



DISCUSSÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DESEMPENHADOS POR MARISMAS

RODRIGO MARCELINO SARTOR; LARA DA SILVA

RESUMO

Marismas são compostas por bancos de gramíneas herbáceas tolerantes a salinidade. A cobertura destas plantas desempenha um papel fundamental nos padrões de distribuição da fauna marinha, tal como, na manutenção de fatores abióticos nos ecossistemas costeiros. Marismas são caracterizadas como um dos mais importantes sumidouros de carbono do planeta, capazes de fixar carbono a uma taxa de 55 vezes mais rápida que as florestas tropicais úmidas. Apesar dos diversos serviços ecossistêmicos prestados, e importante área de fixação de carbono, as marismas tem sofrido rápido declínio global, particularmente devido à conversão da paisagem para habitação e agricultura. Ao mesmo tempo as mudanças climáticas veem aumentado em intensidade e, portanto, tornam necessário a busca de medidas de mitigação e adaptação aos impactos gerados. Para tal, a compreensão sobre como os fatores climáticos interagem com o meio biótico e social é fundamental. Mediante a esta preocupação, neste trabalho será tratado dos temas mudanças climáticas, serviços ecossistêmicos e marismas, destacando a partir de uma abordagem sistemática, os principais efeitos das mudanças do clima sobre bancos vegetados de marismas, partindo de uma perspectiva atual para o momento (2022). Nesse estudo foram levantados 06 tipos de serviços ecossistêmicos afetados pelas mudanças climáticas. Houve uma maior preocupação com serviços relacionados ao controle da biodiversidade marinha e função de barreira natural. A maior parte dos artigos analisados mostra situações de simulação e restauração de ecossistemas de marismas já em condições de degradação. Entretanto, de modo geral os resultados evidenciam o importante papel das marismas para manutenção de ambientes costeiros, combate as mudanças climáticas e conservação dos diversos serviços ecossistêmicos.

Palavras-chave: Bancos vegetados; Estoque de CO²; Degradação ambiental; Aumento do nível do mar; Biodiversidade.

1 INTRODUÇÃO

Marismas são gramíneas herbáceas tolerantes a salinidade, capazes de formarem grandes emaranhados. A cobertura destas plantas desempenha um papel fundamental nos padrões de distribuição da fauna marinha, tal como, na manutenção de fatores abióticos nos ecossistemas costeiros. Dentre outras características marcantes, marismas ainda são conhecidas como um dos mais importantes sumidouros de carbono do planeta, capazes de fixar carbono a uma taxa de 55 vezes mais rápida que as florestas tropicais úmidas (SOUSA et al., 2017). Além disso, a fixação global de carbono também excede de florestas tropicais (MCLEOD et al., 2011). Estas taxas são particularmente elevadas se considerado que as marismas ocupam apenas uma pequena fração (0,1-2%) da área terrestre total das florestas tropicais (SOUSA et al., 2017).

Utilizando uma nova perspectiva de pensamento atual, o horizonte dos serviços ecossistêmicos nos mostra a relação entre as funções naturais desempenhadas por marismas às pessoas. Dentre os possíveis serviços ecossistêmicos prestados por essas formações vegetadas que podemos destacar, está a regulação de diversos processos costeiros, como controle da erosão, redução dos impactos de ondas e tempestades, e berçário de muitas espécies capturadas como recursos econômicos (MACREADIE et al., 2012).

Sobretudo, apesar dos diversos serviços ecossistêmicos prestados e importante área de fixação de carbono, as marismas tem sofrido rápido declínio global, particularmente devido à conversão da paisagem para habitação e agricultura (PEREIRA et al., 2021). Ao mesmo tempo, e em contraponto ao desenvolvimento desenfreado, as mudanças climáticas veem aumentando em intensidade e, portanto, tornam necessário a busca de medidas de mitigação e adaptação aos impactos gerados.

Segundo o último relatório do IPCC, o planeta vem passando por um longo período de aquecimento, sendo o principal fator alarmante para o surgimento de diversos problemas socioambientais (IPCC, 2021). Diante disto, percebemos que quanto maior o aquecimento, maior a frequência e intensidade de eventos extremos e mais provável é que agora eventos raros se tornem relativamente comuns (ROCHA, 2021). Partindo da perspectiva de que existem várias atividades humanas que atualmente ameaçam a manutenção da biodiversidade do planeta em suas esferas terrestres e aquáticas (DIAZ et al., 2019), a compreensão sobre como os fatores climáticos interagem com o meio biótico e social é fundamental.

