

SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE MANGUEZAIS EM ÁREAS PORTUÁRIAS NO PERÍODO 2006 A 2023: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

ECOSYSTEM SERVICES OF MANGROVES IN PORT AREAS FROM 2006 TO 2023: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS MANGLARES EN ZONAS PORTUARIAS DE 2006 A 2023: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

Suellen Pinheiro Ribeiro

Programa em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil. E-mail: suellen.ribeiro@discente.ufma.br | Orcid.org/0000-0002-4030-4397

Flávia Rebelo Mochel

Programa em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil. E-mail: flavia.mochel@ufma.br | Orcid.org/0000-0001-5911-3171

Denilson da Silva Bezerra

Programa em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil. E-mail: denilson.bezerra@ufma.br | Orcid.org/0000-0002-9567-7828

Samara Aranha Eschrique

Programa em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil. E-mail: samara.eschrique@ufma.br | Orcid.org/0000-0002-4590-3719

James Werlten de Jesus Azevedo

Programa em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil. E-mail: james.werlten@ufma.br | Orcid.org/0000-0002-7034-4592

Artigo recebido em 05/02/2024 - aprovado em 23/08/2024 - publicado em 16/12/2024

Como citar este artigo:

Pinheiro Ribeiro, S., Rebelo Mochel, F., da Silva Bezerra, D., Aranha Eschrique, S., & de Jesus Azevedo, J. W. SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE MANGUEZAIS EM ÁREAS PORTUÁRIAS NO PERÍODO 2006 A 2023: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA. *DESAFIOS - Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins*, 11(6). https://doi.org/10.20873/2024_DEZ_19368

RESUMO

Os manguezais fornecem serviços ecossistêmicos fundamentais para a manutenção do equilíbrio dinâmico da zona costeira e das populações humanas litorâneas. Buscou-se identificar, por meio de uma revisão sistemática de literatura, a importância dos serviços ecossistêmicos dos manguezais para as áreas portuárias. A metodologia adotada envolveu a pesquisa em bases de dados eletrônicas entre 2006 a 2023, classificando as quatro categorias de serviços ecossistêmicos. Foram identificadas 85 publicações no total, das quais 28 cumpriram os critérios de inclusão previamente estabelecidos e foram utilizadas como base para a fundamentação deste estudo. Os resultados desta revisão sistemática indicaram a predominância de estudos voltados para os serviços de regulação, com ênfase também nos serviços de provisão. Observou-se um aumento na produção de artigos nos últimos seis anos, principalmente voltados para o sequestro de carbono, monitoramento da erosão costeira, aumento do nível médio do mar, além da integração das comunidades tradicionais. Verificou-se uma considerável concentração de textos provenientes de países asiáticos, especialmente da China. A ausência de artigos que abordem os benefícios que as áreas portuárias podem obter dos serviços ecossistêmicos de suporte e culturais dos manguezais mostrou-se um nicho promissor para pesquisas futuras, particularmente em cenários de mudanças climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Bibliometria; Mangue; Portos; Sustentabilidade costeira.

ABSTRACT:

Mangroves provide fundamental ecosystem services for maintaining the dynamic balance of coastal zones and coastal human populations. This study aimed to identify, through a systematic literature review, the importance of mangrove ecosystem services for port areas. The adopted methodology involved searching electronic databases between 2006 and 2023 and classifying the four categories of ecosystem services. A total of 85 publications were identified, of which 28 met the previously established inclusion criteria and were used as the basis for this study. The results of this systematic review indicated a predominance of studies focused on regulatory services, with an emphasis also on provisioning services. There has been an increase in the production of articles over the last six years, mainly focusing on carbon sequestration, monitoring coastal erosion, rising sea levels, and the integration of traditional communities. A considerable concentration of studies came from Asian countries, especially China. The lack of articles focused on what benefits port areas may obtain from the ecosystem, supporting and cultural services of mangroves has shown to be a promising niche for future research, particularly in climate change scenarios.

KEYWORDS: Bibliometrics; Mangrove; Ports; Coastal sustainability.

RESUMEN

Los manglares proporcionan servicios ecosistémicos fundamentales para mantener el equilibrio dinámico de la zona costera y de las poblaciones humanas costeras. A través de una revisión sistemática de la literatura, se buscó identificar la importancia de los servicios ecosistémicos de los manglares para las zonas portuarias. La metodología adoptada consistió en la búsqueda en bases de datos electrónicas entre 2006 y 2023, clasificando las cuatro categorías de servicios ecosistémicos. Se identificaron un total de 85 publicaciones, de las cuales 28 cumplieron con los criterios de inclusión previamente establecidos y se utilizaron como base para este estudio. Los resultados de esta revisión sistemática indicaron un predominio de estudios centrados en los servicios de regulación, con énfasis también en los servicios de aprovisionamiento. En los últimos seis años, ha aumentado la producción de artículos centrados principalmente en el secuestro de carbono, el monitoreo de la erosión costera, el aumento del nivel del mar y la integración de las comunidades tradicionales. Hubo una considerable concentración de textos procedentes de países asiáticos, especialmente de China. La falta de artículos que aborden los beneficios que las zonas portuarias pueden obtener de los servicios ecosistémicos de soporte y culturales de los manglares resultó ser un nicho prometedor para futuras investigaciones, sobre todo en escenarios de cambio climático.

Palabras clave: Bibliometría; Manglar; Puertos; Sostenibilidad costera.

