

Saúde ecossistêmica: considerações e percepções sobre uma floresta de *kelp* no Estreito de Messina (Itália)

Thalassia Giaccone^{1,2} 

¹Anton Dohrn Zoological Station, Integrative Marine Ecology Department, Sicily Marine Centre. Messina, Italy.

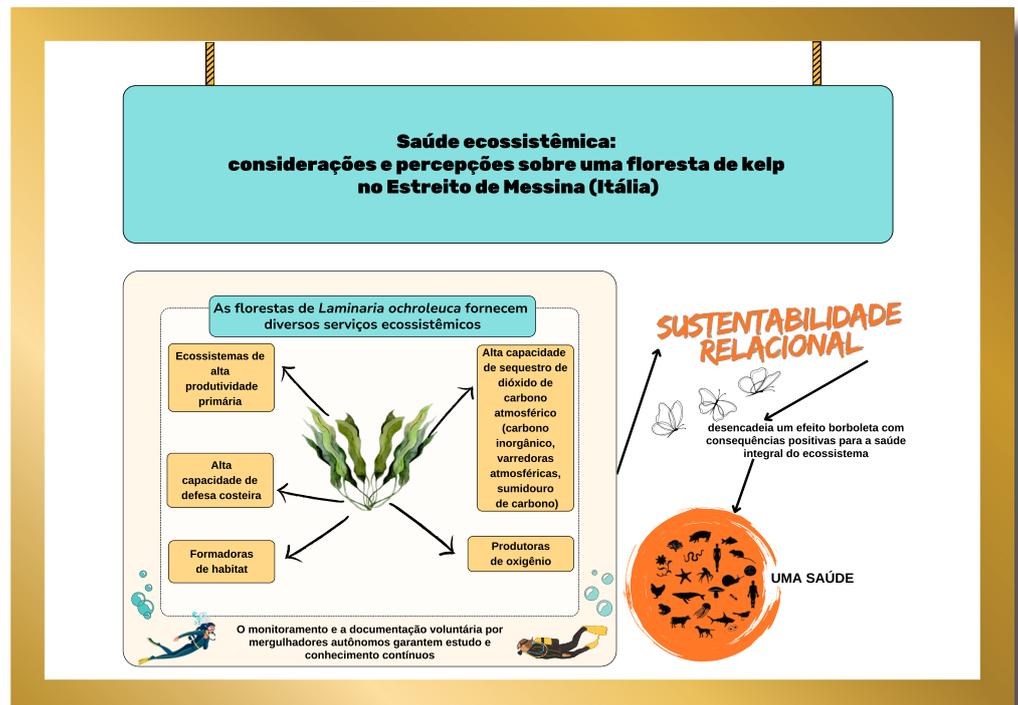
²National Biodiversity Future Center. Palermo, Italy.

E-mail: thalassia.giaccone@gmail.com

Resumo Gráfico

Highlights

- As florestas de *Laminaria ochroleuca* fornecem diversos serviços ecossistêmicos.
- A sustentabilidade relacional dessas florestas desencadeia a saúde integral do ecossistema.
- O monitoramento voluntário por mergulhadores autônomos garante estudo e conhecimento contínuos.
- O bem-estar integral das populações mediterrâneas nativas é apoiado pelas florestas subaquáticas.



Resumo

As florestas de *Laminaria ochroleuca* no Estreito de Messina e no Mar de Alborão (Mar Mediterrâneo) são verdadeiras espécies relictas atlânticas, provavelmente remontando ao Plioceno ou a períodos anteriores, que permaneceram isoladas nessas áreas do Mar Mediterrâneo devido à presença de condições químicas e físicas semelhantes às do Oceano Atlântico temperado, de onde se originam. Elas representam um habitat prioritário, ou seja, um habitat natural ao qual a Comunidade Europeia atribuiu prioridade de conservação. Essas florestas gigantes de *kelp* são espécies resilientes e altamente relacionais, estabelecendo inúmeras relações recíprocas sustentáveis com o ambiente biótico e abiótico e com as populações costeiras nativas do Mediterrâneo, fornecendo diversos serviços ecossistêmicos. As relações recíprocas e interconectadas que caracterizam os serviços ecossistêmicos dessas florestas desencadeiam um efeito dominó (ou efeito borboleta), com consequências positivas para a saúde integral do ecossistema, no qual as populações costeiras nativas estão entre as muitas espécies beneficiárias. O bem-estar de uma espécie reflete intrinsecamente o bem-estar integral de um ecossistema. Portanto, as populações costeiras nativas do Mediterrâneo devem desenvolver uma nova consciência e habilidades relacionais. Os objetivos desta contribuição científica são fornecer considerações e percepções valiosas sobre as interconexões entre os serviços ecossistêmicos das florestas de *L. ochroleuca*, apresentar dados preliminares e observações sobre as atividades de ciência e pesquisa participativa realizadas por pesquisadores e mergulhadores no Estreito de Messina, bem como abordar a saúde integral do ambiente marinho e das populações nativas mediterrâneas que vivem ao longo dessas costas.

Palavras-chave: Saúde Ambiental. Algas. Mar Mediterrâneo. Ecossistema. Populações Costeiras Nativas.

Editor de área: Edison Barbieri
Mundo Saúde. 2025,49:e17032025
O Mundo da Saúde, São Paulo, SP, Brasil.
<https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br>

Submetido: 07 janeiro 2025.

Aceito: 14 abril 2025.

Publicado: 14 maio 2025.

INTRODUÇÃO

O Mar Mediterrâneo representa apenas 0,8% da área superficial do Oceano Global, mas abriga cerca de 5% da biodiversidade mundial de animais marinhos e cerca de 16% da biodiversidade mundial de plantas marinhas. Existem várias razões para essa alta biodiversidade de plantas e animais em comparação com o Oceano Global, incluindo a presença de uma variedade de nutrientes para herbívoros, carnívoros e onívoros; a presença de organismos típicos e exclusivos, bem como de organismos capazes de tolerar pequenas variações ambientais; a sobreposição de espaços vitais dentro das comunidades; a existência de relações complexas entre organismos autossuficientes na alimentação e organismos alimentados por outros; e a presença de numerosas comunidades de organismos que vivem em ambientes com características específicas onde conseguem se reproduzir com sucesso.

Um pequeno mar, mas com grandes relações! Essas relações — sejam competitivas, predatórias ou cooperativas — são essenciais para o equilíbrio do mar. A interconexão de átomos de carbono e oxigênio entre a atmosfera e o mar liga organismos marinhos e terrestres, minerais e seres humanos. A sustentabilidade relacional, ou seja, a criação de relações recíprocas sustentáveis, é crucial para a harmonia tanto no nível mediterrâneo quanto no nível planetário.