Mediante a esta preocupação, neste trabalho discutiremos a partir de uma abordagem bibliográfica sistemática, quais os efeitos das mudanças climáticas sobre os serviços ecossistêmicos prestados por bancos vegetados de marismas, em uma perspectiva mais atual para o momento (2022). Ainda assim, por serem destacadas como um dos principais estoques de carbono do planeta, testamos se a maior parte dos estudos envolvendo marismas e os efeitos das mudanças climáticas está atrelado a sua tão relatada funcionalidade de capturar carbono atmosférico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi contextualizado a partir de uma abordagem bibliográfica sistemática. Na Figura 1 temos a representação dos processos utilizados para obtenção dos dados deste estudo.

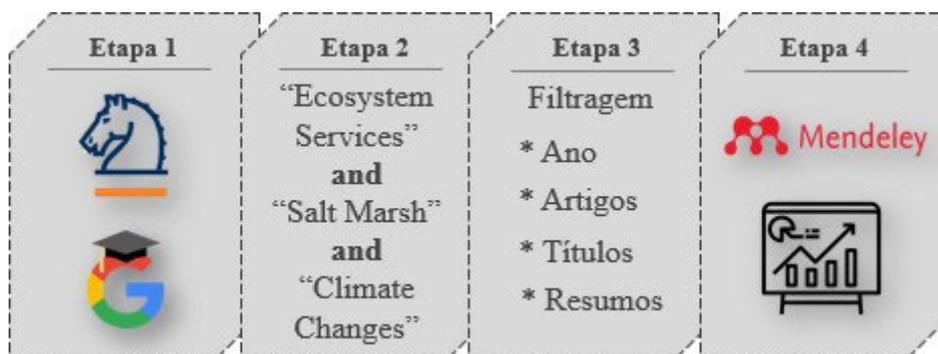


Figura 1: Exemplificação do processo utilizado para coleta de dados.

Inicialmente foram selecionadas as bases de pesquisa, composto, portanto, por uma revista (Springer) e um periódico (Google Scholar), para estar realizando a busca das publicações. Em segunda etapa, foram aplicadas as palavras de busca “Ecosystem Services”, “Salt Marsh” e “Climate Changes”, utilizando-se das aspas em cada termo e do operador and, para que houvesse a correlações dos termos nos trabalhos selecionados. Com intuito de priorizar

trabalhos com a mesma linha de formatação e determinar o tempo de abordagem, na terceira etapa foram aplicados filtros limitando o tipo de publicação (apenas artigos) e ano de publicação (2022 – ano completo mais atual para o momento).

Do total de artigos selecionados, foram coletados de cada base de pesquisa apenas os 05 primeiros que estavam dentro do contexto abordado. Depois da obtenção dos artigos, foi realizada a leitura dos títulos e abstracts na qual o autor atuou como filtro na seleção dos artigos, destacando os que realmente tratavam do tema do estudo. Na quarta etapa, finalmente os textos foram lidos em sua totalidade, possibilitando sintetizar os trabalhos obtidos por meio de comparação, extraindo todas as informações de forma sistemática a partir de leitura no software Mendeley.

Após a coleta e leitura dos artigos, foi realizada análise de semelhança no software *Visualizing Similarities Objects* (VOSviewer), para facilitar a compreensão das relações entre os artigos selecionados. Essa semelhança é dada pela distância entre os fatores, sendo assim, variáveis mais dissimilares tendem a apresentar maior distância entre si. Esta análise foi realizada a partir da coocorrência de termos importantes encontrados nos títulos e abstracts de cada artigo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi levantado o total de 6.433 publicações, obtidas em uma primeira busca nas bases de dados. Após a aplicação dos filtros (tipo de publicação e tempo) restaram 156 artigos, que tiveram seus títulos e abstracts analisados, possibilitando a seleção e padronização do total de artigos a serem selecionados, contanto portanto com 10 artigos adequados. Os números de publicações por bases de dados em cada etapa de busca podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de artigos levantados em cada uma das etapas de seleção.