INTRODUÇÃO

O conceito de Serviços Ecossistêmicos (SE) teve origem na obra de Costanza *et al.* (1997), que explorou a possibilidade de quantificar o valor da natureza. Daily (1997) define os serviços ecossistêmicos como condições favoráveis proporcionadas pelos ecossistemas para sustentar a vida humana. Costanza *et al.* (1997) afirmam que as populações humanas se beneficiam direta e indiretamente das funções dos ecossistemas.

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA), criada em 2005, classifica os SE em serviços de provisão, suporte, regulação e culturais, ressaltando sua importância para o bem-estar humano. De acordo com a pesquisa “*The Economics of Ecosystem and Biodiversity*” (TEEB, 2010), a falta de reconhecimento da relação entre o bem-estar humano e a conservação dos ecossistemas contribui para a degradação contínua desses sistemas e a perda de biodiversidade.

Os manguezais são considerados ecossistemas dinâmicos, situados na zona entremarés, sendo distribuídos por 150.000 km² em zonas úmidas e costeiras entre mais de 120 países e regiões em especial entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio (Spalding *et al.*, 2014; Buting *et al.*, 2018). Esse ecossistema de transição faz parte de um grande depositário de um patrimônio mundial de elevada importância ecológica, social, econômica e cultural (Kjerfve *et al.*, 2002; ICMBio, 2018).

Os ecossistemas de manguezais são altamente produtivos e funcionam como zonas de desova, viveiros e fontes de alimento para diversos ecossistemas marinhos que habitam suas proximidades, desempenhando também um papel vital na sustentação da pesca e na provisão de recursos para a alimentação humana (Nordhaus, Toben; Fauziyah, 2019; Zu Ermgassen *et al.*, 2020). Legalmente, os mangais são designados Áreas de Preservação Permanente (APPs) pelo Código Florestal Brasileiro, garantindo a proteção de recursos naturais essenciais como biodiversidade, fluxo gênico, recursos hídricos e estabilidade geológica, assegurando o bem-estar das populações humanas (Moura-Fé *et al.*, 2015).

O crescimento urbano e industrial em áreas costeiras gera intensos conflitos de interesses e aumenta a vulnerabilidade à degradação ambiental, afetando especialmente os manguezais. Esses conflitos se manifestam quando o porto busca expandir seus limites em áreas disputadas ou com terrenos indisponíveis, causando prejuízos às comunidades que dependem desses ecossistemas para sua sobrevivência (Barbier *et al.*, 2011; Clementino, 2017).

A crescente perda de áreas naturais levou a Organização das Nações Unidas (ONU) a adotar medidas para enfrentar os desafios ambientais. Em 2019, a ONU proclamou a Década das Nações Unidas para a Restauração dos Ecossistemas

(2021-2030) como uma iniciativa global voltada para a restauração de ecossistemas degradados, incluindo manguezais. Essa ação visa promover a recuperação de habitats, contribuindo para a preservação da biodiversidade, a mitigação das mudanças climáticas e o alcance das metas globais de sustentabilidade e desenvolvimento (ONU, 2019; Mochel *et al.*, 2023). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU BRASIL, 2023), baseada nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável até 2030 – Agenda 2030, para os estudos em manguezais, é necessário expor os ODS 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 15 e 17. Esses ODS estabelecem metas e diretrizes adotando diferentes desafios socioambientais e econômicos, buscando promover um futuro mais justo, equitativo e sustentável para todos.

A discussão sobre os SE em manguezais em áreas portuárias envolve uma análise multifacetada, combinando fatores que preservam as especificidades das variáveis analisadas e possibilitam uma visão sistêmica do tema. É valoroso ressaltar que essa análise se complementa com outros conceitos, como risco de eventos naturais, desastres ambientais, resiliência e adaptabilidade do ecossistema costeiro. Nesse contexto, é fundamental que os pesquisadores adotem uma postura crítica para tornar o conhecimento acessível ao público em geral e estimular novas investigações de maneira eficaz a realidade tangível que se apresenta.

Diante das perspectivas dos SE e da fundamentação estabelecida por órgãos internacionais vinculados à temática de restauração ecológica, o presente artigo traz como objetivo, analisar os serviços ecossistêmicos dos manguezais situados em áreas portuárias, baseada nos estudos mais relevantes na literatura científica, utilizando as bases de dados Google Acadêmico, Periódicos CAPES e Scopus, que fornecem dados abrangentes de citações acadêmicas multidisciplinares.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida através do método descritivo-exploratório, adotando uma abordagem qualiquantitativa para investigar as literaturas. A Revisão Sistemática de Literatura (RSL), categorizada como revisão de narrativa, utilizou-se a metodologia adaptada de Santos *et al.* (2018) e Araújo *et al.* (2019), sendo executada de dezembro de 2023 a fevereiro de 2024. Foram investigados artigos nacionais e internacionais na área de Ciências Ambientais, publicados a partir de 2006 (um ano após o surgimento do programa Avaliação Ecosistêmica do Milênio – MEA).

