, O., Sutton, P., Landgrave, R., 2007. The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics* 63(2-3): 254-272.

CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS OCEANOS

Shellock, R. J., Fullbrook, L., McKinley, E., Cvitanovic, C., Kelly, R., & Martin, V. (2024). The nature and use of Ocean Literacy in achieving sustainable ocean futures: A Systematic Map. *Ocean and Coastal Management*, 257, 107325.

UNESCO-IOC, 2021. The United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030) Implementation plan – Summary. *Paris, UNESCO. (IOC Ocean Decade Series, 19)*. Available at: <https://www.oceandecade.org/decade-publications/>

United Nations, 2018. The Sustainable Development Goals. *Report 2018*.

Ward, D., Melbourne-Thomas, J., Pecl, G. T., Evans, K., Green, M., McCormack, P. C. et al., 2022. Safeguarding marine life: conservation of biodiversity and ecosystems. *Reviews in fish biology and fisheries*, 32(1), 65-100.

Wheeler, B., White, M.P., Fleming, L.E., Taylor, T., Harvey, A.J., Depledge, M.H., 2014. Influences of the oceans on human health and well-being. In: Bowen, R.E., Depledge, M.H., Carlane, C.P., Fleming, L.E., (Eds.) *Oceans and Human Health: Implications for Society and Well-Being*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, 4-22, 304pp.

Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A. G., de Souza Dias, B. F., Ezeh, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P., Horton, R., 2015. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *The Lancet*, 386(10007), 1973–2028.

A2

A HISTÓRIA DA LITERACIA MARINHA E OS SEUS PRINCÍPIOS

Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. Principles and concepts about seagrasses: Towards a sustainable future for seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 112936.

Brennan, C., Ashley, M., & Molloy, O., 2019. A system dynamics approach to increasing ocean literacy. *Frontiers in Marine Science*, 6, 360. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00360>

Cava, F., Schoedinger, S., Strang, C., Tuddenham, P., 2005. [Science content and standards for ocean literacy: A report on ocean literacy.](#)

Činčera, J., Johnson, B., 2015. Examining the relationship between environmental attitudes and behaviour in education programmes. *Sociální Studia*, 12(3), 97-111. <https://doi.org/10.5817/SOC2015-3-97>

McKinley, E., Burdon, D., Shellock, R. J., 2023. The evolution of ocean literacy: A new framework for the United Nations Ocean Decade and beyond. *Marine Pollution Bulletin*, 186, 114530. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114530>

Mokos, M., Cheimonopoulou, M.Th., Koulouri, P., Previa, M., Realdon, G., Santoro, F., Mogias, A., Boubonari, T., Gazo, M., Satta, A., Ioakeimidis, C., Tojeiro, A., Chicote, C.A., Papathanassiou, M., Kevrekidis, T., 2020. Mediterranean Sea Literacy: When Ocean Literacy becomes region-specific. *Mediterranean Marine Science* 21, 592-598. <http://dx.doi.org/10.12681/mms.23400>

Mokos, M., De-Bastos, E., Realdon, G., Wojcieszek, D., Papathanasiou, M., Tuddenham, P., 2022. Navigating ocean literacy in Europe: 10 years of history and future perspectives. *Mediterranean Marine Science*, 23(2), 277-288. <https://doi.org/10.12681/mms.26989>

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2019. Principles and concepts for estuaries 101. NOAA Office for Coastal Management. Available from: <https://coast.noaa.gov/data/estuaries/pdf/estuary-principles-and-concepts.pdf>

Ohio Sea Grant, 2013. Great Lakes Literacy: Principles and Fundamental Concepts for Great Lakes Learning Brochure. Available from: https://www.michiganseagrant.org/wp-content/uploads/2018/08/2013-GL-Lit-brochure WEB_1.pdf

A2

A HISTÓRIA DA LITERACIA MARINHA E OS SEUS PRINCÍPIOS

Paço, A., Lavrador, T., 2017. Environmental knowledge and attitudes and behaviours towards energy consumption. *Journal of Environmental Management*, 197, 384–392. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.100>

Schoedinger, S., Cava, F., Strang, C., Tuddenham, P., 2005. [Ocean literacy through science standards](#). *Oceans*, 1(3), 736–740.

A3

CONSERVAÇÃO DAS ERVAS MARINHAS

Bertelli, C.M., Unsworth, R.K.F., 2014. Protecting the hand that feeds us: Seagrass (*Zostera marina*) serves as commercial juvenile fish habitat. *Marine Pollution Bulletin* 83, 425–429.

Campagne, C.S., Salles J.-M., Boissery, P., Deter, J., 2015. The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. *Marine Pollution Bulletin* 97, 391–400.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253e260.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, R., Kerry T., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152–158.

Deng, Y., Liu, S., Feng, J., Wu, Y., Mao, C., 2021. What drives putative bacterial pathogens removal within seagrass meadows? *Marine Pollution Bulletin* 166, 112229.

de Smit, J.C., Anton, A., Martin, C., Rossbach, S., Bouma, T.J., Duarte, C.M., 2021. Habitat-forming species trap microplastics into coastal sediment sinks. *Science of the Total Environment* 772, 145520.

Du, J., Hu, W., Nagelkerken, I., Sangsawang, L., Loh, K.H., Ooi, J.L.-S., Liao, J., Zheng, X., Qiu, S., Chen, B., 2020. Seagrass meadows provide multiple benefits to adjacent coral reefs through various microhabitat functions. *Ecosystem Health and Sustainability* 6, 1812433.

Duarte, C.M., Borum, J., Short, F.T., Walker, D.I., 2008. Seagrass ecosystems: Their global status and prospects. In: Polunin, N. (Ed.), *Aquatic Ecosystems*. Cambridge University Press, pp. 281–306.

Duarte, C.M., Marbà, N., Gacia, E., Fourqurean, J.W., Beggins, J., Barrón, C., Apostolaki, E.T. 2010. Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles* 24, GB4032.

Dunic, J.C., Brown, C.J., Connolly, R.M., Turschwell, M.P., Côté I.M., 2021. Long-term declines and recovery of meadow area across the world's seagrass bioregions. *Global Change Biology* 27, 4096–4109.

Fortes, M.D., Ooi, J.L.S., Tan, Y.M., Prathep, A., Bujang, J.S., Yaakub, S.M., 2018. Seagrass in Southeast Asia: a review of status and knowledge gaps, and a road map for conservation. *Botanica Marina* 61, 269–288.

Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holme, M., Mateo, M.A., Apostolaki, E.T., Kendrick, G.A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J., Serrano, O., 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Natural Geoscience* (online publication www.nature.com/naturegeoscience)

François, R., Thibaud, M., Marlee, D.T., Loïc N., M., L. Gilles, 2018. Seagrass organic matter transfer in *Posidonia oceanica* macrophytodebris accumulations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 212, 73–79.