A saúde do mar e de seus organismos reflete a saúde geral do planeta e das populações costeiras nativas do Mediterrâneo. O tema “Um Oceano, Uma Saúde” enfatiza a interconexão entre o bem-estar humano, animal e ambiental¹. Ao melhorar essas áreas de forma colaborativa, é possível criar um planeta mais saudável. Essa visão holística de “Uma Saúde” é reconhecida pelo Ministério da Saúde da Itália, pela Comissão Europeia e por organizações internacionais como uma estratégia-chave a ser implementada em diversas disciplinas. Essa abordagem atende às necessidades das populações, inclusive das mais vulneráveis, ao considerar a íntima relação entre sua saúde e a saúde do ambiente em que vivem. Leva em conta uma ampla gama de determinantes de saúde, como fatores comportamentais, socioeconômicos, culturais e ambientais, bem como condições de vida e de trabalho. Essa estratégia abrangente pode ser aplicada à prevenção de doenças, ao tratamento e à promoção da saúde tanto em nível individual quanto populacional. Essa visão holística, juntamente com o paradigma da sustentabilidade relacional,

é demonstrada na natureza pelos serviços ecossistêmicos marinhos e terrestres costeiros fornecidos pelas florestas de *L. ochroleuca*.

As florestas de *Laminaria ochroleuca* (Bachelot Pylaie, 1824) estão presentes no Mar Mediterrâneo apenas no Mar de Alborão e no Estreito de Messina². As *Laminaria* do Estreito de Messina são espécies paleoendêmicas de uma biocenose que cobria continuamente o fundo marinho das bacias centrais do Mar Mediterrâneo Ocidental durante o Neógeno, época em que predominavam as correntes temperado-quentes da região Lusitano-Senegalesa. A região temperada do Atlântico, em particular a área Lusitano-Senegalesa, bem como a área do Mar de Alborão, constituem a principal zona dessas algas pardas, enquanto aquelas do Estreito de Messina formam uma zona secundária, considerada um relicto provavelmente datado do Plioceno ou ainda mais antigo, ou seja, anterior ao fechamento dos Estreitos Rifanos Norte e Sul, que ampliou as trocas entre o Oceano Atlântico e o Mar Mediterrâneo. A peculiaridade dessa área relictiva reside na presença não apenas de espécies atlânticas isoladas, mas de associações vegetais inteiras que compartilham a mesma composição e estrutura daquelas encontradas na área Lusitano-Senegalesa do Oceano Atlântico². No Mar Mediterrâneo, as resilientes *Laminaria* do Estreito de Messina constituem fácies dentro de biocenoses bem caracterizadas por elementos florísticos e faunísticos em equilíbrio estável com os fatores ecológicos do biótopo que as abriga. A corologia das plantas na área mediterrânea foi fortemente determinada pela orogenia alpina, pela tectônica das microplacas ainda ativas e pelos fenômenos climáticos que causaram as glaciações. Em particular, a flora algal e as angiospermas marinhas deste mar só se estabeleceram firmemente após a crise evaporítica da área Messiniana, no Mioceno. Os pontos obscuros na corologia dos elementos paleoendêmicos estão ligados à falta de elementos paleobotânicos e sedimentológicos que documentem os eventos ocorridos entre o fim da bacia da Tétis II e o início da bacia oligocênica do Mar Mediterrâneo³.

As florestas de *kelp*, que incluem as florestas de *L. ochroleuca*, são espécies formadoras de habitat para uma ampla gama de flora e fauna⁴. Como formadoras de habitat, uma única planta de *kelp* fornece diretamente três habitats primários distintos: a base de fixação (*holdfast*), o caule (*stipe*) e a lâmina (*lamina*). Além disso, os epífitos (principalmente aderidos ao caule) proporcionam um habi-

tat secundário para colonização⁴. Em escalas espaciais maiores que a de uma única planta de *kelp*, múltiplos indivíduos formam extensas florestas que fornecem habitats tridimensionais para uma vasta gama de organismos marinhos. Ricos agrupamentos de plantas e animais persistem sob os dosséis de *kelp*, mitigando fatores de estresse ambiental e oferecendo abrigo e alimento⁴. *L. ochroleuca* é uma alga parda encontrada no Estreito de Messina, formando densas agregações em profundidades de 40 a 60 metros. Ela cria dois tipos de habitat: florestas com indivíduos estipitados em substratos rochosos e campos com indivíduos prostrados em substratos mistos⁵. Indivíduos estipitados possuem estruturas rígidas para se manterem eretos, enquanto indivíduos prostrados recobrem substratos arenosos. O campo de *Laminaria* prostrada começa a cerca de 48 metros de profundidade e se estende até 50–52 metros. Além dos 52 metros, o campo prostrado alterna-se com a floresta de estipitados, que se desenvolve sobre elementos rochosos e bioconstruídos. *L. ochroleuca* apresenta uma alternância de gerações, com uma fase diplóide assexuada de grande porte (esporófito) e uma fase haploide dióica microscópica (gametófito).

No sítio de Porticello, em Scilla, os períodos entre as correntes a montante e a jusante permitem a implantação dos elementos reprodutivos (esporos e zigotos), enquanto os períodos de movimento intenso garantem seu metabolismo². Essa espécie é perene, e sua força reside em sua grande resiliência, permitindo o crescimento completo em um a três anos⁵. No Estreito de Messina, *L. ochroleuca* encontra-se em plena reprodução na fase esporófitica entre abril e maio: extensos soros são encontrados no terço superior das lacínias². No final do outono, entretanto, as frondes tornam-se mais curtas devido ao destacamento das porções férteis. A perda de frondes de colônias inteiras de *Laminaria* pode, por sua vez, ser atribuída ao pastoreio por organismos herbívoros². Os povoamentos de floresta de *L. ochroleuca* no Estreito de Messina ocorrem em trechos onde há mistura periódica entre as águas superficiais do Mar Tirreno (corrente a jusante) e as águas profundas do Mar Jônico (corrente a montante). Essa mistura impede principalmente a estratificação térmica e promove a dissolução dos gases metabólicos. Além disso, a renovação contínua da “camada limite” — a fina camada de água em contato imediato com a superfície viva dessas algas — torna-se mais fina à medida que a velocidade da corrente aumenta, permitindo uma troca mais intensa de gases metabólicos e um fornecimento contínuo de novos nutrientes que sustenta

uma considerável nutrição heterotrófica e um desenvolvimento exuberante². As correntes do Estreito são do tipo pulsante, com pulsações periódicas em sincronia com as fases da maré. A expansão ou retração da espécie ao longo da costa europeia parece ser modulada principalmente pela temperatura e pelas perturbações antrópicas, embora a disponibilidade de nutrientes também seja crucial para a manutenção do desempenho fisiológico ideal⁵. O estado de saúde dos espécimes observados testemunha uma clara reversão do declínio dessa população no Mar Mediterrâneo, que perdurava há décadas.