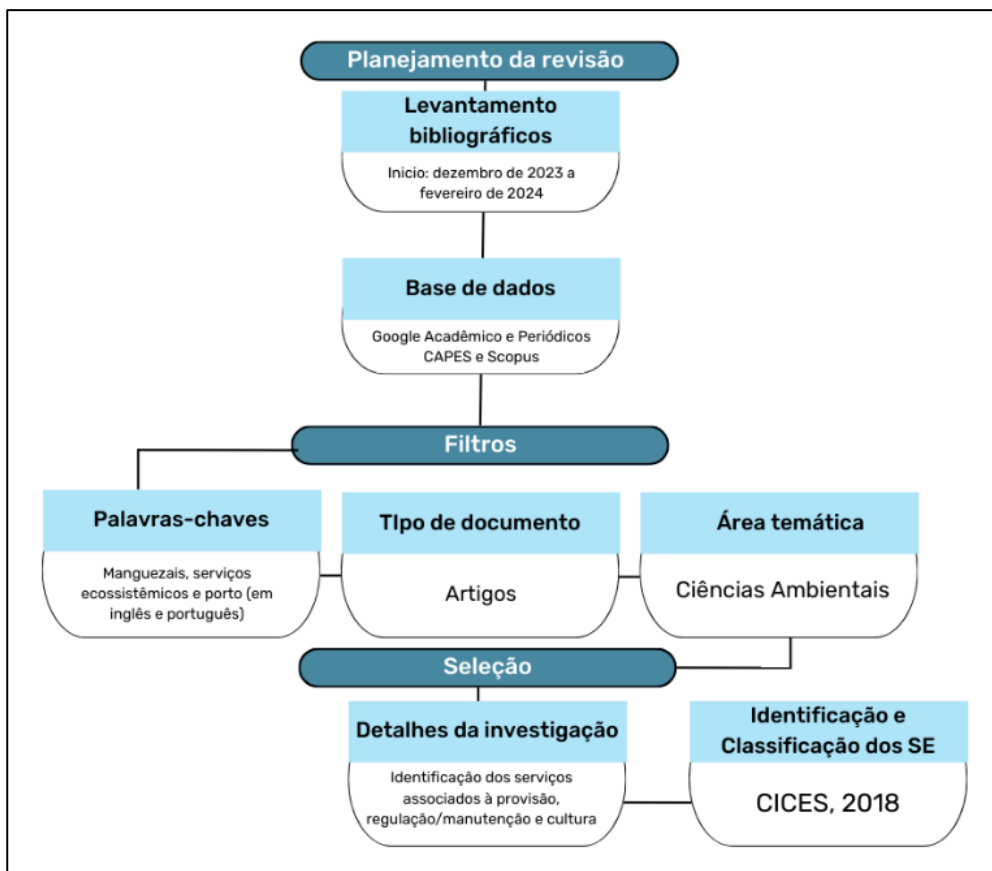
Para o levantamento de dados, foram realizadas buscas em literaturas provenientes de plataformas digitais com acesso livre: Google Acadêmico, Periódicos CAPES e Scopus. Para a pesquisa, as literaturas foram selecionadas com aplicação de três descritores: (1) manguezais, (2) serviços ecossistêmicos e (3) porto (em inglês e português). Esses termos foram combinados entre si

usando o operador booleano "AND". Para isso, realizaram-se as buscas diante das três partes específicas dos artigos: título, resumo e palavras-chave.

Os artigos selecionados foram avaliados de acordo com critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Sendo assim, os artigos excluídos eram aqueles que não abordavam o tema principal, estavam duplicados ou foram publicados fora do período de 2006 a 2023. Foram reunidos os trabalhos de acordo com os critérios de referência estabelecidos, como a bibliografia e o período temporal, e assim, foi possível identificar de maneira clara e objetiva os serviços ecossistêmicos associados à provisão, regulação/manutenção e cultura dos manguezais em áreas portuárias. Dessa maneira, foi prático selecionar os estudos mais relevantes e significativos, garantindo a representatividade e abrangência da análise realizada.

A Figura 1 apresenta de forma visual o fluxo de seleção dos artigos, destacando as etapas pelas quais os trabalhos passaram até sua inclusão na revisão sistemática. Essa representação gráfica facilita a compreensão do processo metodológico adotado e fornece uma visão geral do escopo e da estrutura da revisão.

Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Elaborado por autores, 2024.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação dos descritores e seguindo os critérios de inclusão, foi possível organizar 85 artigos da pesquisa, sendo selecionados 28 artigos. É importante salientar que, a partir de 2006, uma quantidade significativa de estudos foi realizada em relação aos serviços ecossistêmicos de diversos ambientes, incluindo manguezais. A publicação mais antiga foi o trabalho de Gomes *et al.* (2007) cujo tema principal é sobre os poluentes de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH) originários de derramamentos de óleo, combustão de madeira e combustível, logo, ameaçando os ecossistemas de mangue. Desse modo, os serviços ecossistêmicos ameaçados pelos poluentes incluem principalmente os serviços de provisão, como a produção de alimentos marinhos, os serviços de regulação, como a manutenção da qualidade do ar e da água, e os serviços de suporte, como a estabilização do solo e a proteção contra a erosão costeira.

Em relação a distribuição dos autores associados aos serviços ecossistêmicos de manguezais, somente o trabalho de Dencer-Brown, Alfaro e Milne (2019) intitulado “*Muddied waters: Perceptions and attitudes towards mangroves and their removal in New Zealand*” destacou a relevância dos serviços culturais na zona portuária (Quadro 1). A pesquisa apontou as percepções e atitudes em relação aos manguezais e sua remoção na Nova Zelândia, com foco particular nos aspectos culturais envolvidos. Para Santos *et al.* (2018), enfatiza que os serviços culturais prestados pelos manguezais são pouco estudados, sendo que a maioria dos trabalhos estão ligados aos bens de provisão e regulação devido ao seu elevado reconhecimento socioeconômico.

Quadro 1 – Autores e classificação dos serviços ecossistêmicos prestados pelo manguezal.