Grech, A., Coles, R., Marsh, H., 2011. A broad-scale assessment of the risk to coastal seagrasses from cumulative threats. *Marine Policy* 35, 560–567.

Grech, A., Chartrand-Miller, K., Erftemeijer, P., Fonseca, M., 2012. A comparison of threats, vulnerabilities and management approaches in global seagrass bioregions. *Environmental Research Letters* 7, 024006.

Green, E.P., Short, F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. *University of California Press*, London, England, 298 p.

Green, A.E., Unsworth, R.K.F., Chadwick, M.A., Jones, P.J.S., 2021. Historical analysis exposes catastrophic seagrass loss for the United Kingdom. *Frontiers in Plant Science* 12, 629962.

Griffiths, L.L., Connolly, R.M., Brown, C.J., 2020. Critical gaps in seagrass protection reveal the need to address multiple pressures and cumulative impacts. *Ocean and Coastal Management* 183, 104946.

Heck Jr., K.L., Carruthers, T.J.B., Duarte, C.M., R. Hughes, Kendrick, G., Orth, R.J., Williams, S.W., 2008. Trophic transfers from seagrass meadows subsidize diverse marine and terrestrial consumers. *Ecosystems* 11, 1198–1210.

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. Seagrass Ecology. *Cambridge University Press*, 298 p.

Koopmans, D., Holtappels, M., Chennu, A., Weber, M., de Beer, D., 2020. High Net primary production of Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows determined with aquatic eddy covariance. *Frontiers in Plant Science* 7, 118.

Lamb, J.B., van de Water, J.A.J.M., Bourne, D.G., Altier, C., Hein, M.Y., Fiorenza, E.A., Abu, N., Jompa, J., Drew Harvell, C., 2017. Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science* 355, 731–733.

Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M., 2006. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. Springer, Dordrecht, *The Netherlands*, 691 p.

Larkum, A.W.D., Kendrick, G.A., P.J. Ralph, 2018. Seagrasses of Australia. Structure, Ecology and Conservation. Springer, Dordrecht, *The Netherlands*, 797 p.

Lefcheck, J.S., Wilcox, D.J., Murphy, R.R., Marion, S.R., Orth, R.J., 2017. Multiple stressors threaten the imperiled coastal foundation species eelgrass (*Zostera marina*) in Chesapeake Bay, USA. *Glob. Global Change Biology* 23, 3474–3483.

Lewis, M.A., Devereux, R., 2009. Non-nutrient anthropogenic chemicals in seagrass ecosystems: Fate and effects. *Environmental Toxicology and Chemistry* 28, 644–661.

Lopez y Royo, C., Casazza, G., Pergent-Martini, C., Pergent, G., 2010. A biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to evaluate ecological status of coastal waters. *Ecological Indicators* 10, 380–389.

Malea, P., Mylona, Z., Kevrekidis, T., 2019. Trace elements in the seagrass *Posidonia oceanica*: Compartmentation and relationships with seawater and sediment concentrations. *Science of the Total Environment* 686, 63–74.

Marbà, N., Dvaz-Almela, E., Duarte, C.M., 2014. Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) loss between 1842 and 2009. *Biological Conservation* 176, 183–190.

McKenzie, L.J., Nordlund, L.M., Jones, B.L., Cullen-Unsworth, L.C., Roelfsema, C., Unsworth, R.K.F., 2020. The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters* 15, 074041.

Nordlund, L.M., Koch, E.W., Barbier, E.B., Creed, J.C., 2016. Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLOS ONE* 11(10), e0163091.

Orth, R.J., Lefcheck, J.S., McGlathery, K.S., Aoki, L., Luckenbach, M.W., Moore, K.A., Oreska, M.P.J., Snyder, R., Wilcox, D.J., Lusk, B., 2020. Restoration of seagrass habitat leads to rapid recovery of coastal ecosystem services. *Scientific Advances* 6, eabc6434

Reynolds, P.L., 2018. Seagrass and seagrass beds. Smithsonian NMNH. Available from: <https://ocean.si.edu/ocean-life/plants-algae/seagrass-and-seagrass-beds>

Ruiz-Frau, A., Gelcich, S., Hendriks, I.E., Duarte, C.M., Marba, N., 2017. Current state of seagrass ecosystem services: Research and policy integration. *Ocean and Coastal Management* 149, 107-115.

Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., Waycott, M., 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350, 3-20.

Short, F.T., C.A. Short, A. Novak. 2016. Seagrasses. In: Finlayson, C.M., Milton, G.R., Prentice R.C., Davidson, N.C. (Eds.), *The Wetland Book: II: Distribution, Description and Conservation*. Springer Science, pp. 1-18.

UNEP, United Nations Environment Programme, 2020. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*.

UNEP-WCMC, Short F.T., 2021. Global distribution of seagrasses (version 7.1). Seventh update to the data layer used in Green and Short (2003). Cambridge (UK): UN Environment Programme World Conservation Monitoring Centre Data <https://doi.org/10.34892/x6r3-d211>

Unsworth, R.K.F., Cullen-Unsworth, L.C., 2014. Biodiversity, ecosystem services, and the conservation of seagrass meadows. In: Coastal Conservation. Maslo, B., Lockwood, J.L. (Eds). *Cambridge University Press*.

Unsworth, R.K.F., McKenzie, L.J., Collier, C.J., Cullen-Unsworth, L.C., Duarte, C.M., Eklof, J.S., Jarvis, J.C., Jones, B.L., Nordlund, L.M., 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio* 48, 801-815.

Valentine, J.F., Heck, K.L., 2021. Herbivory in seagrass meadows: An evolving paradigm. *Estuaries and Coasts* 44, 491-505.

CONSERVAÇÃO DAS ERVAS MARINHAS

Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck Jr., K.L., Hughes, A. R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T., Williams, S.L., 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *PNAS* 106, 12377-12381.

Whitfield, A.K., 2017. The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as nursery areas and food sources for fishes in estuaries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 27,75-110.

York, P.H., Smith, T.M., Coles, R.G., McKenna, S.A., Connolly, R.M., Irving, A.D., Jackson, E.L., McMahon, K., Runcie, J.W., Sherman, C.D.H., Sullivan, B.K., Trevathan-Tackett, S.M., Brodersen, K.E., Carter, A.B., Ewers, C.J., Lavery, P.S., Roelfsema, C.M., Sinclair, E.A., Strydom, S., Tanner, J.E., van Dijk, K.-J., Warry, F.Y., Waycott, M., Whitehead, S., 2017. Identifying knowledge gaps in seagrass research and management: An Australian perspective. *Marine Environmental Research* 127, 163-172.