Filtros e Etapas	Base de dados	
	Google Scholar	Springer
Palavras-Chave	1.230	5.203
Artigos	95	2.356
2022	63	93
Títulos & Abstracts	5	5
Total		10

Entre o total de artigos selecionados, foi possível levantar 07 revistas diferentes. Entre as revistas, duas obtiveram os maiores números de artigos publicados sobre o tema, expressando de forma conjunta 50% dos artigos levantados. A revista inglesa *Estuaries and Coasts* apresentou o maior número de publicação, exibindo 30% dos trabalhos obtidos (03 - artigos). A segunda revista mais representativa foi *Ecological Engineering*, com apenas 02 artigos (20%). As demais revistas obtiveram somente 01 artigo publicado.

A análise de coocorrência de termos importantes, mostrou que os trabalhos abordam os temas “mudanças climáticas”, “marismas” e “serviços ecossistêmicos” com diferentes perspectivas de enquadramento. Na Figura 2, é possível observar que a análise por VOSviewer mostrou a separação de cinco clusters distintos e interligados, distribuídos de acordo com a semelhança entre os temas trazidos pelos artigos analisados.

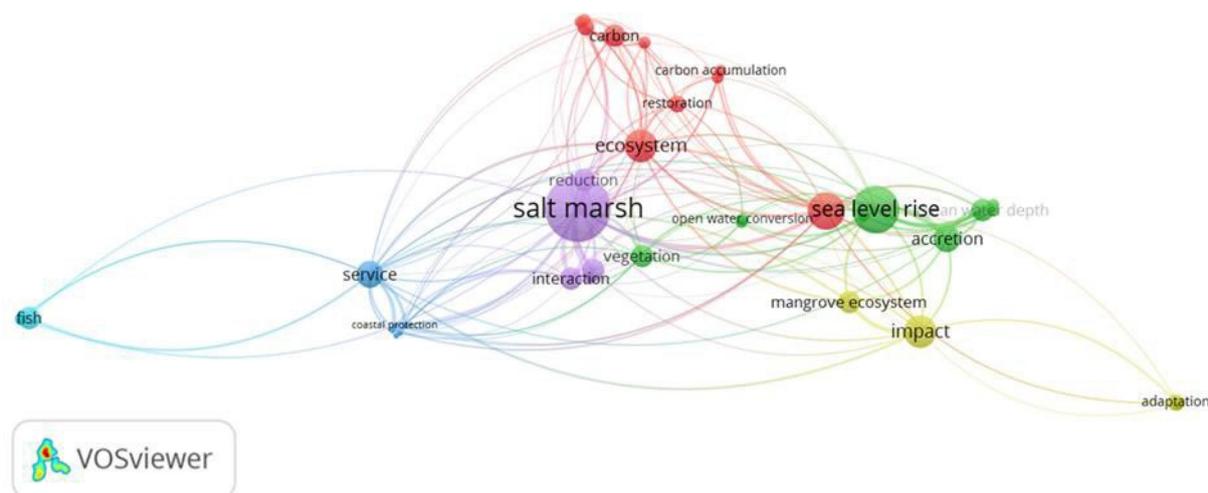


Figura 2: Análise de coocorrência dos termos importantes encontrados nos títulos e abstracts de cada um dos 10 artigos.

O primeiro (cluster 1 - roxo) é mais representativo na correlação entre os artigos, enfatiza o principal termo abordado (*salt marsh*), destacando o perfil de similaridade entre os trabalhos. Grande parte dos artigos tratam de efeitos anômalos sobre as marismas, como o processo de redução (*reduction*) de sua cobertura vegetal (BESTERMAN et al., 2022; Figura 2). Além disto, outras abordagens, envolvem os tipos de interações deste ecossistema com os efeitos das mudanças climáticas (PAUL et al., 2022; MORITSCH et al., 2022) ou processos de degradação e restauração ambiental (BESTERMAN et al., 2022; BILLAH et al., 2022).

No cluster 2 (verde), já observamos certo direcionamento a diferentes tipos de estudo. Neste grupo (cluster 2) pode-se constatar que a maior parte dos artigos procuraram destacar um dos principais efeitos relacionados as mudanças do clima, como o aumento do nível dos mares (*sea level rise*; Figura 2). Estudos como o de Dang et al. (2022), investiga a fundo os efeitos da elevação dos mares ao longo do tempo, partindo da elaboração de modelagens até a relação com processos e serviços ecossistêmicos prestados por esses ambientes.