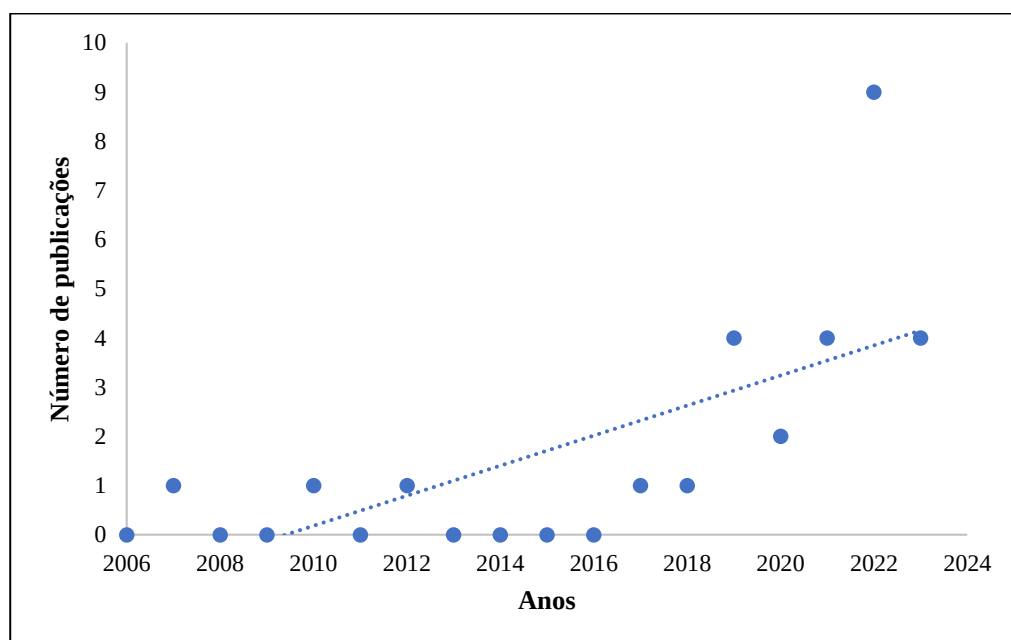
SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE MANGUEZAIS EM ÁREAS PORTUÁRIAS	
Categorias	Autores
SE de Provisão	Mendoza-González <i>et al</i> (2012); Fousseni <i>et al</i> (2017); Munksgaard <i>et al.</i> (2019); Fassina <i>et al</i> (2022); Ruslan <i>et al</i> (2022); Wang <i>et al</i> (2023).
SE de Suporte	Dencer-Brown <i>et al.</i> (2018); Okada <i>et al</i> (2021); Lu <i>et al</i> (2022); Basyuni <i>et al</i> (2022); Cheung <i>et al</i> (2023).
SE de Regulação	Gomes, <i>et al.</i> (2007); Alfaro (2010); Shrestha <i>et al</i> (2019); Rojas <i>et al</i> (2019); Suyadi <i>et al</i> (2020); Yan; Wang; Su (2020); Liu e Myat (2021); Moschetto; Ribeiro; De Freitas (2021); García-Onetti <i>et al</i> (2021); Li; Wen; Wang (2022); Asih, <i>et al</i> (2022); Glover <i>et al</i> (2022); Murillo-Sandoval; Fatoyinbo; Simard (2022); Sujiwo; Nurlaili (2022); Gong <i>et al.</i> (2023); Retnaningsih-Soeprobowati <i>et al</i> (2023).
SE de Cultural	Dencer-Brown; Alfaro; Milne (2019).

Fonte: Elaborado por autores, 2024.

De acordo com a proposta dos autores Yuan e Sun (2022), o número de estudos acadêmicos publicados é um indicador significativo para medir a tendência de desenvolvimento de determinada investigação científica. O número de

publicações sobre os serviços ecossistêmicos de manguezais em regiões portuárias tem aumentado ao longo dos últimos anos, como é mostrado no Gráfico 1. Observa-se que a partir de 2017, houve um aumento crescente nos números de publicações. Contudo, percebe-se um aumento considerável em 2022, representando um percentual 32% nos últimos cinco anos.

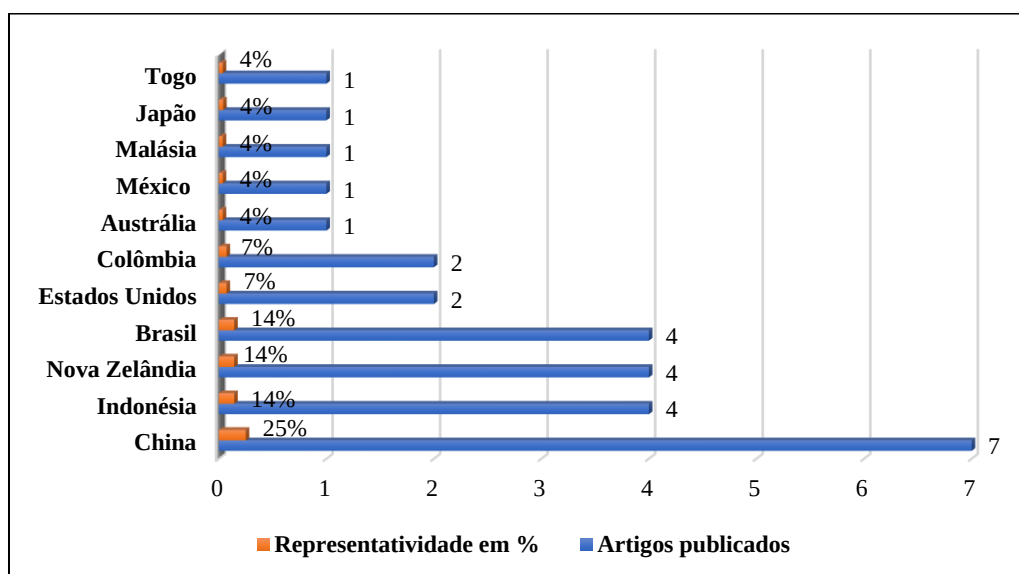
Gráfico 1 – Distribuição e número de estudos relacionados SE em manguezais das áreas portuárias ao longo do tempo (2006-2023) nas bases de eletrônicas.