A biodiversidade abrigada nessas florestas gigantes de *kelp* é proporcionalmente maior do que a das florestas terrestres⁴. De fato, as lâminas, os caules (*stipes*) e os rizóides dessas algas fornecem três tipos diferentes de habitats para numerosas espécies planctônicas, bentônicas e nectônicas. Para a Comunidade Europeia, de acordo com o protocolo SDM/3/6259 de 30 de julho de 2003, a associação a *L. ochroleuca* — *Cystoseiretum usneoidis* (G. Giaccone, 1972); subassociação *Laminarietosum ochroleucae* (G. Giaccone, 1994) — representa um habitat de interesse prioritário (IV.3.1.8) e, portanto, um habitat com prioridade de conservação, sendo *L. ochroleuca* uma espécie estritamente protegida, incluída no Anexo I da Convenção de Berna sobre a Conservação da Vida Selvagem e dos Habitats Naturais Europeus. O mapeamento e estudo desses habitats prioritários no Estreito de Messina são atribuídos principalmente a G. Giaccone nos anos 1960⁶, Drew, Mojo e Buta nos anos 1970^{7,8}, Di Geronimo e Giacobbe nos anos 1980⁹, e Zampino e Di Martino¹⁰, Giacobbe e Ratti¹¹, e T. Giaccone *et al.*⁵ nos anos 2000.

Os objetivos desta contribuição científica são descrever os serviços ecossistêmicos fornecidos pelas florestas de *L. ochroleuca* aos componentes bióticos e abióticos dos ecossistemas marinhos e terrestres costeiros, documentados na literatura científica, em relação aos dados preliminares e observações decorrentes da atividade de pesquisa e da ciência participativa realizada por um grupo de pesquisadores em conjunto com um centro de mergulho para estudar a floresta de *L. ochroleuca*⁵ em Porticello (Scilla – Estreito de Messina) durante o ano de 2024 (Fig. 1). Os resultados deste estudo oferecem considerações e percepções valiosas, com uma abordagem transdisciplinar, sobre as interconexões entre os serviços ecossistêmicos e a saúde integral do ambiente marinho do Estreito de Messina e das populações nativas mediterrâneas que vivem ao longo de suas costas.



Figura 1 - A Floresta de *L. ochroleuca* em Porticello (Scilla Estreito de Messina, Itália).

MATERIAL E MÉTODOS

As ferramentas de pesquisa utilizadas para a descrição, análise e discussão dos serviços ecossistêmicos de *L. ochroleuca* são bases de dados bibliográficas (contendo apenas a referência bibliográfica, às vezes um pequeno resumo do conteúdo - *abstract* - ou um *link* para o texto completo da publicação), bases de dados de texto completo (contendo não apenas a referência bibliográfica, mas também o texto completo da publicação) e bases de dados de citações (contendo não apenas a referência bibliográfica, mas também a lista de citações, ou seja, referências a outras publicações que citam a publicação, como *Scopus* ou *Web of Science*). Os dados da literatura também foram pesquisados e baixados de motores de busca e de arquivos de acesso aberto ou plataformas de redes acadêmicas como *ResearchGate* e *LinkedIn*. Esta estratégia de busca consiste em utilizar todos os termos de busca conhecidos (nome do autor, palavras do título e palavras-chave em geral), expandindo-os, redefinindo-os ou filtrando-os com base nas sugestões feitas pelas ferramentas utilizadas (catálogos/discovery, bases de

dados, arquivos de rede, etc.).

No que se refere à divulgação e comunicação científica, os dados foram extraídos das atividades de pesquisa e ciência participativa iniciadas em janeiro de 2023 e ainda em andamento. Quanto às atividades de pesquisa, foi realizada amostragem qualitativa. Quatro amostras de *L. ochroleuca* - incluindo duas com hábito estipitado e duas com hábito prostrado (quatro indivíduos diferentes) - foram coletadas por mergulhadores técnicos autônomos. Fragmentos apicais da lâmina de quatro espécimes diferentes foram colocados em gel de sílica (grânulos de 0,2-1 mm de diâmetro) para desidratação rápida, visando extrações de DNA. Um espécime foi desidratado para a confecção de um algário. A identificação das espécies foi realizada utilizando as chaves taxonômicas descritas por G. Giaccone (1969). Amostras adicionais - três de substrato duro e três de substrato móvel - também foram coletadas durante o mesmo mergulho, com vistas a uma análise qualitativa preliminar (sedimentológica, morfológica e da flora/fauna associada).

A documentação fotográfica foi realizada com uma câmera Canon G7X Mark II em um estojo Nautilcam e um *flash* Sea & Sea YS-D3, o que permitiu uma estimativa qualitativa preliminar da biodiversidade associada. As análises genéticas estão atualmente em andamento e o mapeamento da biodiversidade associada está sendo planejado, para ser implementado por meio do uso de quadrantes.

Aproximadamente cinquenta mergulhadores participaram até o momento da fase de documentação da floresta gigante de *kelp*, sendo sua participação concentrada nos meses de outono e verão. A ciên-

cia participativa neste projeto utilizou a fotografia e o vídeo como principais ferramentas para a coleta de dados pelos mergulhadores. Todos os mergulhadores possuíam certificação de treinamento em mergulho técnico e estavam equipados com câmeras subaquáticas e *flashes* externos. As redes sociais, as redes de relacionamento, os meios de comunicação tradicionais e digitais, seminários, congressos, revistas científicas e jornais têm sido os meios utilizados para divulgar os resultados obtidos até o momento tanto para a comunidade científica quanto para o público em geral.

RESULTADOS

Preciosos e numerosos são os serviços ecossistêmicos fornecidos gratuitamente pelas florestas submersas de *L. ochroleuca* aos ambientes marinho e terrestre, e, conseqüentemente, a todos os organismos vegetais e animais, bem como às populações nativas mediterrâneas que vivem ao longo das costas do Estreito de Messina, de Marrocos, de Almeria e das Ilhas de Alborão: são a concretização de relações sustentáveis e interconexões recíprocas.