A4

LITERACIA SOBRE ERVAS MARINHAS

Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. Principles and Concepts about Seagrasses: Towards a sustainable future for seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 173, 112936.

Cullen-Unsworth, L.C. , Nordlund, L.M., Paddock, J., Baker, S., McKenzie, L.J., Unsworth, R.K.F., 2014. Seagrass meadows globally as a coupled social-ecological system: Implications for human well-being. *Marine Pollution Bulletin* 83 (2): 387-397

Cullen-Unsworth, L.C., Unsworth, R., 2018. A call for seagrass protection. *Science* 361, 446-448. DOI: 10.1126/science.aat7318.

Duarte, C.M., Borum, J., Short, F.T., Walker, D.I., 2008. Seagrass ecosystems: Their global status and prospects. In: Polunin, N. (Ed.), *Aquatic Ecosystems*, Cambridge University Press, pp. 281-306. <https://www.researchgate.net/publication/281475786>

Duarte, C.M., Dennison, W.C., Orth, R.J.W., Carruthers, T.J.B., 2008. The charisma of coastal ecosystems: Addressing the imbalance. *Estuaries and Coasts*: J CERF 31, 233-238. DOI10.1007/s12237-008-9038-7

Griffiths, L.L., Connolly, R.M., Brown, C.J., 2020. Critical gaps in seagrass protection reveal the need to address multiple pressures and cumulative impacts. *Ocean and Coastal Management* 183, 104946. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104946>

Jefferson, R.L., Bailey, I., Laffoley, D. d'A., Richards, J.P., Attrill, M.J., 2014. Public perceptions of the UK marine environment. *Marine Policy*, 43: 327-337

Mokos, M., Cheimonopoulou, M.Th., Koulouri, P., Previa, M., Realdon, G., Santoro, F., Mogias, A., Boubonari, T., Gazo, M., Satta, A., Ioakeimidis, C., Tojeiro, A., Chicote, C.A., Papathanassiou, M., Kevrekidis, T., 2020. Mediterranean Sea Literacy: When Ocean Literacy becomes region-specific. *Mediterranean Marine Science* 21, 592-598. <http://dx.doi.org/10.12681/mms.23400>

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2013. Ocean literacy: The essential principles and fundamental concepts of Ocean Sciences for learners of all ages. Version 2. Available from: http://oceanliteracy.wp2.coexploration.org/?page_id=164

Santoro F., Selvaggia, S., Scowcroft, G., Fauville, G., Tuddenham, P., 2017. Ocean Literacy for All- A toolkit. *IOC/ UNESCO & UNESCO Venice Office, Paris (IOC Manuals and Guides, revised in 2018)*.

LITERACIA SOBRE ERVAS MARINHAS

UNEP, United Nations Environment Programme, 2020. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*.

UNESCO-IOC, 2021. The United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030). Implementation plan – Summary. *UNESCO, Paris, IOC Ocean Decade Series*, 19.

Unsworth, R.K.F., McKenzie, L.J., Collier, C.J., Cullen-Unsworth, L.C., Duarte, C.M., Eklof, J.S., Jarvis, J.C., Jones, B.L., Nordlund, L.M., 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio* 48, 801–815.
<https://doi.org/10.1007/s13280-018-1115-y>

B

CURRÍCULO SOBRE ERVAS MARINHAS

Etherington, M. B. (2011). Investigative primary science: A problem-based learning approach. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 36(9), 53-74.

Hartmeyer, R., Stevenson, M. P., & Bentsen, P. (2018). A systematic review of concept mapping-based formative assessment processes in primary and secondary science education. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(6), 598-619.

Shepardson, D. P., & Britsch, S. J. (2001). Tools for assessing and teaching science in elementary and middle school. In *Assessment in science: A guide to professional development and classroom practice* (pp. 119-147). Dordrecht: Springer Netherlands.

Suastra, I. W., Suarni, N. K., & Dharma, K. S. (2019, October). The effect of Problem Based Learning (PBL) model on elementary school students' science higher order thinking skill and learning autonomy. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1318, No. 1, p. 012084). IOP Publishing.

Suduc, A. M., Bizoi, M., & Gorghiu, G. (2015). Inquiry based science learning in primary education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 205, 474-479.

Susiloningsih, E., Sumantri, M. S., & Marini, A. (2023). Experiential learning model in science learning: systematic literature review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 550-557.

Tay, L. Y., Melwani, M., Ong, J. L., & Ng, K. R. (2017). A case study of designing technology-enhanced learning in an elementary school in Singapore. *Learning: Research and Practice*, 3(2), 98-113.

Thurston, A., Topping, K. J., Tolmie, A., Christie, D., Karagiannidou, E., & Murray, P. (2010). Cooperative Learning in Science: Follow-up from primary to high school. *International Journal of Science Education*, 32(4), 501-522.

Vesterinen, M., & Ratinen, I. (2024). Sustainability competences in primary school education—a systematic literature review. *Environmental Education Research*, 30(1), 56-67.

Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C. (2016). Fostering scientific literacy and critical thinking in elementary science education. *International Journal of Science and Mathematics education*, 14(4), 659-680.

B5.1

O OCEANO SUPORTA UMA GRANDE DIVERSIDADE DE VIDA E ECOSISTEMAS

Barnes, R.S.K. and Hughes, R.M., 1999. An introduction to marine ecology, 3rd edition, *Blackwell Science*.

Brazelton, W (2017). Hydrothermal vents. *Current Biology* 27, 11.

Caine, A. (2017). Marine Biology for the non-biologist. *Independently Published*, 154 p.

Castro, P. and Huber, M. (2018). Marine Biology. 11th Edition, *McGraw-Hill Education*, 496 p. Greek Edition: E. Voultsiadou (Ed.), *Utopia publishing*.

Dipper, F. (2021) The Marine World: A Natural History of Ocean Life. *Wild Nature Press*.

Dormann, C. F., and Arne Schröder, A. (eds.) (2021) Marine Ecology Notes.

Garrison, T.S. and Ellis, R. (2016). Essentials of Oceanography. 8th Edition, *Cengage Learning*, 325 p.

Higgins, R.P. and Thiel, H., 1988. Introduction to the study of meiofauna. *Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.*

Kevrekidis, T., Boubonari, T., Malea, P., Mogias, A., Apostoloumi, C., Kevrekidou, A. (2024). Exploring the coastal lagoons. *Hellenic Foundation for Research and Innovation (HFRI)*, 75 p. (in greek). <https://bluenodes.eled.duth.gr/>

Levinton, J. S. (2022). Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology. 6th Edition, Oxford University Press, 608 p. Greek Edition: D. I. Koutsoumpas (Ed.), *Broken Hill Publishers Ltd*.