Fonte: Elaborados por autores, 2024.

Em relação aos países, a análise da distribuição geográfica dos estudos revelou uma predominância de pesquisas conduzidas em países asiáticos como China e Indonésia que somados à Malásia e ao Japão totalizaram 47% dos artigos obtidos, como ilustrado no Gráfico 2. A China destacou-se como o país com o maior número de publicações, correspondendo a 25% do total de artigos identificados neste estudo. Essa tendência sugere uma concentração considerável de esforços de pesquisa em regiões com portos de alta economia mundial, como é o caso da China. Ressalta-se que os países asiáticos, apresentam as maiores áreas de manguezais do mundo, bem como uma elevada frequência de tempestades tropicais, furacões e eventos que afetam as áreas portuárias. Evidenciou-se que a produção de conhecimento sobre os serviços ecossistêmicos de manguezais em áreas portuárias provenientes de outras regiões foi desproporcionalmente menor.

Gráfico 2 – Distribuição e percentual de publicações nos países relacionados SE em manguezais das áreas portuárias ao longo do tempo (2006-2023) nas bases de eletrônicas.



Fonte: Elaborados por autores, 2024.

Moschetto, Ribeiro e De Freitas (2021) realizaram um estudo abrangente para identificar os principais impulsionadores por trás das mudanças nos manguezais. Eles destacaram que fatores como o desenvolvimento costeiro, a expansão urbana, as atividades de aquicultura e as mudanças climáticas desempenham papéis significativos nessas transformações.

De acordo com a Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD) em 2023, mais de 80% do volume do comércio internacional é transportado por mar, e essa proporção continua a crescer (Organização das Nações Unidas Brasil, 2023). Sendo assim, o porto de Xangai, pertencente a China, mantém sua posição como o maior porto de contêineres do mundo, como destacado na edição anual “Top 100 Container Ports”. Além disso, há uma série de portos emergentes que refletem as novas tendências no comércio de contêineres. Entre eles, o porto de Santos, localizado na cidade de São Paulo, ocupa a 37ª posição no ranking mundial (Jornal Americano de Transporte, 2023).

Com base na pesquisa de Gomes *et al.* (2007), os compostos poluentes são frequentemente associados a atividades portuárias, como vazamentos de óleo, limpeza de embarcações e transporte de combustíveis. Os manguezais são ecossistemas sensíveis à poluição por óleo devido à sua localização próxima às áreas portuárias e à capacidade dos sedimentos de mangue de acumular contaminantes. Em vista disso, Martins *et al.* (2023) refletem que os derramamentos de óleo representam uma ameaça para esses ecossistemas, prejudicando os processos de desenvolvimento da vegetação de mangue.

Essa poluição no ambiente costeiro compromete os processos naturais de desenvolvimento da vegetação de mangue, colocando em risco não apenas a

biodiversidade local, mas também os serviços ecossistêmicos que os manguezais fornecem, como habitat para diversas espécies marinhas, regulação da qualidade da água e suporte à pesca.

Os dados resultantes dos estudos de Alfaro (2010) abordam os impactos da remoção de manguezais sobre as comunidades bentônicas e as características do sedimento no Porto de Mangawhai, localizado no norte da Nova Zelândia. A pesquisa investigou os efeitos dessa remoção, prática comum em muitas áreas portuárias, sobre o ecossistema marinho, examinando as mudanças nas comunidades de organismos bentônicos, importantes indicadores da saúde do ambiente costeiro, e analisou as características do sedimento após a remoção dos manguezais.

O rápido desenvolvimento urbano e industrial na região portuária de Darwin, no norte da Austrália, tem gerado uma série de impactos significativos sobre o ecossistema de manguezais, resultando na conversão de áreas naturais em zonas urbanizadas e industriais, levando à perda de habitats naturais e à fragmentação do ambiente. Essas mudanças na paisagem comprometem a biodiversidade local, afetando diretamente as populações de espécies que dependem do manguezal para sobrevivência, como aves, peixes e crustáceos (Munksgaard *et al.*, 2019).

Neste contexto, os serviços ecossistêmicos fornecidos pelos manguezais no estudo de Munksgaard *et al.* (2019), notadamente referem-se aqueles relacionados à provisão de habitat e ao suporte à biodiversidade, estão sob ameaça na região portuária de Darwin. Estes serviços desempenham um papel importantíssimo na manutenção da estabilidade ecológica local, garantindo a sobrevivência e o bem-estar de diversas espécies.

Estudiosos como Wang *et al.* (2024), obtiveram resultados que houve um aumento significativo do valor dos serviços ecossistêmicos na área de manguezais em Guangxi de 2016 a 2020, com uma expansão líquida de 504,81 ha, principalmente concentrada em determinadas áreas como a Baía de Lianzhou, o Porto de Tieshan e a Baía de Dandou. Já a pesquisa dos autores Li, Wen e Wang (2022), ressalta a necessidade de políticas e estratégias de conservação que levem em consideração não apenas os aspectos ambientais, mas também os sociais e econômicos associados aos manguezais.