As florestas submersas dessas algas gigantes são ecossistemas de alta produtividade primária, definida como a capacidade de um ecossistema de produzir carbono orgânico (na forma de glicose, ou seja, açúcar) a partir do carbono inorgânico encontrado na atmosfera (por exemplo, CO₂, dióxido de carbono). Essa propriedade é fundamental para a manutenção de baixos níveis de carbono inorgânico no ar que respiramos e para permitir o crescimento das plantas. Elas também atuam como varredoras atmosféricas, absorvendo carbono proveniente do dióxido de carbono transferido do ar para a água do mar e incorporando-o (sequestro de dióxido de carbono) em carbono orgânico, ou seja, alimento para outros organismos (biomassa). Embora atualmente não existam dados que estimem o sequestro de CO₂ atmosférico ou a produção de O₂ por essas florestas submersas, não há dúvida quanto à sua contribuição para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas localmente e para a melhoria da qualidade do ar para as populações nativas mediterrâneas que vivem ao longo das linhas costeiras.

Em particular, o ambiente marinho do Estreito de Messina é uma área preferencial de sequestro de CO₂ porque, além de ser caracterizado pelas florestas de *Laminaria*, também é influenciado por correntes de ressurgência ricas em fitoplâncton, cuja fotossíntese reduz parcialmente o CO₂ nas camadas superficiais da água, facilitando, assim, a absorção de CO₂ da atmosfera. Muitos organismos fitoplanctônicos e zooplanctônicos são compostos por estruturas de carbonato de cálcio que, ao final de seus ciclos de vida, são depositadas

no fundo do Estreito, contribuindo, dessa forma, para a estabilização do carbono em maiores profundidades.

A biomassa da *Laminaria* serve de alimento para peixes herbívoros e alguns invertebrados e, através da fragmentação das lâminas, para organismos filtradores ou detritívoros, que tendem a dominar o volume entre os rizóides e o substrato¹². Entretanto, a composição da fauna intersticial é sensível a fatores ambientais locais, como o aumento da turbidez¹³, a poluição por derramamento de óleo¹⁴ e os efluentes de esgoto¹⁴. Pode-se assumir que esses organismos assumem o papel de indicadores ambientais da saúde das águas costeiras.

O habitat proporcionado pelos rizóides da *Laminaria* é geralmente muito complexo, extenso e temporalmente estável para muitas espécies. O espaço intersticial criado entre o substrato rochoso do fundo marinho e os rizóides apterantes oferece proteção à fauna intersticial contra predadores e condições ambientais adversas; além disso, permite a acumulação de fontes de alimento e aumenta a área do substrato e, conseqüentemente, a área disponível para colonização¹⁵. A fauna associada aos rizóides de *Laminaria* é composta por invertebrados móveis, como copépodes harpacticóides, poliquetas, gastrópodes e anfípodes, bem como fauna sésil, como briozoários, bivalves e esponjas^{15,16,17,18,19,20,21,22,12}. Além disso, essas algas gigantes, devido ao seu tamanho de vários metros, atuam como engenheiras de ecossistemas, protegendo ambientes costeiros da ação intensa das ondas: elas funcionam como barreiras naturais contra ressacas e outros eventos extremos. Ademais, suas raízes retêm e acumulam sedimentos de forma eficaz^{23,28}, limitando assim a remoção de detritos em áreas altamente hidrodinâmicas¹².

A flora associada aos rizóides de *Laminaria* inclui tanto táxons de talo macio quanto táxons de estrutura calcária, juntamente com uma rica microbiota que complementa a macrobiota. Segundo G. Giaccone^{6,2}, *L. ochroleuca* prefere *Lithophyllum racemus*, *Lithothamnion fruticosum* e *Lithothamnion philippi*, enquanto *Laminaria rodriguezii* prefere *Mesophyllum*

lichenoides, *Mesophyllum expansum* e *L. philippi*⁶.

Com base no monitoramento descrito em seus trabalhos de 1969 e 1972, G. Giaccone afirma que a persistência das florestas de *L. ochroleuca* e *L. rodri-guezii* depende da persistência dessas algas calcárias (filo *Rhodophyta*). As características físico-químicas e biológicas dessas relações interespecíficas ainda não foram descritas, mas serão estudadas em breve. O caule (*stipe*) também pode hospedar vários organismos, incluindo algas epifíticas, anfípodes, gastrópodes e outros pequenos moluscos²⁶. A composição dos epífitos frequentemente varia verticalmente ao longo do caule²⁴, mostrando uma diferenciação acentuada ao longo dos gradientes abióticos²⁵. A biomassa de epífitos diminui com a profundidade, devido à atenuação da luz na coluna de água^{26,27,24}. A profundidade e as variações associadas nos níveis de luz também desempenham um papel na estruturação das comunidades epifíticas, com zonamentos distintos de diferentes espécies de algas epifíticas ao longo dos gradientes de profundidade. A lâmina fornece uma ampla área de superfície para a fotossíntese e para a colonização por uma variedade de epibiontes. Observou-se, no entanto, que uma carga pesada de epífitos indica condições de estresse, como períodos de aquecimento intenso ou alta disponibilidade de nutrientes associada a baixa luminosidade^{28,29,30}.

O briozoário invasor *Membranipora membranacea* tem sido apontado como uma das poucas – e frequentemente a única – espécies de fauna sésil associadas às lâminas de *Laminaria*³¹. Essa associação provavel-

mente se deve ao padrão de crescimento dessa espécie, que desenvolve faixas não calcificadas de zoóides, consideradas responsáveis por evitar a fratura da colônia em um substrato flexível³². A riqueza da epifauna laminar varia bastante, dependendo da espécie hospedeira e da localização. A epifauna sésil das lâminas é composta principalmente por moluscos, gastrópodes e ouriços-do-mar que se alimentam do tecido algal. Embora os impactos diretos do pastoreio possam ser relativamente menores e espacialmente limitados à superfície das lâminas, os efeitos indiretos do enfraquecimento do tecido podem favorecer a desfolha do dossel dessas algas durante tempestades intensas³³. A partir das evidências e dos exemplos de serviços ecossistêmicos, constata-se que as relações sustentáveis estabelecidas pelas florestas de *L. ochroleuca* possuem, por um lado, diversas conotações, incluindo relações baseadas em predação, competição e cooperação, e, por outro, o objetivo de promover a saúde e o bem-estar nos níveis específico, de subassociação, de biocenose e – indiretamente – de ecossistema.

A presença da floresta de *L. ochroleuca* em Scilla (Estreito de Messina) foi descrita pela primeira vez por G. Giaccone durante seu levantamento fotográfico realizado em 1969. A redescoberta da floresta de *L. ochroleuca* (Fig. 2), entre 48 e 55 metros de profundidade, em janeiro de 2023, pelo Centro de Mergulho de Scilla, representa não apenas uma descoberta extraordinária no lado calabrês do Estreito de Messina (Fig. 3), mas também uma confirmação da permanência da floresta por mais de 50 anos⁵.



Figura 2 - Localização da Floresta de *L. ochroleuca* em Porticello (Scilla - Estreito de Messina).

