

MÓDULO 2:

O QUE SÃO FLORESTAS AZUIS?

1. Introdução

As florestas azuis referem-se a habitats costeiros e marinhos com vegetação, nomeadamente mangais, prados de ervas marinhas, florestas de kelp e sapais. Dado o seu papel fundamental e a sua eficiência no sequestro de gases com efeito de estufa que, de outro modo, provocariam alterações climáticas, são consideradas super-heróis do clima.

1.1 Porque é que lhes chamamos "florestas azuis"?

O termo "azul" significa que estes habitats, os seus ecossistemas e a natureza do seu armazenamento de carbono ocorrem perto e debaixo do mar. Em comparação, as florestas "verdes" são normalmente referidas como vegetação terrestre; assim, o carbono verde é o carbono contido na vegetação viva e no solo dos ecossistemas florestais do reino terrestre. O carbono azul, no entanto, é o carbono armazenado nos ecossistemas costeiros e marinhos.

As florestas azuis, por vezes designadas por ecossistemas de carbono azul, são únicas e fundamentais para estabilizar o clima do nosso planeta. Embora cubram apenas cerca de 4% da área terrestre total e 11% dos oceanos, estão entre os ecossistemas mais produtivos do planeta.¹ Também protegem as nossas costas das inundações, da erosão, das tempestades e dos ventos. Fornecem abrigo e alimento à vida selvagem e proporcionam meios de subsistência às comunidades.

Os mangais, as ervas marinhas e os sapais capturam e armazenam quantidades surpreendentes de dióxido de carbono em sumidouros naturais - ou seja, o carbono azul. Proteger e restaurar estes habitats de carbono azul, uma solução climática baseada na natureza, é uma forma económica de ajudar a evitar uma degradação climática perigosa, proporcionando simultaneamente outros benefícios às pessoas e ao planeta.

1.2 Florestas de mangue

Os mangais são um dos habitats mais densos em carbono da Terra, capazes de ser dez vezes mais eficazes no sequestro de dióxido de carbono por área e por ano do que as florestas boreais, temperadas ou tropicais.^{2,3} Esta floresta azul será vital para alcançar a retirada de carbono em grande escala, essencial se conseguirmos limitar o aquecimento global a 1,5 °C, tal como referido pelo Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC). Apesar da extensão mundial limitada das florestas de mangue, confinadas à isoterma de 20°C com aproximadamente 0,7 % das florestas tropicais,⁴

são sumidouros de carbono importantes a nível mundial devido à sua eficiência na assimilação de carbono, incluindo o seu armazenamento abaixo do solo. Além disso, proporcionam habitats essenciais para muitas espécies.⁵

Características dos mangais

Estima-se que os mangais cubram 147 000 km² a nível mundial. Crescem na zona costeira, entre as linhas de maré alta e baixa, e ao longo da zona intertidal banhada pelos rios, também designada por estuário. Constituem uma comunidade vegetal adaptada a um ambiente volátil, desenvolvendo adaptações específicas que lhes permitem viver em solos salgados e pobres em oxigénio. Os mangais são halófitos, o que significa que são plantas tolerantes ao sal que se desenvolvem em águas salinas, normalmente inóspitas para outras plantas lenhosas. Os mangais evoluíram para formar uma barreira que lhes permite segregar sal através dos seus poros e glândulas das folhas. Os mangais são também vivíparos, o que significa que as suas sementes germinam enquanto estão presas à árvore-mãe e podem flutuar. Os pneumatóforos, um sistema radicular respiratório, permitiram que o mangal se adaptasse à anoxia ou aos baixos níveis de oxigénio do solo circundante, dando aos mangais as suas raízes aéreas únicas e fascinantes. Evolutivamente, existem três regiões independentes de diversificação dos ecossistemas de mangais: O Sudeste Asiático, as Caraíbas e o Pacífico Oriental, e a região do Oceano Índico. *Rhizophora* e *Avicennia* são os géneros de mangais dominantes. Em 2020, estimava-se que existiam 147 359 km² de mangais em todo o mundo - dos quais 51% ocorriam na região da Ásia-Pacífico, 29% nas Américas e 20% em África.⁶