A análise de literatura sobre serviços ecossistêmicos dos manguezais em áreas portuárias envolveu a categorização desses serviços em quatro grupos distintos: provisão, suporte, regulação e cultura, como mostra delineado no Quadro 2. Essa classificação proporcionou uma compreensão abrangente das diversas funções desempenhadas pelos manguezais, destacando sua importância na oferta de recursos, na sustentação da biodiversidade, na regulação de processos ambientais e na promoção de valores culturais e recreativos, ou seja,

contribuindo para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação e gestão desses ambientes.

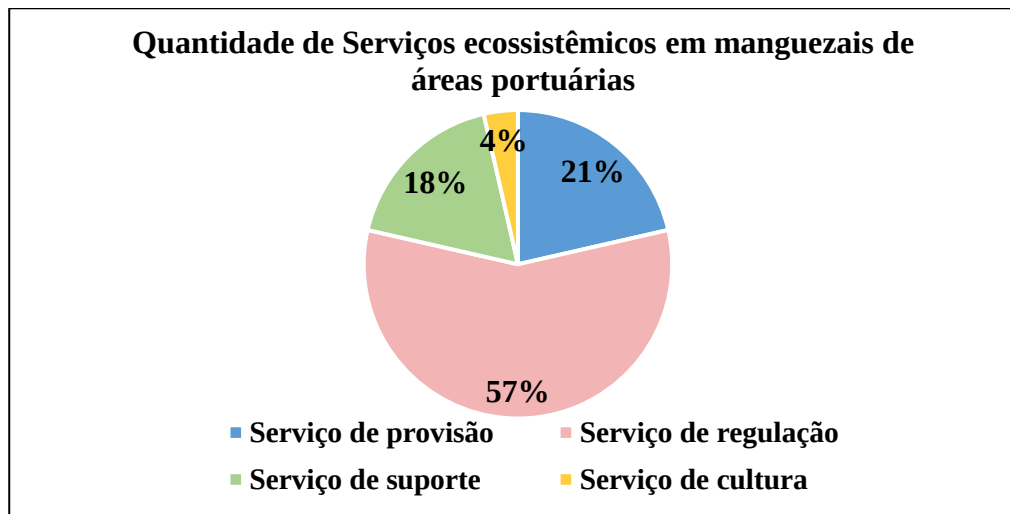
Quadro 2 – Quadro das categorias de serviços ecossistêmicos prestados pelo manguezal.

SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE MANGUEZAIS	
Categorias	Descrição
SE de Provisão	Fornecem recursos naturais para os seres humanos, como: alimentos, combustíveis, materiais de construção, medicamentos e produtos madeireiros.
SE de Suporte	Contribuem na manutenção da biodiversidade e da produtividade dos ecossistemas adjacentes, fornecendo habitat e refúgio para uma variedade de espécies de plantas e animais (berçário da vida marinha).
SE de Regulação	Ajudam a regular processos ecológicos importantes, como a ciclagem de nutrientes, o sequestro de carbono, a proteção contra tempestades e a estabilização da linha costeira.
SE de Cultural	Valorizam a cultura significativa para muitas comunidades costeiras, fornecendo espaços para recreação, turismo, educação ambiental, espiritualidade e conexão com a natureza.

Fonte: Ribeiro *et al.*, 2024,

O gráfico 3 apresenta a quantidade de serviços ecossistêmicos encontrados nos estudos analisados, destacando que o Serviço de Regulação emerge como o mais abordado, com 57% de prevalência entre os trabalhos avaliados. Assim, observa-se o Serviço de Provisão, com 21% de representatividade, seguido pelo Serviço de Suporte, com 18%, e pelo Serviço de Cultura, com 4%. Essa distribuição reflete a diversidade de funções e benefícios proporcionados pelos manguezais, diante de uma abordagem holística na gestão desses ecossistemas em áreas portuárias.

Gráfico 3 – Gráfico da quantidade de serviços ecossistêmicos encontrados nas publicações.



Fonte: Elaborado por autores, 2024.

A identificação dos serviços prestados pelos ecossistemas é fundamental, pois permite quantificar a relevância que esses ambientes têm para a sociedade. Isso possibilita lidar com os impactos causados por ações humanas ou naturais de forma específica, avaliar perdas e ganhos de acordo com os diferentes usos atribuídos a eles, e compreender os valores intangíveis que os ecossistemas podem assumir (Santos *et al.*, 2018), conforme a Figura 2.

Figura 2 – Ecossistema manguezal no Maranhão, Brasil.



(A) Espécie vegetativa de *Rhizophora mangle* no município de Raposa, Maranhão, Brasil; (B) Espécie da macrofauna do manguezal *Ucides cordatus* conhecida popularmente no Brasil como Caranguejo-uçá.

Fonte: Elaborado por autores, 2024.

Okada *et al.* (2021), sustenta que deve ocorrer estruturas portuárias verdes para o gerenciamento eficaz, preservação e valoração dos serviços ecossistêmicos, ou seja, os próprios serviços e fatores ambientais contribuem para a sustentabilidade. Assim, a adoção de estruturas verdes não é apenas uma necessidade, mas uma oportunidade para redefinir a relação entre a infraestrutura e o meio ambiente, assegurando que o crescimento econômico ocorra com integridade dos ecossistemas, necessidades humanas e preservação ambiental.