O terceiro cluster (vermelho) destaca as implicações de eventos climáticos e métodos de restauração ambiental, diretamente ligados ao armazenamento de carbono por marismas. Em Paul et al. (2022) e Moritsch et al. (2022) essa abordagem é tratada de duas formas, primeiro simulando o aumento do CO² para criar um cenário de mudanças bruscas no clima, ou mesmo, avaliando a funcionalidade de armazenamento de CO² mediante a eventos catastróficos como o aumento do nível do mar. De outro modo, ainda é possível visualizar que parte dos trabalhos envolvendo o armazenamento de CO² por marismas, emergem da necessidade de entender o papel destes ecossistemas no combate as mudanças climáticas. Diante disto, estudos como o Soares et al. (2022), propõem discutir as lacunas de conhecimento sobre o papel dos ecossistemas aquáticos e seus micro-habitats (marismas e outros) na captura de carbono, tratando de temas como conservação e manutenção de ecossistemas dentro da iniciativa de carbono azul (*Blue carbon*).

O cluster 4 retratado pela cor amarela, apresenta conceitos diretamente ligados aos impactos (*impact*) sobre ecossistemas vegetados, possíveis métodos de adaptação (*adaptation*) e restauração. Um bom exemplo é o caso de Besterman et al. (2022), que apresenta uma síntese de discussões e resultados sobre avanços promissores, no combate ao processo de degradação de marismas em locais onde os níveis de mar já sobreem os limites esperados.

Por fim, o cluster 5 (azul) traz a perspectiva dos reais impactos desta crise ambiental moderna (mudança climática), sobre os serviços prestados por bancos vegetados as comunidades costeiras. Neste agrupamento podemos observar que o conceito serviço (*service*) está ligado a fontes biológicas de subsistência econômica (*fish*) e proteção física dos

ecossistemas costeiras (*coastal protection*; Figura 2). Tendo conhecimento desta importância, Guthrie et al. (2022) mostra uma viável alternativa para a gestão destes ecossistemas em ambientes costeiros, a partir dos esforços de criação (cultivo) e restauração destes bancos de marismas.

Ainda a partir da leitura dos artigos selecionados, foi realizado a busca por serviços ecossistêmicos desempenhados pelas marismas, quais são afetados pelos efeitos das mudanças climáticas. Este levantamento foi realizado a partir da contextualização de cada problemática aborda individualmente pelos artigos. Foi possível levantar, 06 tipos diferentes de serviços ecossistêmicos ao longo dos trabalhos (Controle da biodiversidade; Controle de variáveis abióticas; Estoque de CO₂; Proteção física; Controle hidrodinâmico e Qualidade de água), quais foram posteriormente sintetizados, de acordo com sua representação numérica de menções (Figura 3).

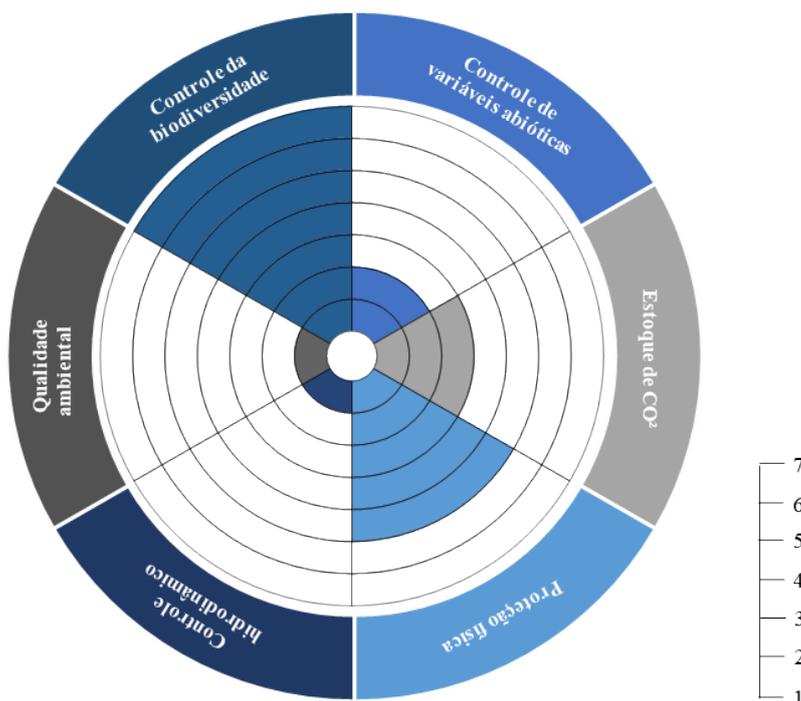


Figura 3: Representação numérica dos serviços ecossistêmicos de acordo com o aparecimento contextual nos 10 artigos analisados.