Perda de mangais

Os mangais saudáveis são barreiras naturais contra as tempestades que salvam vidas e protegem as infra-estruturas contra as tempestades mais extremas e a subida do mar, incluindo os ventos marítimos dos ciclones. Também suportam pescas essenciais, incluindo gastrópodes (caracóis e lesmas) e crustáceos (caranguejos), que sustentam a vida quotidiana de dezenas de milhões de pessoas nas zonas costeiras. No entanto, continuamos a desflorestar os mangais, atualmente reduzidos a uma taxa de 0,2 a 0,4% por ano devido, principalmente, à perda causada pelo homem e a fenómenos naturais como a erosão, as inundações e os ciclones, exacerbados pelas alterações climáticas.⁷ A produtividade do carbono é também um equilíbrio delicado com as florestas de mangue - quando os mangues são degradados ou desflorestados, as suas capacidades de sequestro de carbono são inibidas,

sendo este carbono emitido para a atmosfera. A desflorestação de mangais e outras perdas de florestas azuis representam atualmente 3-19% das emissões globais resultantes da desflorestação.⁸ Estima-se que a emissão global de CO₂ dos manguezais atinja 34,1 Tg C por ano⁹. Assim, os ecossistemas de mangais podem passar de um sumidouro de carbono para uma fonte de carbono.

1.3 Prados de ervas marinhas

As ervas marinhas são plantas marinhas com flores que se encontram em águas pouco profundas desde os trópicos até ao Círculo Polar Ártico, ocorrendo normalmente em zonas costeiras marinhas de fundo mole e estuários. As ervas marinhas são uma das florestas azuis mais difundidas do planeta, encontrando-se em 159 países de seis continentes e cobrindo mais de 300 000 km².¹⁰ Frequentemente formando extensos prados submarinos, as ervas marinhas proporcionam habitats altamente produtivos e biologicamente ricos para a vida marinha. As ervas marinhas albergam uma fauna carismática como os dugongos, os manatins, os cavalos-marinhos e as tartarugas marinhas. Podem também proteger as costas da erosão, travar a presença de agentes patogénicos na água, sequestrar e armazenar carbono e contribuir para a segurança alimentar, ajudando a manter unidades populacionais de peixes saudáveis. Isto também apoia os meios de subsistência costeiros associados à pesca e à apanha de conchas nos trópicos.

Características das ervas marinhas

Para que as ervas marinhas vivam debaixo de água, evoluíram com sucesso no Mar de Tétis do final do Cretáceo (70 a 100 milhões de anos atrás) a partir de uma linhagem de plantas de água doce (Alismatales).¹¹ Para prosperar em águas marinhas, as ervas marinhas tiveram de adquirir várias adaptações. Desenvolveram uma estrutura de ancoragem composta por rizomas e raízes, que liga os rebentos individuais através de uma rede de nós para transportar nutrientes e incentivar a formação de prados capazes de resistir à energia das ondas. Desenvolveram também um mecanismo de flutuação, de modo a que as folhas das ervas marinhas se possam manter verticalmente na coluna de água. As ervas marinhas também polinizam na água com frutos vivíparos, absorvendo nutrientes das raízes e das folhas. A nível mundial, ocorrem cerca de 70 espécies de ervas marinhas, pertencentes a quatro famílias de plantas (Zosteraceae, Posidoniaceae, Hydrocharitaceae e Cymodoceaceae).¹²

Perda de ervas marinhas

As ervas marinhas são soluções naturais robustas para as alterações climáticas e, embora cubram apenas 0,1% do fundo do oceano,¹³ As ervas marinhas armazenam cerca de 18% do carbono oceânico.¹¹ Desde o final do século XIX, quase 30% da área conhecida de ervas marinhas em todo o mundo foi perdida,¹⁴ com a degradação a atingir potencialmente 7% por ano.¹⁵ As ervas marinhas são

afectadas por vários factores de stress antropogénicos e climáticos, como a redução da luz, a poluição por nutrientes e outros tipos de poluição, o assoreamento, o impacto físico e a erosão. Os principais factores de declínio incluem o escoamento urbano, industrial e agrícola, o desenvolvimento costeiro, a dragagem, as actividades de pesca e náutica não regulamentadas e as alterações climáticas.