O conhecimento de longa data sobre o Estreito de Messina — em profundidades que variam de 0 a 80 metros — por parte desses mergulhadores profissionais permitiu o início de uma valiosa colaboração com uma equipe de pesquisadores do Centro Marinho da Sicília, do Centro Marinho de Gênova (Estação Zoológica A. Dohrn) e da Universidade de

Palermo, com o objetivo de produzir novos conhecimentos científicos, promover ações de conservação e adotar estilos de vida sustentáveis. A atividade de ciência participativa realizada por essa equipe para estudar a floresta de *L. ochroleuca* em Porticello (Scilla – Estreito de Messina) teve início em maio de 2023 e ainda está em andamento.



Figura 3 - A Floresta de *L. ochroleuca* em Porticello (Scilla – Estreito de Messina).

A ciência cidadã, ou ciência participativa, é um conceito flexível que pode ser adaptado e aplicado a diversas situações e disciplinas. O objetivo dessas atividades de pesquisa científica e ciência participativa é atualizar os estudos científicos sobre esta floresta de *L. ochroleuca* 50 anos após sua primeira descrição, no que diz respeito à atualização taxonômica, descrição morfológica, detecção de evidências locais de mudanças climáticas, caracterização sedimentológica do fundo marinho, descrição da fauna e flora associadas, avaliação dos serviços ecossistêmicos e elaboração de um documento para propor o estabelecimento de áreas protegidas neste local. Para responder a essas questões de pesquisa, a colaboração com os profissionais do Centro de Mergulho de Scilla — assim como com os mergulhadores cidadãos afiliados ao centro — tem sido e con-

tinua sendo de grande importância. Sua contribuição envolve suporte logístico e técnico durante as fases de documentação e amostragem, bem como durante a comunicação científica dos resultados por meio de eventos locais, artigos em revistas, jornais e postagens nas redes sociais. A colaboração com o Centro de Mergulho de Scilla e com mergulhadores não profissionais é crucial para o apoio logístico e técnico nas etapas de documentação, amostragem e comunicação científica. Desde maio de 2023, o projeto publicou um artigo científico, que foi apresentado em conferências internacionais, concedeu entrevistas e participou de eventos de educação ambiental. O monitoramento voluntário contínuo e a documentação por mergulhadores não profissionais garantem o estudo e o conhecimento constantes sobre a floresta de *L. ochroleuca*.

DISCUSSÃO

Ameaças e Efeito Borboleta

Atualmente, as florestas de *L. ochroleuca* no Mar Mediterrâneo estão ameaçadas principalmente pelos seguintes fatores: aumento local da temperatura da água do mar e alterações no pH (ondas de calor generalizadas no ambiente subaquático); variações na salinidade da água do mar em função do aporte de rios e córregos, mas também devido à intensidade da evaporação; turbidez da água com conseqüente redução da penetração de luz devido a despejos no mar; diversas fontes de poluição e alterações na direção e na intensidade das correntes em razão da construção de estruturas marítimas; presença de espécies exóticas herbívoras que cortam as lâminas; animais invasores que vivem nas proximidades e formam incrustações, enfraquecendo as lâminas; e algas invasoras que vivem na superfície das lâminas, reduzindo a área disponível para fotossíntese.

Na área de Scilla, as principais ameaças à floresta de *L. ochroleuca* estão relacionadas às ondas de calor subaquáticas, que nos últimos anos já causaram efeitos devastadores sobre as florestas de gorgônias. Outras ameaças incluem a alteração da salinidade da água do mar devido à presença de córregos (por exemplo, Favazzina, Oliveto, Livorno, Monacena); turbidez da água provocada por despejos no mar, resultando na redução da penetração da luz (principalmente descargas urbanas e torrenciais); arrasto ilegal (causando destruição mecânica, turbidez e dispersão de espécies exóticas); e presença de briozoários epifíticos incrustantes que reduzem a área disponível para fotossíntese.

O efeito borboleta ilustra até que ponto tudo em nosso planeta está interconectado. Mostra como as ameaças ao ambiente marinho ou o sofrimento de determinadas espécies podem, eventualmente, impactar a vida das populações costeiras nativas do Mar Mediterrâneo. Como base da teoria do caos, esse conceito sugere que até mesmo uma pequena mudança no estado inicial de um sistema pode levar a alterações significativas em todo o sistema. Esse princípio é frequentemente ilustrado pela ideia de que o bater das asas de uma borboleta na região amazônica pode desencadear uma reação em cadeia que, por fim, provoca um furacão na Flórida. Essa interconexão pode ter tanto conseqüências positivas quanto negativas, afetando dimensões pessoais e globais. O efeito borboleta pode desencadear um efeito dominó, em que eventos aparentemente não relacionados formam uma cadeia que conduz a desfechos de grande magnitude. A África, apesar de contribuir menos para as mudanças climáticas, é quem mais sofre com seus efeitos. A região mediterrânea torna-se uma zona de

fronteira climática, atravessada por muitos migrantes ambientais. Até mesmo nossa menor ação cotidiana pode contribuir para fenômenos com impactos sociais e ambientais significativos. A humanidade é, ao mesmo tempo, o problema e a solução.

Relação, reciprocidade e interconexão

A visão padrão — de que a crise climática se origina unicamente de ações antrópicas abusivas — precisa ser superada. É necessário encarar o problema a partir de uma perspectiva diferente: uma que identifique a verdadeira causa das mudanças climáticas na incapacidade da humanidade de estabelecer vínculos e/ou conexões com o meio ambiente, ou na capacidade da humanidade de, com frequência, criar vínculos e conexões abusivas e desviantes com ele.

O problema das mudanças climáticas, portanto, é um problema relacional: trata-se de uma verdadeira crise relacional entre a humanidade e o planeta, entre a humanidade e o mar. É mais do que uma crise ambiental; é uma crise socioambiental. Sua cura reside na relação, na reciprocidade e na interconexão — uma questão que conecta a humanidade ao mar, o próprio mar de onde a vida surgiu em nosso planeta há mais de 4 bilhões de anos.

Alta biodiversidade torna-se, assim, sinônimo de grande variedade de relações: predação, competição e cooperação — ou melhor, relações de reciprocidade que possuem um valor agregado de sustentabilidade por tenderem à busca de um estado integral de saúde dentro de um ecossistema comum compartilhado. Relações interespecíficas e intraespecíficas que se estabelecem para além da afinidade corológica e/ou da história biogeográfica; relações com elementos abióticos e com os parâmetros físico-químicos que caracterizam o ecossistema: todas essas relações constroem a saúde integral do ecossistema comum compartilhado — saúde integral tanto no nível individual quanto coletivo.