McCrae, J. and L. Osis, L. Plants and animals of Oregon's rocky intertidal habitat, *Oregon Department of Fish and Wildlife*.

McLusky, D. S., & Elliott, M. (2004). The estuarine ecosystem: ecology, threats and management. *OUP Oxford*, 214 p.

Nybakken, J.W. (2001). Marine Biology: An Ecological approach. 5th Edition, *Benjamin Cummings, San Francisco*, 516 p. Greek Edition: M. Apostolopoulou, G. Verroiopoulos, M. Thessalou-Legaki, A. Nicolaidou (Eds.), *ION Publishing Group*.

B5.1

O OCEANO SUPORTA UMA GRANDE DIVERSIDADE DE VIDA E ECOSISTEMAS

Pérez-Ruzafa, A., Pérez-Ruzafa, I. M., Newton, A., & Marcos, C. (2019). Coastal lagoons: environmental variability, ecosystem complexity, and goods and services uniformity. In: *Coasts and Estuaries*, pp. 253-276. *Elsevier*.

Pinet, P.R. (2016). Invitation to Oceanography. 7th Edition, *Jones and Bartlett Learning, LLC*, 662 p. Greek Edition: M. Karydis (Ed.), *Parisianou publications*.

Poulos, S.E. (2021). Introduction to Oceanography or Oceanology. A reference to the Mediterranean and the Greek seas. *Disigma publications*, 644 p. (in greek).

Townsend, D.W. (2012). Oceanography and Marine Biology: An Introduction to Marine Science. *Sinauer*, 512 p.

B5.2

AS ERVAS MARINHAS SÃO PLANTAS ÚNICAS

Ackerman, J.D., 2006. Sexual reproduction of seagrasses: Pollination in the marine context. In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 89-109.

Borum, J. and Greve, T.M., 2004. The four European seagrass species. In: *European seagrasses: an introduction to monitoring and management*. J Borum, CM Duarte, D Krause-Jensen and TM Grev (Eds.). *The M&MS project*, pp.1-7.

den Hartog, C., Kuo, J., 2006, Taxonomy and biogeography of seagrasses. In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-23.

Gerakaris, V., Lardi, P.-L., Issaris, Y., 2020. First record of the tropical seagrass species *Halophila decipiens* Ostenfeld in the Mediterranean Sea. *Aquatic Botany*, 160, 103151.

Green, E.P., Short, F.T., 2003. *World Atlas of Seagrasses*. University of California press, London, England, pp. 298.

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, pp. 298.

Kuo, J. and den Hartog, C., 2001. Seagrass taxonomy and identification key. In: *Global seagrass research methods*, F.T. Short and R.G. Cole (Eds.). Elsevier Science B.V.

Lansdown, R.V. 2011. *Ruppia maritima* (Europe assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2011: e.T164508A5896806.

Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M., 2006. *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 691.

Les, D.H., Waycott, M., 1997. Phylogenetic Studies in Alismatidae, II: Evolution of Marine Angiosperms (Seagrasses) and Hydrophily. *Systematic Botany* 22, 443-463.

Mannino, A.M., Menendez, M., Obrador, B., Sfriso, A., Triest, L., 2015. The genus *Ruppia* L. (Ruppiaceae) in the Mediterranean region: An overview. *Aquatic Botany* 124,1-9.

B5.2

AS ERVAS MARINHAS SÃO PLANTAS ÚNICAS

McKenzie, L.J., Nordlund, L.M., Jones, B.L., Cullen-Unsworth, L.C., Roelfsema, C., Unsworth, R.K.F., 2020. The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters* 15, 074041.

Pergent, G., Gerakaris, V., Sghaier, Y.R., Zakhama-Sraier, R., Fernández Torquemada, Y. & Pergent-Martini, C. 2016. *Posidonia oceanica* (errata version published in 2018). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016: e.T153534A135156882.

Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., Waycott, M., 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350, 3 - 20.

Short, F.T., Carruthers, T.J.R., Waycott, M., Kendrick, G.A., Fourqurean, J.W., Callabine, A., Kenworthy, W.J. & Dennison, W.C. 2010. *Cymodocea nodosa*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T153535A4516419.

Short, F.T., Carruthers, T.J.R., Waycott, M., Kendrick, G.A., Fourqurean, J.W., Callabine, A., Kenworthy, W.J. & Dennison, W.C. 2010. *Halophila stipulacea*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T173319A6989685.

Short, F.T., Carruthers, T.J.R., Waycott, M., Kendrick, G.A., Fourqurean, J.W., Callabine, A., Kenworthy, W.J. & Dennison, W.C. 2010. *Zostera marina*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T153538A4516675.

Short, F.T., Carruthers, T.J.R., Waycott, M., Kendrick, G.A., Fourqurean, J.W., Callabine, A., Kenworthy, W.J. & Dennison, W.C. 2010. *Zostera noltei*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T173361A6999224.

Short, F.T., Polidoro, B., Livingstone, S.R., Carpenter, K.E., Bandeira, S., Bujang, J.S., Calumpong, H.P., Carruthers, T.J.B., Coles, R.G., Dennison, W.C., Erftemeijer, P.L.A., Fortes, M.D., Freeman, A.S., Jagtap, T.G., Kamal, A.H.M., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., La Nafie, Y.A., Nasution, I.M., Orth, R.J., Prathep, A., Sanciangco, J.C., van Tussenbroek, B.S.G., Vergara, Waycott, M., Zieman, J.C., 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation* 144, 1961-1971.

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses, In: Green, E.P., Short, F. (Eds.), *World atlas of seagrasses*, *University California Press*, pp. 5-26.

B5.2

AS ERVAS MARINHAS SÃO PLANTAS ÚNICAS

UNEP-WCMC, Short F.T., 2021. Global distribution of seagrasses (version 7.1). Seventh update to the data layer used in Green and Short (2003). *Cambridge (UK): UN Environment Programme World Conservation Monitoring Centre Data*.

Waycott, M., Procaccini, G., Les, D.H., Reusch, T.B.H., 2006. Seagrass evolution, Ecology and conservation: A genetic perspective, In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-23.

Waycott, M., Biffin, E., Les, D.H., 2018. Systematics and Evolution of Australian Seagrasses in a Global Context, In: Larkum, A.W.D., Kendrick, G.A., Ralph, P.J. (Eds.), *Seagrasses of Australia: Structure, Ecology and Conservation, Part III Molecular and Taxonomic Studies*, Springer Cham, Switzerland, pp.129-155.

<https://www.seagrasswatch.org/idseagrass/>

www.SeagrassNet.org.