1.4 Sapais

Os sapais são zonas húmidas de marés com gramíneas, ervas e arbustos tolerantes ao sal que florescem entre a terra e o mar aberto. Encontram-se em baías e estuários ao longo das costas de maré em zonas do mundo com terras baixas e um clima temperado. Ocorrem em 99 países em todo o mundo,¹⁶ e estima-se que a sua extensão seja de 90 800 km².¹⁷ O fundo sedimentar é frequentemente um pré-requisito para a fixação e o crescimento dos sapais, à medida que estes evoluem de sapais jovens para sapais velhos, sendo os nutrientes também transportados pelas correntes de maré através dos canais de maré. Tal como os mangais, as espécies de sapal são halotolerantes e evoluíram para se adaptarem a águas salinas.

Características dos sapais

Quando a superfície do sapal se eleva acima do nível da água, as espécies dos sapais altos invadem, ultrapassam e substituem as plantas dos sapais baixos. As espécies vegetais mais tolerantes ao stress ocupam as zonas mais baixas dos sapais, enquanto as espécies menos especializadas e competitivas ao stress ocupam as zonas mais altas. A deposição de areia fina e de lama eleva o sapal até aos níveis mais altos da água das marés. O sapal pode então tornar-se terra firme, quase desligada do oceano. Os sapais são pantanosos porque o solo contém frequentemente lama profunda e turfa. A turfa é feita de matéria vegetal em decomposição e tem frequentemente vários metros de espessura. A turfa é encharcada, cheia de raízes e muito esponjosa. Uma vez que as marés submergem frequentemente os sapais e contêm grandes quantidades de matéria vegetal em decomposição, os níveis de oxigénio na turfa podem ser extremamente baixos - uma condição denominada hipoxia.¹⁸ A hipoxia é causada pelo crescimento de bactérias que produzem o cheiro a ovo podre sulfuroso frequentemente associado aos pântanos e lodaçais.

Perda de pântanos salgados

Historicamente, os sapais têm enfrentado ameaças significativas devido ao facto de os seres humanos reorientarem os solos ricos em nutrientes para a agricultura ou os drenarem para o desenvolvimento costeiro. Embora algumas espécies de sapal sejam altamente eficazes na filtragem dos nutrientes provenientes dos esgotos, das escorrências urbanas e dos resíduos agrícolas e industriais, nem todas estão igualmente equipadas para filtrar cargas tão elevadas de nutrientes, o que conduz à competição entre espécies e à reestruturação dos sapais, onde apenas as plantas mais

tolerantes aos nutrientes podem prosperar. A subida do nível do mar é outro fator de stress para os pântanos, uma vez que estes ficarão mais expostos a inundações provenientes de zonas de águas abertas, provocando um deslocamento para terra. Um dos principais factores de mudança para terra firme é a subida do nível do mar. À medida que o nível do mar aumenta, os sapais migram para altitudes mais elevadas para manter os regimes de inundação e vazante das marés. Este movimento permite-lhes acompanhar a subida do nível das águas e evitar serem inundados. Cerca de 50% dos sapais perderam-se nos últimos 20-50 anos.¹

Apesar dos múltiplos benefícios dos ecossistemas dos sapais, estes ecossistemas são frequentemente ignorados e pouco estudados. O conhecimento da sua variação espacial global ainda tem de ser completado. Na Noruega, por exemplo, não existia uma terminologia oficial para os sapais até 2020, o que tem implicações para a monitorização e a proteção destes ecossistemas.