Dos 06 tipos de serviços destacados, o controle da biodiversidade foi o mais abordado, sendo representado pelo total de 07 dos artigos analisados (Figura 3). A proteção física foi a segunda mais evidente entre os serviços afetados por eventos climáticos, sendo mencionado por 05 artigos. As marismas atuam nos processos de formação e decomposição da matéria orgânica, influenciando na ciclagem de nutrientes e gerando detritos que podem contribuir decisivamente para a formação da base da cadeia alimentar de ambientes costeiros, sendo fundamental para a produção secundária do local e de ambientes adjacentes (SHAO et al., 2013). Guthrie et al. (2022) mostra que o manejo em ecossistemas de marismas, têm estreita relação com o aumento da biomassa de espécies de peixes e outros organismos associados.

Por outro lado, a manutenção das marismas também serve de suma importância para o controle físico de ambientes costeiros. Bancos de marismas costumam mostrar alta resistência a eventos extremos de tempestade, ação de ondas e controle aos processos de erosão costeira (KOSMALLA et al., 2022). Pressupondo o estudo de Dang et al. (2022), os cenários de aumento do nível dos mares são relativamente preocupantes para a sobrevivência e fixação de novos bancos de marismas. A perda de marismas pode afetar negativamente a adaptação às mudanças

climáticas e ao aumento do nível do mar, pois os serviços prestados por esses ecossistemas são essenciais para minimizar o impacto de eventos extremos (MORITSCH et al., 2022).

Outros serviços afetados foram, capacidade de estoque de CO² (3-artigos) e o controle de variáveis abióticas como temperatura e salinidade (2-artigos; Figura 3). Alguns dos artigos abordados já testam a resiliência dos ecossistemas de marisma sobre fortes pressões de CO² e altas temperaturas, simulando os eventos intensificados das mudanças climáticas (PAUL et al., 2022). Mesmo sendo pouco mencionado neste estudo, a necessidade de compreender como as mudanças climáticas afetarão o sequestro de carbono, é uma prioridade de pesquisa, principalmente quando estamos falando de ecossistemas essenciais para a manutenção de CO² do planeta (SOARES et al., 2022).

Também foi visto problemáticas associadas a função de controle sobre variáveis abióticas, relativamente impactadas pelo armazenamento de águas interiores, intensificando ainda mais o aumento da temperatura e salinidade nestes ambientes (BESTERMAN et al., 2022). Para finalizar, o controle hidrodinâmico e qualidade ambiental, foram os únicos serviços a serem mencionados apenas uma vez entre os artigos (Figura 3). Para o controle hidrodinâmico, Besterman et al. (2022) relaciona a morte e degradação de marismas (diebacks) com processos de inundações anormais, capazes de afetar a dinâmica de vazão de água de regiões internas de marismas. Quanto a qualidade ambiental, destacamos que este serviço está relacionado a questões visuais de ecossistemas costeiros, tornando-o ou não, atrativo para atividades recreativas e de subsistência.

Além de tudo que foi exposto, sabemos que a prestação de serviços ecossistêmicos por marismas está relacionada a composição estrutural destes bancos vegetados. Marismas podem ser compostas estruturalmente por diversas espécies de gramíneas, e suas diferentes características e estratégias de controle aos efeitos climáticos e prestação de serviços ecossistêmicos, dependem também, dos traços fisiológicos de cada espécie (DUARTE et al., 2021).