Definir uma planta ou animal como espécie-chave em um ecossistema é uma forma de ajudar a opinião pública a compreender a importância que uma única espécie pode ter para a sobrevivência de muitas outras. Uma espécie-chave é um organismo que mantém o sistema coeso. Sem espécies-chave, os ecossistemas seriam muito diferentes. Alguns ecossistemas talvez não consigam se adaptar às mudanças ambientais caso sua espécie-chave desapareça. Isso pode representar o fim do ecossistema, ou permitir que uma espécie invasora assumo o controle e transforme drasticamente o ecossistema em uma nova direção.

L. ochroleuca atua como espécie-chave e espécie dominante na subassociação *Laminarietosum ochro-*

leucae (G. Giaccone, 1994). A floresta formada por essas gigantes algas pardas assume o papel de centro relacional para a saúde integral da biodiversidade marinha do Estreito de Messina e do Mar de Alborão, e também para a saúde integral das populações dos territórios costeiros.

Abordagem “Uma Saúde”

Pode-se, portanto, pensar em se inspirar e olhar para o modelo de sustentabilidade relacional implementado pelas florestas de *L. ochroleuca*, focando nas relações recíprocas sustentáveis que conduzem ao bem-estar integral no nível das espécies, das comunidades, das populações marinhas e das populações nativas mediterrâneas que vivem ao longo das costas. Com base nesse modelo, poderiam ser propostos protocolos para sensibilizar sobre a importância da abordagem “Uma Saúde”; para conscientizar sobre as mudanças socioambientais locais e mediterrâneas e sobre a urgência de mudar o modelo relacional entre as populações costeiras mediterrâneas e o ambiente marinho; e para disseminar boas práticas e ações virtuosas para mitigar os impactos antrópicos existentes, que são fruto de relações insustentáveis e abusivas.

A sustentabilidade relacional é a condição necessária para o equilíbrio e a harmonia tanto no nível mediterrâneo quanto no planetário. A saúde do mar e de seus organismos marinhos reflete a saúde do planeta e da própria humanidade. A visão holística da “Uma Saúde”, juntamente com o paradigma da sustentabilidade relacional, é demonstrada na natureza pelas evidências relacionais das florestas de *L. ochroleuca*. Essas gigantes florestas de *kelp* atuam como centros relacionais sustentáveis que conduzem ao bem-estar integral no nível das espécies, das comunidades e das populações marinhas, mas também dos elementos abióticos e das populações costeiras nativas do Mediterrâneo.

As habilidades ecológicas que as populações costeiras nativas do Mediterrâneo precisam desenvolver para sobreviver — e, acima de tudo, para viver em um mundo saudável caracterizado por relações sustentáveis — estão ligadas às capacidades essenciais da Teoria U, mas vistas sob perspectivas coletivas e compartilhadas. Enquanto a inteligência humana reside nos indivíduos, a inteligência ecológica é intrinsecamente coletiva: é necessário aprender em grupo ou em comunidade a ouvir a si mesmo, aos outros e ao que emerge do sistema ambiental, ou seja, a observar, a suspen-

der o julgamento para transitar das projeções pessoais para a observação científica autêntica; a sentir com mente, coração e vontade abertas; a estar presente e a desapegar-se de tudo aquilo que é conhecido, tomado como certo ou resultante de informações incorretas, e contribuir para a criação de redes de pessoas que, por sua vez, se tornem instrumentos de processos de sensibilização e de boas práticas, transmitindo o novo paradigma da sustentabilidade relacional.

Esse novo paradigma deve servir como um protótipo para, por um lado, promover a abertura e enfrentar as resistências do pensamento, da emoção e da vontade e, por outro lado, integrar pensamentos, sentimentos e vontade no contexto de novas aplicações, e, finalmente, executar, ou seja, implementar ações que promovam a restauração ambiental a curto, médio e longo prazo por meio da contribuição de diversas redes de pessoas³⁴. Para implementar a abordagem “Uma Saúde” nas comunidades costeiras, deveria ser criada uma “Sala do Mar” imersiva e interativa no futuro Centro das Culturas Mediterrâneas em Reggio Calabria. Essa Sala do Mar permitiria que os estudantes vivenciassem virtualmente um mergulho na floresta de *L. ochroleuca* utilizando visores 360°, fomentando, assim, uma conexão emocional e empática com a biodiversidade marinha. Em seguida, seriam realizados *workshops* educativos para estudantes e suas famílias, promovendo estilos de vida sustentáveis.

As comunidades pesqueiras também seriam envolvidas para conscientizar sobre práticas de pesca sustentáveis e os benefícios econômicos de proteger os berçários de peixes juvenis abrigados pelas florestas de *kelp*. Os municípios e províncias costeiras da Sicília e da Calábria poderiam firmar pactos territoriais para combater as ameaças à floresta e enfrentar o abuso na ocupação costeira, o descarte ilegal de resíduos e o mau funcionamento dos sistemas de purificação da água.

As administrações locais, a Guarda Costeira, associações ambientais e de mergulho, pesquisadores e escolas poderiam colaborar em ações de limpeza de praias e fundos marinhos, em levantamentos de monitoramento e em projetos de ciência participativa. Mergulhadores poderiam receber treinamento especializado e certificações em ciência participativa. Os elementos-chave dessa abordagem são a corresponsabilidade, a coparticipação e a coativação para alcançar objetivos de sustentabilidade e conservação nas comunidades costeiras.

CONCLUSÃO

Pesquisas futuras devem visar, por um lado, à implementação de estudos ecológicos em níveis específico e interespecífico, tanto em ambientes marinhos

quanto terrestres, e, por outro, à multiplicação e aprofundamento dos estudos sobre as relações e interconexões entre elementos abióticos e bióticos, a fim de



propor protocolos de sensibilização e boas práticas para aumentar a conscientização das populações costeiras nativas mediterrâneas sobre as mudanças socioambientais que ocorrem localmente e em toda a área mediterrânea, bem como para sugerir ações virtuosas que mitiguem os impactos antrópicos existentes — evidências mensuráveis de relações insustentáveis e abusivas.

As atividades de pesquisa e de ciência participativa ainda estão em andamento. Estudos quantitativos para estimar a extensão da floresta, avaliar valores relacionados ao sequestro de carbono e à produção de oxigênio, avaliar a fauna e flora associadas, estimar o pastoreio e a interação com espécies exóticas invasoras, bem como identificar tendências na biodiversidade ou na saúde do ecossistema, ainda estão sendo planejados e serão implementados em breve.