1.5 Florestas de algas

As kelps, ou macroalgas gigantes/algas marinhas, são muitas vezes deixadas de fora dos debates sobre o carbono azul porque a contabilização do destino a longo prazo do carbono que armazenam pode ser muito difícil. Além disso, as kelps crescem frequentemente em zonas costeiras rochosas com uma acumulação mínima de solo rico em carbono. As kelp são um dos ecossistemas de vegetação marinha mais extensos do mundo,¹⁹ que se encontram em cerca de um quarto das costas mundiais, desde as regiões polares às regiões temperadas. Formam florestas espessas e tridimensionais que abrigam diversas espécies marinhas, incluindo invertebrados, peixes e mamíferos marinhos como elefantes marinhos, lontras marinhas e leões marinhos. As florestas de kelp também podem ser consideradas florestas azuis devido à sua capacidade de armazenamento de carbono. No entanto, o processo pelo qual as algas armazenam carbono é muito diferente do das florestas azuis, uma vez que as algas não têm raízes e sedimentos por baixo delas - em vez disso, têm fixações que são utilizadas para se prenderem a rochas e outros substratos duros. Embora as algas possam armazenar carbono na biomassa em pé, a maior parte do carbono que as algas sequestram é exportado para outros locais à medida que os pedaços de algas se partem e se afastam para diferentes ecossistemas costeiros com vegetação, sedimentos próximos na plataforma costeira e o oceano profundo. Enterrado em sedimentos profundos do fundo do mar, o carbono das algas pode permanecer durante milhares de anos.

Características da alga marinha

Itima-se que as algas tenham tido origem há cerca de 100 milhões de anos.¹⁹ Necessitando da luz do sol para fazer fotossíntese, a maioria das florestas de kelp encontra-se desde a borda da água até 25 metros de profundidade.¹⁹ Para além da luz solar e do dióxido de carbono, as algas também necessitam de nutrientes inorgânicos, como o nitrato e o fosfato. Crescendo a uma

velocidade espantosa, até uma média de 5% por dia,²⁰ as algas consomem muito dióxido de carbono, revelando o potencial oculto de sequestro de carbono azul. As algas evoluíram através de uma evolução convergente, o que significa que diferentes grupos desenvolveram independentemente estruturas semelhantes, como lâminas, estipes e esporângios - um tipo de estrutura reprodutiva.

Perda de algas

As algas estão a enfrentar um declínio global na abundância de 1,8% por ano.²¹ As actividades humanas, como a sobrepesca, a poluição e as alterações climáticas, são factores de stress significativos para as florestas de kelp. Outros factores de stress importantes resultam da redução da qualidade da água através da eutrofização, da poluição, da sedimentação e do escurecimento dos oceanos, em parte devido ao escoamento de água doce proveniente da agricultura e da indústria. Normalmente, as florestas de algas só sobrevivem em águas frias, e o aumento da temperatura da água provocado pelas alterações climáticas pode impossibilitar a adaptação das algas e de outras espécies marinhas. A desflorestação das algas pode também ser atribuída à sobrepesca de predadores de topo que se alimentam de ouriços-do-mar. Quando esta cadeia alimentar é interrompida, os ouriços-do-mar podem pastar as florestas de kelp até estas ficarem estéreis. Apesar das tendências globais de declínio, existe uma grande variação regional no estado das florestas de kelp. Nalgumas regiões temperadas com factores de pressão climática menos intensos, as populações de algas não registaram um declínio. Nalguns casos, estes factores de pressão foram mesmo favoráveis a certas espécies.

2. O que é o "carbono azul"?

O carbono azul é o carbono capturado pelos ecossistemas oceânicos e costeiros do mundo. O carbono azul é um termo cunhado em 2009 para chamar a atenção para a degradação dos ecossistemas marinhos e costeiros e para a necessidade de os conservar e restaurar para mitigar as alterações climáticas e os outros serviços ecossistémicos que prestam.²² Os mangais, os sapais e as ervas marinhas são ecossistemas de carbono azul estabelecidos, uma vez que têm frequentemente elevadas reservas de carbono, suportam o armazenamento de carbono a longo prazo, oferecem o potencial de gerir as emissões de gases com efeito de estufa e apoiam outras políticas de adaptação em todo o mundo. Alguns ecossistemas marinhos não satisfazem os critérios críticos de inclusão no quadro do carbono azul (por exemplo, peixes, bivalves e recifes de coral). Outros apresentam lacunas na compreensão científica das reservas de carbono ou dos fluxos de gases com efeito de estufa. Atualmente, o potencial de gestão ou de contabilização do sequestro de carbono é limitado (macroalgas e fitoplâncton), mas estes ecossistemas poderão ser considerados ecossistemas de carbono azul no futuro, quando estas lacunas forem colmatadas

2.1 Sequestro de carbono

O sequestro de carbono consiste na captura, remoção e armazenamento de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera terrestre e na sua acumulação nos ecossistemas terrestres e marinhos. O carbono é a base de toda a vida na Terra. O carbono ajuda a regular a temperatura da Terra, torna possível toda a vida, é um ingrediente crucial nos alimentos que nos sustentam e fornece uma fonte de energia significativa para alimentar a nossa economia global.