B5.3

AS ERVAS MARINHAS FORMAM EXTENSAS PRADARIAS SUBAQUÁTICAS

de Boer, W.F., 2007. Seagrass-sediment interactions, positive feedbacks and critical thresholds for occurrence: a review. *Hydrobiologia* 591, 5–24.

Duarte, C.M., Borum, J., Short, F.T., Walker, D.I., 2008. Seagrass ecosystems: Their global status and prospects, In: Polunin, N. (Eds.), *Aquatic Ecosystems*, Cambridge University Press., pp. 281-306.

Githaiga, M.N., Gilpin, L., Kairo, J.G., Huxham, M., 2016. Biomass and productivity of seagrasses in Africa. *Botanica Marina* 59, 173–186.

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, pp. 298.

Lee, C.-L., Wen, C.K.C., Huang, Y.-H., Chung, C.-Y., Lin, H.-J., 2019. Ontogenetic habitat usage of juvenile carnivorous fish among seagrass-coral mosaic habitats. *Diversity* 11, 25.

Lee, K.-S., Park, S.R., Kim, Y.K., 2007. Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: A review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350, 144–175.

Malea, P., Zikidou, C., 2011. Temporal variation in biomass partitioning of the seagrass *Cymodocea nodosa* at the Gulf of Thessaloniki, Greece. *Journal of Biological Research - Thessaloniki* 15, 75 - 90.

McKenzie, L.J., Nordlund, L.M., Jones, B.L., Cullen-Unsworth, L.C., Roelfsema, C., Unsworth, R.K.F., 2020. The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters* 15, 074041.

Short, F.T., Coles, R.G., Pergent-Martini, C., 2003. Global seagrass Distribution. In: *Global seagrass Research Methods*, Short, F.T., Coles, R.G. (Eds.), Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 473.

Short, F.T., C.A. Short, A. Novak. 2016. Seagrasses, In: Finlayson, C.M., Milton, G.R., Prentice R.C., Davidson, N.C. (Eds.), *The Wetland Book: II: Distribution, Description and Conservation*. Springer Science, pp. 1-18.

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses, In: Green, E.P., Short, F. (Eds.), *World atlas of seagrasses*. University California Press, pp. 5-26.

B5.4

AS ERVAS MARINHAS SUSTENTAM UMA GRANDE DIVERSIDADE DE VIDA

Bertelli, C.M., Unsworth, R.K.F., 2014. Protecting the hand that feeds us: Seagrass (*Zostera marina*) serves as commercial juvenile fish habitat. *Marine Pollution Bulletin* 83, 425–429.

Du, J., Hu, W., Nagelkerken, I., Sangsawang, L., Loh, K.H., Ooi, J.L.-S., Liao, J., Zheng, X., Qiu, S., Chen, B., 2020. Seagrass meadows provide multiple benefits to adjacent coral reefs through various microhabitat functions. *Ecosystem Health and Sustainability* 6, 1812433.

Duarte, C.M., 2017. Reviews and syntheses: Hidden forests, the role of vegetated coastal habitats in the ocean carbon budget. *Biogeosciences* 14, 301–310.

Fortes, M.D. 1989. Seagrasses: a resource unknown in the ASEAN region. *ICLARM Education Series* 5, 46p. *International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines*.

François, R., Thibaud, M., Marlee, D.T., Loïc N., M., L. Gilles, 2018. Seagrass organic matter transfer in *Posidonia oceanica* macrophytodebris accumulations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 212, 73–79.

Heck Jr., K.L., Carruthers, T.J.B., Duarte, C.M., R. Hughes, Kendrick, G., Orth, R.J., Williams, S.W., 2008. Trophic transfers from seagrass meadows subsidize diverse marine and terrestrial consumers. *Ecosystems* 11, 1198–1210.

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. Seagrass Ecology. *Cambridge University Press*, pp. 298.

Koopmans, D., Holtappels, M., Chennu, A., Weber, M., de Beer, D., 2020. High Net primary production of Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows determined with aquatic eddy covariance. *Frontiers in Plant Science* 7, 118.

Murphy, G.E.P., Dunic, J.C., Adamczyk, E.M., Bittick, S.J., Côté, I.M., Cristiani, J., Geissinger, E.A., Gregory, R.S., Lotze, H.K., O'Connor, M.I., Araújo, C.A.S., Rubidge, E.M., Templeman, N.D., Wong M.C., 2021. From coast to coast: ecology and management of seagrass ecosystems across Canada. *FACETS* 6: 139–179.

Reynolds, P.L., 2018. Seagrass and seagrass beds. *Smithsonian NMNH* (online, available from: <https://ocean.si.edu/ocean-life/plants-algae/seagrass-and-seagrass-beds>).

B5.4

AS ERVAS MARINHAS SUSTENTAM UMA GRANDE DIVERSIDADE DE VIDA

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses, In: Green, E.P., Short, F. (Eds.), *World atlas of seagrasses*, *University California Press*, pp. 5-26.

Valentine, J.F., Heck, K.L., 2021. Herbivory in seagrass meadows: An evolving paradigm. *Estuaries and Coasts* 44, 491-505.

Whitfield, A.K., 2017. The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as nursery areas and food sources for fishes in estuaries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 27,75-110.

York, P.H., Hyndes, G.A., Bishop, M.J., Barnes, R.S.K., 2018. Faunal Assemblages of Seagrass Ecosystems, Chapter 17, Part VI. Fauna. In: Larkum, A.W.D., Kendrick, G.A., Ralph, P.J. (Eds.), *Seagrasses of Australia: Structure, Ecology and Conservation, Part III Molecular and Taxonomic Studies*. *Springer Cham, Switzerland*, pp.541-589.

B5.5

AS ERVAS MARINHAS ESTABILIZAM O FUNDO DO MAR, MELHORAM A QUALIDADE DA ÁGUA E ARMAZENAM CARBONO

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253e260.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, R., Kerry T., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152-158.

de Boer, W.F., 2007. Seagrass-sediment interactions, positive feedbacks and critical thresholds for occurrence: a review. *Hydrobiologia* 591, 5-24.

Delgard, M. L., Deflandre, B., Kochoni, E., Avaro, J., Cesbron, F., Bichon, S., Poirier, D., Anschutz, P., 2016. Biogeochemistry of dissolved inorganic carbon and nutrients in seagrass (*Zostera noltei*) sediments at high and low biomass. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 179, 12e22

de los Santos, C.B., Olivea, I., Moreira, M., Silva, A., Freitas, C., Luna, R.A., Quental-Ferreira, H., Martins, M., Costa, M.M., Silva, J., Cunha, M.E., Soares, F., Pousao-Ferreira, P., Santos, R., 2020. Seagrass meadows improve inflowing water quality in aquaculture ponds. *Aquaculture* 528, 735502.

de los Santos, C.B., Scott, A., Arias-Ortiz, A., Jones, B., Kennedy, H., Mazarrasa, I., McKenzie, L., Nordlund, L.M., de la Torre-Castro, M., Unsworth, R.K.F., Ambo-Rappe, R., 2020. Seagrass ecosystem services: Assessment and scale of benefits. In: UNEP. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*, pp. 48-55.