Além disso, a análise dos serviços ecossistêmicos dos manguezais em regiões portuárias permite uma melhor gestão e tomada de decisões relacionadas à preservação e ao desenvolvimento sustentável desses ecossistemas. Compreender como os manguezais contribuem para o bem-estar humano e para a saúde dos ecossistemas adjacentes, ajuda na formulação de políticas eficazes de uso da terra e na implementação de práticas de manejo que equilibrem as necessidades humanas com a conservação da natureza.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os serviços ecossistêmicos de manguezais em áreas portuárias mostraram-se um tópico de pesquisa de crescente relevância, principalmente nos últimos seis anos. A preponderância de artigos voltados para os serviços de regulação, em relação aos demais, remete às questões relacionadas às mudanças climáticas, como os recentes indicadores sobre sequestro de carbono, monitoramento da erosão costeira e aumento do nível médio do mar. Esses assuntos têm demandado especial atenção para as áreas portuárias, particularmente na Ásia, onde, no presente estudo, verificou-se a maior quantidade de textos produzidos no período. Por outro lado, o destaque recebido pelos serviços de provisão esteve relacionado à manutenção das comunidades tradicionais e a perda dos manguezais, bem como na inclusão dessas comunidades em modelos de desenvolvimento sustentável para áreas portuárias. Constatou-se, como um nicho promissor para pesquisas futuras, a relevância de expandir a produção de estudos considerando como as áreas portuárias podem se beneficiar dos serviços ecossistêmicos de suporte e culturais de manguezais, particularmente em cenários de mudanças climáticas.

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Universidade Federal do Maranhão (UFMA), ao Departamento de Oceanografia e Limnologia (DEOLI/UFMA), ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFMA), ao Laboratório de Manguezais (LAMA/UFMA) e ao Centro de Recuperação de Manguezais (CERMANGUE/UFMA).

Referências Bibliográficas

- ALFARO, A. C. Effects of mangrove removal on benthic communities and sediment characteristics at Mangawhai Harbour, northern New Zealand. **ICES Journal of Marine Science**, v. 67, n. 6, p. 1087-1104, 2010.
- AMERICANO DE TRANSPORTE, JORNAL. Os 100 principais portos de contêineres da AJOT. Disponível em: <https://www.ajot.com/premium/ajot-commentary-ajots-top-100-container-ports>. Acesso em: 20/01/2023.
- ARAÚJO, M. V. D. S; MIRANDA, L. A. D. S; NASCIMENTO, J. M. H. D; PEREIRA, A. F. S., JESUS, E. D. S; JÚNIOR, A. P. Crescimento urbano desordenado, a economia ribeirinha e os manguezais amazônicos. **Multidisciplinary Reviews**. v. 2, p.1-7, 2019.
- ASIH, A. S; ZAMRONI, A; ALWI, W; SAGALA, S. T; PUTRA, A. S. Assessment of heavy metal concentrations in seawater in the coastal areas around Daerah Istimewa Yogyakarta Province, Indonesia. **The Iraqi Geological Journal**, p. 14-22, 2022.
- BARBIER, E. B. HACKER, S. D. KENNEDY, C. KOCH, E. W. STIER, A. C. SILLIMAN, B. R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81. n. 2, p. 169-193, 2011.
- BASYUNI, M; BIMANTARA, Y; CUC, N. T; BALKE, T; VOVIDES, A. G. Macrozoobenthic community assemblage as key indicator for mangrove restoration success in North Sumatra and Aceh, Indonesia. **Restoration Ecology**, v. 30, n. 7, p. e13614, 2022.
- BUNTING, P; ROSENQVIST, A; LUCAS, R. M; REBELO, L. M; HILARIDES, L; THOMAS, N; FINLAYSON, C. M. The Global Mangrove Watch: a new 2010 Global Baseline of Mangrove Extent. **Remote Sens**, v.10, n. 10, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/10/1669/htm>. Acesso em: 18/01/2024.
- CHEUNG, C. C. Y; LEUNG, R. K; LAW, C. S; CHENG, M. C; HO, K. K; LEUNG, P. T; LEUNG, K. M. Juvenile fish communities in coastal soft-bottom and shallow water habitats at the Tolo Harbour and Channel in Hong Kong, South China. **Regional Studies in Marine Science**, v. 62, p. 102917, 2023.
- CLEMENTINO, J. São Luís: cidade portuária em transformação. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 21, n. 41, p. 3-14, 2017.
- CONSTANZA, R. D'ARGE, R. GROOT, R. FARBERK, S. GRASSO, M. HANNON, B. LIMBURG, K. NAEEM, S. PARUELO, J. RASKIN, R.G. SUTTON, P. VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**. v.387, p.253-260, 1997.
- DAILY, G. C. Nature's services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. **Island Press**, Washington, DC. 1997.
- DENCER-BROWN, A. M; ALFARO, A. C; MILNE, S. Muddied waters: perceptions and attitudes towards mangroves and their removal in New Zealand. **Sustainability**, v. 11, n. 9, p. 2631, 2019.
- DENCER-BROWN, A. M; ALFARO, A. C; MILNE, S; PERROTT, J. A review on biodiversity, ecosystem services, and perceptions of New Zealand's mangroves: can we make informed decisions about their removal?. **Resources**, v. 7, n. 1, p. 23, 2018.

FASSINA, C; JARVIS, D; TAVARES, S; COGGAN, A. Valuation of ecosystem services through offsets: Why are coastal ecosystems more valuable in Australia than in Brazil?. **Ecosystem Services**, v. 56, p. 101449, 2022.

FOUSSENI, F; ANDRIANAMENOSO, R. M; KPERKOUA, W; AGBELESSESI, W. Y; MADJOUMA, K; HODABALO, P; KOFFI, A. Écologie et dynamique spatio-temporelle des mangroves au Togo. **VertigO**, v. 17, n. 3, 2017.