Os regimes e instituições de governança internacional desempenham um papel importante na abordagem das ameaças aos ecossistemas marinhos e no combate ao seu declínio. As florestas de *kelp* têm sido amplamente invisibilizadas nos marcos de governança ambiental internacional, apesar do conhecimento científico emergente e em expansão. Para evitar declínios mais severos, são necessários esforços focados da comunidade global³⁵.

Para mitigar as ameaças à floresta de *L. ochroleu-*

ca, por meio do estabelecimento de restrições de proteção em nível mediterrâneo, é possível propor a criação de uma Área Especialmente Protegida de Importância Mediterrânea (*Specially Protected Area of Mediterranean Importance*), conforme previsto no Protocolo SPA/BD (*Specially Protected Areas/Biological Diversity*), principal instrumento de implementação da Convenção sobre Diversidade Biológica de 1992, que trata da gestão sustentável in situ da biodiversidade costeira e marinha.

As ciências naturais e sociais devem aperfeiçoar metodologias para medir a sustentabilidade, que reflète o bem-estar integral dos ecossistemas. As populações costeiras do Mediterrâneo devem transitar de um conceito egoísta de bem-estar para o conceito de bem-estar integral do ambiente marinho costeiro. A mente humana encontra dificuldades para reconhecer os vínculos entre ações humanas e impactos ambientais, pois não está naturalmente equipada para detectar ameaças menos visíveis, como o aquecimento dos mares, as alterações nas correntes, a perda de biodiversidade e a redução da penetração da luz devido a despejos. Esses perigos antrópicos frequentemente ficam abaixo do limiar da percepção humana, como um fósforo aceso em uma sala cheia de luz³⁶.

Financiamento

T.G. reconhece o apoio do Projeto financiado no âmbito do Plano Nacional de Recuperação e Resiliência (PNRR), Missão 4, Componente 2, Investimento 1.4 – Edital nº 3138 de 16 de dezembro de 2021, retificado pelo Decreto nº 3175 de 18 de dezembro de 2021 do Ministério Italiano da Universidade e Pesquisa, financiado pela União Europeia – NextGenerationEU. Código do projeto CN_00000033, Decreto de Concessão nº 1034, de 17 de junho de 2022, adotado pelo Ministério Italiano da Universidade e Pesquisa, CUP C63C22000520001, título do projeto: “Centro Nacional do Futuro da Biodiversidade – NBFC”.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os mergulhadores que ajudaram a documentar a floresta de Laminaria por meio de fotografias e vídeos. Agradeço também ao Centro de Mergulho de Scilla pelo notável apoio técnico e logístico, bem como aos meus colegas pesquisadores, Anna Maria Mannino (Universidade de Palermo) e Federica Ragazzola (Centro Marinho de Gênova – Estação Zoológica Anton Dohrn), pela colaboração nas atividades de pesquisa.

Declaração do autor CRediT

Conceituação: Giaccone, T. Metodologia: Giaccone, T. Validação: Giaccone, T. Análise formal: Giaccone, T. Pesquisa: Giaccone, T. Recursos: Giaccone, T. Redação: Giaccone, T. Redação-revisão e edição: Giaccone, T. Visualização: Giaccone, T. Supervisão: Giaccone, T. Gestão de projeto: Giaccone, T.

A autora leu e concordou com a versão publicada do manuscrito.

Declaração de conflito de interesse

A autora declara que não tem interesses financeiros concorrentes ou relações pessoais conhecidas que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

REFERÊNCIAS

1. Wilcox, B A, & Aguirre, A A. One ocean, one health. *EcoHealth*. 2004; 1; 211-212; <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0122-6>.
2. Giaccone, G. Struttura, ecologia e corologia dei popolamenti a Laminarie dello Stretto di Messina e del Mare di Alboran. *Mem. Biol. Mar. e Oceanogr.* 1972; 2; 37-59; <https://www.yumpu.com/it/document/view/15926733/pdf-universita-degli-studi-di-catania>.
3. Giaccone, G, & Geraci, R M. Biogeografia delle alghe del Mediterraneo. In *An. Jardín Bot. Madrid*. 1989; 46 (1); 27-34; <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2954355.pdf>.
4. Smale, D A, Burrows, M T, Moore, P, O'Connor, N, & Hawkins, S J. Threats and knowledge gaps for ecosystem services provided by kelp forests: a northeast Atlantic perspective. *Ecol. Evol.* 2013; 3(11); 4016-4038; <https://doi.org/10.1002/ece3.774>.