Relativamente ao sequestro de carbono, os oceanos são absorvedores altamente eficientes de CO₂. Absorvem cerca de 30% do CO₂ emitido pela atmosfera terrestre.²³ Este carbono é mantido principalmente nas camadas superiores dos oceanos. O sequestro de carbono pode evitar que novas emissões contribuam para o aquecimento do planeta. Pode ocorrer de duas formas principais: biologicamente - nos oceanos, nas florestas e no solo - ou geologicamente. As florestas azuis desempenham um papel essencial na atenuação das alterações climáticas, capturando e sequestrando o carbono da atmosfera.

As florestas azuis são um pequeno (em termos de extensão) mas poderoso sumidouro (ou fonte, se degradadas ou perdidas) de carbono, uma vez que os solos e a vegetação destes ecossistemas costeiros pouco profundos armazenam coletivamente entre 10 e 24 mil milhões de toneladas métricas de carbono.²⁴ Uma quantidade significativa do carbono enterrado nos sedimentos costeiros fora das zonas com vegetação também provém dos ecossistemas de carbono azul, uma vez que as correntes transportam matéria orgânica para mais longe na plataforma costeira. Assim, mesmo sem contar com as algas e outras macroalgas, os ecossistemas de carbono azul são responsáveis por cerca de metade do carbono total enterrado anualmente nas zonas costeiras dos oceanos.

2.2. Carbono azul e florestas azuis

O carbono azul refere-se mais frequentemente ao papel que os pântanos de maré, os mangais e as ervas marinhas podem desempenhar no sequestro de carbono. No entanto, o carbono azul também inclui o carbono armazenado nas águas oceânicas profundas, onde se encontra a grande maioria do carbono oceânico. Estes ecossistemas podem contribuir para a atenuação das alterações climáticas e também para a adaptação baseada nos ecossistemas. Quando os ecossistemas de carbono azul se degradam ou se perdem, voltam a libertar carbono para a atmosfera.

As florestas azuis capturam o CO₂ da atmosfera, sequestrando o carbono nos sedimentos subjacentes, na biomassa acima e abaixo do solo e na biomassa morta. Embora os ecossistemas costeiros com vegetação cubram menos área e tenham menos biomassa acima do solo do que as plantas terrestres, podem ter um impacto potencial no sequestro de carbono a longo prazo, particularmente nos sumidouros de sedimentos. Uma das principais preocupações com o carbono azul é o facto de a taxa de perda destes ecossistemas marinhos

críticos ser muito mais elevada do que a de qualquer outro ecossistema do planeta, mesmo em comparação com as florestas tropicais. As estimativas actuais sugerem uma perda de 2-7% por ano, o que representa não só a perda de sequestro de carbono e a emissão do carbono armazenado de volta para a atmosfera, mas também a perda de habitat, que é importante para a gestão do clima, a proteção costeira, a saúde humana e a segurança alimentar.²⁵