Deng, Y., Liu, S., Feng, J., Wu, Y., Mao, C., 2021. What drives putative bacterial pathogens removal within seagrass meadows? *Marine Pollution Bulletin* 166, 112229.

de Smit, J.C., Anton, A., Martin, C., Rossbach, S., Bouma, T.J., Duarte, C.M., 2021. Habitat-forming species trap microplastics into coastal sediment sinks. *Science of the Total Environment* 772, 145520.

Duarte, C.M., Marbà, N., Gacia, E., Fourqurean, J.W., Beggins, J., Barrón, C., Apostolaki, E.T. 2010. Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles* 24, GB4032

B5.5

AS ERVAS MARINHAS ESTABILIZAM O FUNDO DO MAR, MELHORAM A QUALIDADE DA ÁGUA E ARMAZENAM CARBONO

Ferguson, A.J.P., Gruber, R., Potts, J., Wright, A., Welsh, D.T., Scanes, P., 2017. Oxygen and carbon metabolism of *Zostera muelleri* across a depth gradient e Implications for resilience and blue carbon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 187, 216e230.

Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holme, M., Mateo, M.A., Apostolaki, E.T., Kendrick, G.A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J., Serrano, O., 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience* (online publication).

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. Seagrass Ecology. *Cambridge University Press*, pp. 298.

Lamb, J.B., van de Water, J.A.J.M., Bourne, D.G., Altier, C., Hein, M.Y., Fiorenza, E.A., Abu, N., Jompa, J., Drew Harvell, C., 2017. Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science* 355, 731-733.

Lewis, M.A., Devereux, R., 2009. Non-nutrient anthropogenic chemicals in seagrass ecosystems: Fate and effects. *Environmental Toxicology and Chemistry* 28, 644-661.

Malea, P., Mylona, Z., Kevrekidis, T., 2019. Trace elements in the seagrass *Posidonia oceanica*: Compartmentation and relationships with seawater and sediment concentrations. *Science of the Total Environment* 686, 63-74.

Röhr, M. E., Holmer, M., Baum, J. K., Björk, M., Boyer, K., Chin, D., L. Chalifour, Cimon, S., Cusson, M., Dahl, M., Deyanova, D., Duffy, J.E., Eklöf, J.S., Geyer, J.K., Griffin, J.N., Gullström, M., Hereu, C.M., Hori, M., Hovel, K.A., Hughes, A.R., Jorgensen, P., Kiriakopolos, S., Moksnes, P.-O., Nakaoka, M., O'Connor, M.I., Peterson, B., Reiss, K., Reynolds, P.L., Rossi, F., Ruesink, J., Santos, R., Stachowicz, J.J., Tomas, F., Lee, K.-S., Unsworth, R.K.F., Boström, C., 2018. Blue carbon storage capacity of temperate eelgrass (*Zostera marina*) meadows. *Global Biogeochemical Cycles* 32, 1457-1475.

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses, In: Green, E.P., Short, F. (Eds.), World atlas of seagrasses, *University California Press*, pp. 5-26.

B5.5

AS ERVAS MARINHAS ESTABILIZAM O FUNDO DO MAR, MELHORAM A QUALIDADE DA ÁGUA E ARMAZENAM CARBONO

Stankovic, M., Ambo-Rappe, R., Carly, F., Dangan-Galon, F., Fortes, M.D., Hossain, M.S., Kiswara, W., Van Luong, C., Minh-Thu, P., Mishra, A.K., Noiraksar, T., Nurdin, N., Panyawai, J., Rattanachot, E., Rozaimi, M., Soe Htun, U., Prathep, A., 2021. Quantification of blue carbon in seagrass ecosystems of Southeast Asia and their potential for climate change mitigation. *Science of the Total Environment* 783,146858.

Tasdemir, D., Scarpato, S., Utermann-Thüsing, C., Jensen, T., Blümel, M., et al., 2024. Epiphytic and endophytic microbiome of the seagrass *Zostera marina*: do they contribute to pathogen reduction in seawater? *Science of the Total Environment* 908, 168422.

Unsworth, R.K.F., McKenzie, L.J., Collier, C.J., Cullen-Unsworth, L.C., Duarte, C.M., Eklof, J.S., Jarvis, J.C., Jones, B.L., Nordlund, L.M., 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio* 48, 801–815.

Walter, R.K., O’Leary, J.K., Vitousek, S., Taherkhani, M., Geraghty, C., Kitajima A., 2020. Large-scale erosion driven by intertidal eelgrass loss in an estuarine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 243, 106910.

B5.6

ERVAS MARINHAS E SERES HUMANOS ESTÃO INDISSOCIavelmente INTERLIGADOS

Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. Principles and Concepts about Seagrasses: Towards a sustainable future for seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 173, 112936.

Balata, G., Tola, A., 2018. Cost-opportunity analysis of the use of *Posidonia oceanica* as a source of bio-energy in tourism-oriented territories. The case of Alghero. *Journal of Cleaner Production* 172, 4085e4098.

Bertelli, C.M., Unsworth, R.K.F., 2014. Protecting the hand that feeds us: Seagrass (*Zostera marina*) serves as commercial juvenile fish habitat. *Marine Pollution Bulletin* 83, 425–429.

Brodie, G. and N'Yeurt, D.R.A., 2018. Impacts of climate change on seagrasses and seagrass habitats relevant to the Pacific Islands. *Pacific 126, Marine Climate Change Report Card: Science Review*, pp 112-131

Brodie, G., Holland, E., De Ramon N'Yeurt, A., Soapi, K., Hills, J., 2020. In: Seagrasses and seagrass habitats in Pacific small island developing states: Potential loss of benefits via human disturbance and climate change, 160, 111573.

Campagne, C.S., Salles J.-M., Boissery, P., Deter, J., 2015. The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. *Marine Pollution Bulletin* 97: 391–400.

Connolly, R., Collier, C., O'Leary, J., McKenzie, L., Ambo-Rappe, R., Bandeira, S., Kiswara, W., 2020. Threats to seagrasses and ecosystem resilience, In: UNEP. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*, pp. 36-47.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253e260.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, R., Kerry T., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152–158.

Cullen-Unsworth, L.C., Unsworth, R., 2018. A call for seagrass protection. *Science* 361, 446–448.