4 CONCLUSÃO

Em suma, esta discussão mostra o importante papel das marismas para manutenção de ecossistemas costeiros, combate as mudanças climáticas e conservação dos diversos serviços ecossistêmicos prestados e adquiridos por regiões costeiras. Também levantamos a partir de uma perspectiva atual, diversos serviços ecossistêmicos desempenhados por marismas e suas respectivas relações aos impactos gerados pela crise ambiental moderna. Grande parte dos artigos analisados mostra situações de simulação e restauração de ecossistemas de marismas já em condições de degradação ambiental. Mediante ao exposto, observamos que a maioria dos estudos selecionados refuta a hipótese de que os temas, tratam da capacidade de captura de CO² por ecossistemas de marismas. Analisando somente os serviços ecossistêmicos afetados, podemos dizer que houve uma maior preocupação com serviços relacionados ao controle da biodiversidade marinha. Outra questão bem destacada, foi a condição física de ambientes adjacentes, direcionando parte dos artigos a função de barreira natural.

REFERÊNCIAS

BESTERMAN, A.F.; JAKUBA, R.W.; FERGUSON, W.; et al. Buying Time with Runnels: a Climate Adaptation Tool for Salt Marshes. **Estuaries and Coasts**, 2022.

BILLAH, M.M.; BHUIYAN, M.K.A.; ISLAM, M.A.; DAS, J.; HOQUE, A.R. Salt marsh restoration: an overview of techniques and success indicators. In **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 15347–15363, 2022.

DANG, A.T.N.; REID, M.; KUMAR, L. Assessing potential impacts of sea level rise on mangrove ecosystems in the Mekong Delta, Vietnam. **Regional Environmental Change**, v. 22, n. 2, 2022.

DIAZ, S.; SETTELE, J.; BRONDÍZIO, E.S.; et al. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. **Science**, n. 366, 2019.

DUARTE, B.; CARREIRAS, J.; CAÇADOR, I. Climate Change Impacts on Salt Marsh Blue Carbon, Nitrogen and Phosphorous Stocks and Ecosystem Services. **Appl. Sci.** v. 11, 2021.

GUTHRIE, A.G.; BILKOVIC, D.M.; MITCHELL, M.; et al. Ecological equivalency of living shorelines and natural marshes for fish and crustacean communities. **Ecological Engineering**, 176, 2022.

IPCC – Painel Intergovernamental Sobre Mudanças do Clima. Mudança do clima 2021, a base científica: Sexto relatório de avaliação do IPCC. WMO/UNEP, 2021.

KOSMALLA, V.; KEIMER, K.; SCHÜRENKAMP, D.; et al. Erosion resistance of vegetation-covered soils: Impact of different grazing conditions in salt marshes and analysis of soil-vegetation interactions by the novel DiCoastar method. **Ecological Engineering**, 181, 2022.

MACREADIE, P. I. et al. Carbon sequestration by Australian tidal marshes. *Scientific Reports*, v. 7, 10 mar. 2017.

MCLEOD, E. et al. A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. **Frontiers in Ecology and the Environment**, dez. 2011.

MORITSCH, M.M.; BYRD, K.B.; DAVIS, M. Can Coastal Habitats Rise to the Challenge? Resilience of Estuarine Habitats, Carbon Accumulation, and Economic Value to Sea-Level Rise in a Puget Sound Estuary. **Estuaries and Coasts**, 2022.

PAUL, M.; BISCHOFF, C.; KOOP-JAKOBSEN, K. Coastal protection capacity of saltmarshes remains high in the future. **EGU**, 2022.

PERERA, N. et al. Quantification of blue carbon in tropical salt marshes and their role in climate change mitigation. **Science of the Total Environment**, v. 820, 10 maio 2022.

ROCHA, V. M. Um Breve Comentário a Respeito do IPCC AR6. **Entre-Lugar**, v. 13, n. 24, 2021.

SHAO, X.; WU, M.; GU, B.; et al. Nutrient retention in plant biomass and sediments from the salt marsh in Hangzhou Bay estuary, China. **Environ. Sci. Pollut.**, v. 20, p. 6382–6391, 2013.

SOARES, M. O. et al. Blue Carbon Ecosystems in Brazil: Overview and an Urgent Call for Conservation and Restoration. **Frontiers in Marine Science** **Frontiers**, 2022.

SOUSA, A. I. et al. “Blue Carbon” and Nutrient Stocks of Salt Marshes at a Temperate Coastal Lagoon (Ria de Aveiro, Portugal). **Scientific Reports**, v. 7, 25 jan. 2017.