Referências

1. Himes-Cornell, A., Pendleton, L., & Atiyah, P. (2018). Valuing ecosystem services from blue forests: A systematic review of the valuation of salt marshes, seagrass beds, and mangrove forests. *Ecosystem Services*, 31, 69-82. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.006>
2. Wylie, L., Sutton-Grier, A.E., & Moore, A. (2016). Keys to successful blue carbon projects: Lessons learned from global case studies. *Marine Policy*, 65, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.12.020>
3. Fourqurean, J., Duarte, C., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M.A., ... & Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5(7), 505-509. <https://doi.org/10.1038/ngeo1477>
4. Donato, D., Kauffman, J., Murdiyarto, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5), 293-297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>
5. United Nations Environment Programme. (2023). Decades of Mangrove Forest Change: What Does it Mean for Nature, People, and the Climate?. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/42254>
6. Bunting, P., Rosenqvist, A., Hilarides, L., Lucas, R.M., Thomas, N., Tadono, T., ... & Rebelo, L.-M. (2022). Global Mangrove Extent Change 1996–2020: Global Mangrove Watch Version 3.0. *Remote Sensing*, 14(20), 3657. <https://doi.org/10.3390/rs14153657>
7. Hamilton, S.E., & Casey, D. (2016). Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography*, 25(6), 729-738. <https://doi.org/10.1111/geb.12449>
8. Pendleton, L., Donato, D., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S., ... & Gordon, D. (2012). Estimating global "blue carbon" emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLOS ONE*, 7(9), e43542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542>
9. Judith A. Rosentreter, D.T. Maher, D.V. Erler, R. Murray, B.D. Eyre, (2018). Seasonal and temporal CO₂ dynamics in three tropical mangrove creeks – A revision of global mangrove CO₂ emissions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 222, 729-745. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2017.11.026>

10. United Nations Environment Programme. (2020). Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. UNEP, Nairobi.
11. Larkum, A.W.D., Waycott, M., & Conran, J.G. (2018). Evolution and Biogeography of Seagrasses. In A. Larkum, G. Kendrick, & P. Ralph (Eds.), *Seagrasses of Australia* (pp. 1-16). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71354-0_1
12. Frederick T. Short, Beth Polidoro, Suzanne R. Livingstone, Kent E. Carpenter, ... & Yuyu A. La Nafie (2011). Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation*, 144(7), 1961-1971. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.04.010>
13. 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(3), GB4032. <https://doi.org/10.1029/2010GB003793>
14. Greiner, J.T., McGlathery, K.J., Gunnell, J., McKee, B.A. (2013). Seagrass Restoration Enhances "Blue Carbon" Sequestration in Coastal Waters. *PLOS ONE*, 8(8), e72469. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072469>
15. Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J., Orth, R.J., Dennison, W.C., ... & Williams, S.L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(30), 12377-12381. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905620106>
16. Mcowen, C.J., Weatherdon, L.V., Bochove, J.V., Sullivan, E., Blyth, S., ... & Stanwell-Smith, D. (2017). A global map of saltmarshes. *Biodiversity Data Journal*, 5, e11764. <https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e11764>
17. Murray, N.J., Worthington, T.A., Bunting, P., Duce, S., Hagger, V., Lovelock, C.E., ... & Lyons, M.B. (2022). High-resolution mapping of losses and gains of Earth's tidal wetlands. *Science*, 376(6659), 744-749. <https://doi.org/10.1126/science.abm9583>
18. United Nations Environment Programme. (2021). 5 "blue forests" that are vital to life on Earth. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/5-blue-forests-are-vital-life-earth>
19. United Nations Environment Programme. (2023). *Into the Blue: Securing a Sustainable Future for Kelp Forests*. Nairobi. ISBN No: 978-92-807-4007-3
20. Churchill, M. (2021). Kelp Deforestation: Threats to our underwater forests. <https://www.themarinediaries.com/tmd-blog/kelp-deforestation-threats-to-our-underwater-forests>
21. Thomas Wernberg, Kira Krumhansl, Karen Filbee-Dexter, Morten F. Pedersen, (2019). Status and Trends for the World's Kelp Forests. In C. Sheppard (Ed.), *World Seas: An Environmental Evaluation (Second Edition)* (pp. 57-78). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00003-6>.
22. Lovelock, C., & Duarte, C. (2019). Dimensions of Blue Carbon and emerging perspectives. *Biology Letters*, 15(12), 20180781. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0781>
23. NOAA. (2021). Ocean acidification. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification>
24. Scott, M., & Lindsey, R. (2022). Understanding blue carbon. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/understanding-blue-carbon>
25. Bryan, T., Virdin, J., Vegh, T., Kot, C.Y., Cleary, J., & Halpin, P.N. (2020). Blue carbon conservation in West Africa: A first assessment of feasibility. *Journal of Coastal Conservation*, 24(8), 8. <https://doi.org/10.1007/s11852-019-00722-x>