B5.6

ERVAS MARINHAS E SERES HUMANOS ESTÃO INDISSOCIABELMENTE INTERLIGADOS

de los Santos, C.B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marbà, N., Duarte, C.M., van Katwijk, M.M., Pérez, M., Romero, J., Sánchez-Lizaso, J.L., Roca, G., Jankowska, E., Pérez-Lloréns, J.L., Fournier, J., Montefalcone, M., Pergent, G., Ruiz, J.M., Cabaço, S., Cook, K., Wilkes, R.J., Moy, F.E. Muñoz-Ramos Trayter, G., Seglar Arañó, X., de Jong, D.J., Fernández-Torquemada, Y., Auby, I., Vergara, J.J., Santos, R. 2019. Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature Communications* 10, 3356.

de los Santos, C.B., Scott, A., Arias-Ortiz, A., Jones, B., Kennedy, H., Mazarrasa, I., McKenzie, L., Nordlund, L.M., de la Torre-Castro, M., Unsworth, R.K.F., Ambo-Rappe, R., 2020. Seagrass ecosystem services: Assessment and scale of benefits. In: UNEP. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*, pp. 48-55.

Duarte, C.M., Borum, J., Short, F.T., Walker, D.I., 2008a. Seagrass ecosystems: Their global status and prospects, In: Polunin, N. (Eds.), *Aquatic Ecosystems, Cambridge University Press*, pp. 281-306.

Duarte, C.M., 2017. Reviews and syntheses: Hidden forests, the role of vegetated coastal habitats in the ocean carbon budget. *Biogeosciences* 14, 301-310.

Dunic, J.C., Brown, C.J., Connolly, R.M., Turschwell, M.P., Côté I.M., 2021. Long-term declines and recovery of meadow area across the world's seagrass bioregions. *Global Change Biology* 27, 4096-4109.

Fortes, M.D., Ooi, J.L.S., Tan, Y.M., Prathep, A., Bujang, J.S., Yaakub, S.M., 2018. Seagrass in Southeast Asia: a review of status and knowledge gaps, and a road map for conservation. *Botanica Marina* 61, 269-288.

Fortes, M., Griffiths, L., Collier, C., Nordlund, L.M., de la Torre-Castro, M., Vanderklift, M., Ambo-Rappe, R., Grimsditch, G., Weatherdon, L., Lutz, S., Potouroglou, M., 2020. Policy and management options, In: UNEP. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*, pp. 63-69.

Grech, A., Coles, R., Marsh, H., 2011. A broad-scale assessment of the risk to coastal seagrasses from cumulative threats. *Marine Policy* 35, 560-567.

Grech, A., Chartrand-Miller, K., Erftemeijer, P., Fonseca, M., 2012. A comparison of threats, vulnerabilities and management approaches in global seagrass bioregions. *Environmental Research Letters* 7, 024006.

B5.6

ERVAS MARINHAS E SERES HUMANOS ESTÃO INDISSOCIavelmente INTERLIGADOS

Green, A.E., Unsworth, R.K.F., Chadwick, M.A., Jones, P.J.S., 2021. Historical Analysis Exposes Catastrophic Seagrass Loss for the United Kingdom. *Frontiers in Plant Science* 12, 629962.

Griffiths, L.L., Connolly, R.M., Brown, C.J., 2020. Critical gaps in seagrass protection reveal the need to address multiple pressures and cumulative impacts. *Ocean and Coastal Management* 183, 104946.

Heckwolf, M.J., Peterson, A., Jänes, H., Horne, P., Künne, J., Liversage, K., Sajeve, M., Reusch, T.B.H., Kotta, J., 2021. From ecosystems to socio-economic benefits: A systematic review of coastal ecosystem services in the Baltic Sea. *Science of the Total Environment* 755, 142565.

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. Seagrass Ecology. *Cambridge University Press*, pp. 298.

IUCN Red List of Threatened Species (online, available from <https://www.iucnredlist.org/>).

Kim, D.H., Mahomoodally, M.F., Sadeer, N.B., Seok, P.G., Zengin, G., Palaniveloo, K., AKhalil, A.A., Rauf, Rengasamy, K.R.R., 2021. Nutritional and bioactive potential of seagrasses: A review. *South African Journal of Botany* 137, 216-227.

Lefcheck, J.S., Wilcox, D.J., Murphy, R.R., Marion, S.R., Orth, R.J., 2017. Multiple stressors threaten the imperiled coastal foundation species eelgrass (*Zostera marina*) in Chesapeake Bay, USA. *Global Change Biology* 23, 3474-3483.

Lopez y Royo, C., Casazza, G., Pergent-Martini, C., Pergent, G., 2010. A biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to evaluate ecological status of coastal waters. *Ecological Indicators* 10, 380-389.

Malea, P., Mylona, Z., Kevrekidis, T., 2019. Trace elements in the seagrass *Posidonia oceanica*: Compartmentation and relationships with seawater and sediment concentrations. *Science of the Total Environment* 686, 63-74.

Malea, P., Mylona, Z., Panteris, E., Kevrekidis, D.P., Kevrekidis T., 2021. Nickel uptake kinetics and its structural and physiological impacts in the seagrass *Halophila stipulacea*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 208, 111386.

Marbà, N., Dvaz-Almela, E., Duarte, C.M., 2014. Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) loss between 1842 and 2009. *Biological Conservation* 176, 183-190.

B5.6

ERVAS MARINHAS E SERES HUMANOS ESTÃO INDISSOCIABELMENTE INTERLIGADOS

Marco-Méndez et al., 2024. Evaluating the extent and impact of the extreme Storm Gloria on *Posidonia oceanica* seagrass meadows. *Science of the Total Environment* 908, 16840.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. *Island Press, Washington, DC*.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2013. Ocean literacy: The essential principles and fundamental concepts of Ocean Sciences for learners of all ages. Version 2. (Online) Available from: http://oceanliteracy.wp2.coexploration.org/?page_id=164

Nordlund, L.M., Koch, E.W., Barbier, E.B., Creed, J.C., 2016. Seagrass Ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLOS ONE* 11(10), e0163091.

Nordlund, L.M., Jackson, E.L., Nakaoka, M., Samper-Villarreal, J., Beca-Carretero, P., Creed, J.C., 2018. Seagrass ecosystem services – What’s next? *Marine Pollution Bulletin* 134, 145–151.

Orfanidis, S., Papathanasiou, V., Mittas, N., Theodosiou, T., Ramfos, A., Tsioli, S., 2020. Further improvement, validation, and application of CymoSkew biotic index for the ecological status assessment of the Greek coastal and transitional waters. *Ecological Indicators* 118, 106727.