5. Giaccone, T, Ragazzola, F, Barone, P, Condemni, C & Mannino, A M. The flourishing of *Laminaria ochroleuca* in the strait of Messina (Sicily, Italy): resilience population between “Scylla and Charybdis”. *Plant Biosyst.* 2024;1-4; <https://doi.org/10.1080/11263504.2024.2326826>.
6. Giaccone, G. Note sistematiche ed osservazioni fitosociologiche sulle Laminariales del Mediterraneo occidentale. *Giorn. Bot. Ital.* 1969; 103; 457-474; <https://doi.org/10.1080/11263506909430505>.
7. Drew, EA. An ecological study of *Laminaria ochroleuca* Pyl. growing below 50 metres in the Straits of Messina. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1974; 15(1); 11-24; [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(74\)90059-8](https://doi.org/10.1016/0022-0981(74)90059-8)
8. Mojo, L, & Buta, G. Osservazione dei fondali dello Stretto di Messina mediante Tv subacquea. *Accad. Peloritana dei Pericolanti.* 1971; 50; 65-71; <https://cab.unime.it/mus/1310/>.
9. Di Geronimo, I, & Giacobbe, S. Cartes des biocenoses de Détroit de Messine. In: *Bionomie des Peuplements Benthiques des Substrats Meubles dt Rocheaus Plio-Quaternaires du Détroit de Messine.* Doc.Trav. IGAL. 1987; 11; 153-169.
10. Zampino, D, & Di Martino, V. Presentazione cartografica dei popolamenti a Laminariales dello Stretto di Messina. *Biol. Mar. Mediterr.* 2000; 7; 599-602; https://www.researchgate.net/publication/259923831_PRESENTAZIONE_CARTOGRAFICA_DEI_POPOLAMENTI_A_LAMINARIALES_DELLO_STRETTO_DI_MESSINA
11. Giacobbe, S, & Ratti, S. Unexpected recovery of *Laminaria ochroleuca* in the Strait of Messina. *Mar. Biodivers.* 2023; 53(4); 54; <https://doi.org/10.1007/s12526-023-01356-x>.
12. Schaal, G, Riera, P, & Leroux, C. Food web structure within kelp holdfasts (*Laminaria*): a stable isotope study. *Mar. Ecol.* 2012; 33(3); 370-376; <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2011.00487.x>.
13. Sheppard, C R C, Bellamy, D J, & Sheppard, A L S. Study of the fauna inhabiting the holdfasts of *Laminaria hyperborea* (Gunn.) Fosl. along some environmental and geographical gradients. *Mar. Env. Res.* 1980; 4(1); 25-51; [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(80\)90057-4](https://doi.org/10.1016/0141-1136(80)90057-4).
14. Smith, S D, & Simpson, R D. Monitoring the shallow sublittoral using the fauna of kelp (*Ecklonia radiata*) holdfasts. *Mar. Pollut. Bull.* 1992; 24(1); 46-52; [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(92\)90316-X](https://doi.org/10.1016/0025-326X(92)90316-X).
15. Ojeda, F P, & Santelices, B. Invertebrate communities in holdfasts of the kelp *Macrocystis pyrifera* from southern Chile. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1984; 16(1); 65-73; <https://www.jstor.org/stable/24816070>.
16. Norderhaug, K M, Christie, H, & Rinde, E. Colonisation of kelp imitations by epiphyte and holdfast fauna; a study of mobility patterns. *Mar. Biol.* 2002; 141; 965-973; <https://doi.org/10.1007/s00227-002-0893-7>.
17. Christie, H, Jørgensen, N M, Norderhaug, K M, & Waage-Nielsen, E. Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria Hyperborea*) along the Norwegian Coast. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* 2003; 83(4); 687-699; <https://doi.org/10.1017/S0025315403007653h>.
18. Arroyo, N L, Maldonado, M, Pérez-Portela, R, & Benito, J. Distribution patterns of meiofauna associated with a sublittoral *Laminaria* bed in the Cantabrian Sea (north-eastern Atlantic). *Mar. Biol.* 2004; 144; 231-242; <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1191-8>.
19. Anderson, M J, Diebel, C E, Blom, W M, & Landers, T J. Consistency and variation in kelp holdfast assemblages: spatial patterns of biodiversity for the major phyla at different taxonomic resolutions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 2005; 320 (1); 35-56; <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.12.023>.
20. Ríos, C, Arntz, W E, Gerdes, D, Mutschke, E, & Montiel, A. Spatial and temporal variability of the benthic assemblages associated to the holdfasts of the kelp *Macrocystis pyrifera* in the Straits of Magellan, Chile. *Pol. Biol.* 2007; 31; 89-100; <https://doi.org/10.1007/s00300-007-0337-4>.
21. Blight, A & Thompson, R. C. Epibiont species richness varies between holdfasts of a northern and a southerly distributed kelp species. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* 2008; 88(03); 469 - 475; <https://doi.org/10.1017/S0025315408000994>.
22. Christie, H, Norderhaug, K M, & Fredriksen, S. Macrophytes as habitat for fauna. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 2009; 396; 221-233; <https://www.jstor.org/stable/24874274>.
23. Moore, P G. Particulate matter in the sublittoral zone of an exposed coast and its ecological significance with special reference to the fauna inhabiting kelp holdfasts. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1972; 10(1); 59-80; [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(72\)90093-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(72)90093-7).
24. Whittick, A. Spatial and temporal distributions of dominant epiphytes on the stipes of *Laminaria hyperborea* (Gunn.) Fosl. (Phaeophyta: Laminariales) in SE Scotland. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1983; 73(1); 1-10; [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(83\)90002-3](https://doi.org/10.1016/0022-0981(83)90002-3).
25. Bartsch, I et al. The genus *Laminaria* sensu lato: recent insights and developments. *Eur. J. Phycol.* 2008; 43(1); 1-86; <https://doi.org/10.1080/09670260701711376>.
26. Marshall, W. An underwater study of the epiphytes of *Laminaria hyperborea* (Gunn.) Fosl. *Brit. Phycol. B.* 1960; 2; 18-19.
27. Allen, J C, & Griffiths, C L. The fauna and flora of a kelp bed canopy. *Afr. Zool.* 1981; 16 (2); 80-84; <https://doi.org/10.1080/02541858.1981.11447737>.
28. Guri Sogn Andersen, G S, Steen, H, Christie, H, Fredriksen, S, & Moy, F M. Seasonal Patterns of Sporophyte Growth, Fertility, Fouling, and Mortality of *Saccharina latissima* in Skagerrak, Norway: Implications for Forest Recovery. *J. Mar. Biol.* 2011; 1-8; <https://doi.org/10.1155/2011/690375>.
29. Moy, F E, & Christie, H. Large-scale shift from sugar kelp (*Saccharina latissima*) to ephemeral algae along the south and west coast of Norway. *Mar. Biol. Res.* 2012; 8(4); 309-321; <https://doi.org/10.1080/17451000.2011.637561>.
30. Smale, D A, & Wernberg, T. Ecological observations associated with an anomalous warming event at the Houtman Abrolhos Islands, Western Australia. *Coral Reefs.* 2012; 31; 441-441; <https://doi.org/10.1007/s00338-012-0873-4>.
31. Seed, R, & Harris, S. The epifauna of the fronds of *Laminaria digitata* Lamour in Strangford Lough, Northern Ireland. In *P. Roy. Irish Acad. Section B: Biol., Geol., Chem. Sci.* 1980; 91-106; <https://www.jstor.org/stable/20494353>.
32. Ryland, J S, & Hayward, P J. British Anascan Bryozoa. *Syn. Brit. Fauna.* 1977;10; 1-188; https://discovery.hw.ac.uk/primis-explore/fulldisplay?vid=44HWA_V1&search_scope=HW&tab=default_tab&docid=44hwa_alma2129256120003206&lang=en_US&context=L
33. Krumhansl, K A, Lee, J M, & Scheibling, R E. Grazing damage and encrustation by an invasive bryozoan reduce the ability of kelps to withstand breakage by waves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 2011a; 407(1); 12-18; <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.06.033>.
34. Scharmer, O. Theory U: leading from the future as it emerges. Berrett-Koehler Publishers. 2009; 1-560; https://www.researchgate.net/publication/327271123_Theory_U_Leading_from_the_Future_as_It_Emerges.
35. Valckenaere, J, Techera E, Filbee-Dexter K, Wernberg T Unseen and unheard: the invisibility of kelp forests in international environmental governance. *Front. Mar. Sci.* 2023;10; <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1235952>.
36. Goleman, D. *Ecological Intelligence.* Penguin Books. 2010;1-288; <https://www.penguin.com.au/books/ecological-intelligence-9780141924397>.

Como citar este artigo: Giaccone, T. (2025). Saúde ecossistêmica: considerações e percepções sobre uma floresta de *kelp* no Estreito de Messina (Itália). *O Mundo Da Saúde*, 49. <https://doi.org/10.15343/0104-7809.202549e17032025P>. *Mundo Saúde*. 2025,49:e17032025.