Orth, R.J., Lefcheck, J.S., McGlathery, K.S., Aoki, L., Luckenbach, M.W., Moore, K.A., Oreska, M.P.J., Snyder, R., Wilcox, D.J., Lusk, B., 2020. Restoration of seagrass habitat leads to rapid recovery of coastal ecosystem services. *Science Advances* 6, eabc6434

Ravaglioli et al., 2024. Ocean acidification impairs seagrass performance under thermal stress in shallow and deep water. *Environmental Research* 241, 11762.

Reynolds, P.L., 2018. Seagrass and seagrass beds. Smithsonian NMNH (online, available from: <https://ocean.si.edu/ocean-life/plants-algae/seagrass-and-seagrass-beds>).

Ruiz-Frau, A., Gelcich, S., Hendriks, I.E., Duarte, C.M., Marba, N., 2017. Current state of seagrass ecosystem services: Research and policy integration. *Ocean Coastal Management* 149, 107-115.

Short, F., Neckles, H.A., 1999. The effects of global climate change on seagrasses. *Aquatic Botany* 63, 169-196

B5.6

ERVAS MARINHAS E SERES HUMANOS ESTÃO INDISSOCIavelmente INTERLIGADOS

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses, In: Green, E.P., Short, F. (Eds.), *World atlas of seagrasses*. *University California Press*, pp. 5-26.

Tan, Y.M., Dalby, O., Kendrick, G.A., Statton, J., Sinclair, E.A., Fraser, M.W., Macreadie, P.I., Gillies, C.L., Coleman, R.A., Waycott, M., van Dijk, K.-jent, Vergés, A., Ross, J.D., Campbell, M.L., Matheson, F.E., Jackson, E.L., Irving, A.D., Govers, L.L., Connolly, R.M., McLeod, I.M., Rasheed, M.A., Kirkman, H., Flindt, M.R., Lange, T., Miller, A.D., Sherman, C.D.H., 2020. Seagrass Restoration is possible: Insights and lessons from Australia and New Zealand. *Frontiers in Marine Science* 7, 617.

Tomasko, D., Alderson, M., Burnes, R., Hecker, J., Leverone, J., Raulerson, G., Sherwood, E., 2018. Widespread recovery of seagrass coverage in Southwest Florida (USA): Temporal and spatial trends and management actions responsible for success. *Marine Pollution Bulletin* 135, 1128–1137.

UNEP (United Nations Environment Programme), 2020. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*.

Unsworth, R.K.F., Cullen-Unsworth, L.C., 2014. Biodiversity, ecosystem services, and the conservation of seagrass meadows. Coastal Conservation. In: Maslo, B., Lockwood, J.L. (Eds). *Cambridge University Press*.

Unsworth, R.K.F., McKenzie, L.J., Collier, C.J., Cullen-Unsworth, L.C., Duarte, C.M., Eklof, J.S., Jarvis, J.C., Jones, B.L., Nordlund, L.M., 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio* 48, 801–815.

Unsworth, R.K.F., Cullen-Unsworth, L.C., Jones, B.L.H., Lilley, R.J., 2022. The planetary role of seagrass conservation. *Science*, 6606 pp. 609–613.

Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck Jr., K.L., Hughes, A. R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T., Williams, S.L., 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *PNAS* 106, 12377–12381.

B5.7

AS ERVAS MARINHAS ESTÃO EM GRANDE PARTE INEXPLORADAS

Brodie, G., Holland, E., De Ramon N'Yeurt, A., Soapi, K., Hills, J., 2020. In: Seagrasses and seagrass habitats in Pacific small island developing states: Potential loss of benefits via human disturbance and climate change, 160, 111573.

Fortes, M.D., Ooi, J.L.S., Tan, Y.M., Prathep, A., Bujang, J.S., Yaakub, S.M., 2018. Seagrass in Southeast Asia: a review of status and knowledge gaps, and a road map for conservation. *Botanica Marina* 61, 269–288.

Griffiths, L.L., Connolly, R.M., Brown, C.J., 2020. Critical gaps in seagrass protection reveal the need to address multiple pressures and cumulative impacts. *Ocean and Coastal Management* 183, 104946.

Hossain, M.S., Mazlan Hashim, M., 2019. Potential of Earth Observation (EO) technologies for seagrass ecosystem service assessments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 77, 15–29.

Nordlund, L.M., Jackson, E.L., Nakaoka, M., Samper-Villarreal, J., Beca-Carretero, P., Creed, J.C., 2018. Seagrass ecosystem services – What's next? *Marine Pollution Bulletin* 134, 145–151.

Tragano, D., Terauchi, G., Glavan, J., Panyawai, J., Creed, J., Weatherdon, L., McKenzie, L., Stankovic, M., Sagawa, T., Komatsu, T., Poursanidis, D., 2020. Seagrass mapping and monitoring, In: UNEP. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*, pp. 48–55.

Unsworth, R.K.F., Cullen-Unsworth, L.C., 2014. Biodiversity, ecosystem services, and the conservation of seagrass meadows. Coastal Conservation, Maslo, B., Lockwood, J.L. (Eds). *Cambridge University Press*.

Unsworth, R.K.F., McKenzie, L.J., Collier, C.J., Cullen-Unsworth, L.C., Duarte, C.M., Eklof, J.S., Jarvis, J.C., Jones, B.L., Nordlund, L.M., 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio* 48, 801–815.

Veetil, B.K., Ward, R.D., Lima, M.D.A.C., Stankovic, M., Ngoc Hoai, P., Quang, N.X., 2020. Opportunities for seagrass research derived from remote sensing: A review of current methods. *Ecological Indicators* 117, 106560.

B5.7

AS ERVAS MARINHAS ESTÃO EM GRANDE PARTE INEXPLORADAS

York, P.H., Smith, T.M., Coles, R.G., McKenna, S.A., Connolly, R.M., Irving, A.D., Jackson, E.L., McMahon, K., Runcie, J.W., Sherman, C.D.H., Sullivan, B.K., Trevathan-Tackett, S.M., Brodersen, K.E., Carter, A.B., Ewers, C.J., Lavery, P.S., Roelfsema, C.M., Sinclair, E.A., Strydom, S., Tanner, J.E., van Dijk, K.-J., Warry, F.Y., Waycott, M., Whitehead, S., 2017. Identifying knowledge gaps in seagrass research and management: An Australian perspective. *Marine Environmental Research* 127, 163e172.



DESENVOLVENDO A LITERACIA SOBRE ERVAS MARINHAS



seaquestproject.eu



**Cofinanciado pela
União Europeia**

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, da exclusiva responsabilidade do(s) autor(es) e não refletem necessariamente os da União Europeia, da Agência Nacional do Programa Erasmus+ ou do Corpo Europeu de Solidariedade. Nem a União Europeia nem a entidade que concede a subvenção podem ser responsabilizadas por eles.