GARCÍA-ONETTI, J; SCHERER, M. E; ASMUS, M. L; SANABRIA, J. G; BARRAGÁN, J. M. Integrating ecosystem services for the socio-ecological management of ports. **Ocean & Coastal Management**, v. 206, p. 105583, 2021.

GLOVER, H. E; STOKES, D. J; OGSTON, A. S; BRYAN, K. R; PILDITCH, C. A. Decadal-scale impacts of changing mangrove extent on hydrodynamics and sediment transport in a quiescent, mesotidal estuary. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 47, n. 5, p. 1287-1303, 2022.

GOMES, N. C. M; BORGES, L. R; PARANHOS, R; PINTO, F. N; KRÖGERRECKLENFORT, E; MENDONÇA-HAGLER, L. C; SMALLA, K. Diversity of ndo genes in mangrove sediments exposed to different sources of polycyclic aromatic hydrocarbon pollution. **Applied and environmental microbiology**, v. 73, n. 22, p. 7392-7399, 2007.

GONG, W; DUAN, X; SUN, Y; ZHANG, Y; JI, P; TONG, X; LIU, T. Multi-scenario simulation of land use/cover change and carbon storage assessment in Hainan coastal zone from perspective of free trade port construction. **Journal of Cleaner Production**, v. 385, p. 135630, 2023.

ICMBio. 2018. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília, 176p. Disponível em: https://ava.icmbio.gov.br/pluginfile.php/4592/mod_data/content/14085/atlas%20dos_manguezais_do_brasil.pdf. Acesso em: 21/09/2024.

KJERFVE, B. PERILLO, G. M. GARDNER, L. R. RINE, J. M. DIAS, G.T.M. MOCHEL, F.R. 2002. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: Healy, T., Wang, Y & Healy, J.-A. (eds.) Muddy coasts of the world: Processes, deposits and functions. **Elsevier Science**, p.:479-532.

LI, Y. WEN, H. WANG, F. Analysis of the Evolution of Mangrove Landscape Patterns and Their Factors on Hainan Island from 2000 to 2020. **Sustainability**, v. 1, p. 759, 2022.

LIU, Jing; MYAT, Thiri. Contaminants and heavy metals along the mangrove area of Dongzhai Harbor, China: distribution and assessment. **SN Applied Sciences**, v. 3, p. 1-12, 2021.

LU, W; ZOU, Z; HU, X; YANG, S. Genetic diversity and mating system of two mangrove species (*Rhizophora apiculata* and *Avicennia marina*) in a heavily disturbed area of China. **Diversity**, v. 14, n. 2, p. 115, 2022.

MARTINS, J. C. D. S; MOCHEL, F. R; ZANANDREA, I; AZEVEDO, J. W. D. J; LIMA, L. G. D; BEZERRA, D. D. S; LIMA, A. M. S. Efeitos do óleo diesel automotivo na germinação de propágulos de manguezal de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*. **Acta Amazônica**, v. 53, p. 264-270, 2023.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). Relatório-síntese da Avaliação Ecosistêmica do Milênio. Minuta Oficial, v. 446, 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.446.aspx.pdf>. Acesso em: 18/01/2024.

MENDOZA-GONZÁLEZ, G; MARTÍNEZ, M. L; LITHGOW, D; PÉREZ-MAQUEO, O; SIMONIN, P. Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. **Ecological Economics**, v. 82, p. 23-32, 2012.

MOCHEL, F.R; BEZERRA, D. D. S; ZANANDREA, I; MARTINS, J. C. D. S. **CONCEITOS, PRINCÍPIOS E PRÁTICAS PARA RESTAURAÇÃO DE MANGUEZAIS A PARTIR DE ECOSSISTEMAS RECUPERADOS**. In: Mariana Natale Fiorelli Fabiche, (Organizadora). (Org.). Engenharia em foco: explorando as múltiplas facetas da ciência e da inovação. 1ed.Ponta Grossa: Atena Editora, p. 15-28, 2023.

MOSCHETTO, F. A. RIBEIRO, R. B. DE FREITAS, D. M. Urban expansion, regeneration and socioenvironmental vulnerability in a mangrove ecosystem at the southeast coastal of São Paulo, Brazil. **Ocean & coastal management**, v. 200, p. 105418, 2021.

MOURA-FÉ, M. M; ALBUQUERQUE, A. G. B. M; FREITAS, E. M. N; BARBOSA, W. R. A proteção do ecossistema manguezal pela legislação ambiental brasileira. **Revista GEOgraphia**, v. 17, n. 33, p. 126-153, 2015.

MUNKSGAARD, N. C; HUTLEY, L. B; METCALFE, K. N; PADOVAN, A. C; PALMER, C; GIBB, K. S. Environmental challenges in a near-pristine mangrove estuary facing rapid urban and industrial development: Darwin Harbour, Northern Australia. **Regional studies in marine science**, v. 25, p. 100438, 2019.

MURILLO-SANDOVAL, P. J. FATOYINBO, L. SIMARD, M. Mangroves cover change trajectories 1984-2020: The gradual decrease of mangroves in Colombia. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, p. 892946, 2022.

NORDHAUS, I., TOBEN, M., & FAUZIYAH, A. Impact of deforestation on mangrove tree diversity, biomass and community dynamics in the Segara Anakan lagoon, Java, Indonesia: A ten-year perspective. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 227, p. 106300, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272771418303597?via%3Dihub>. Acesso em: 21/09/2024.

OKADA, T; MITO, Y; AKIYAMA, Y. B; TOKUNAGA, K; SUGINO, H; KUBO, T; KUWAE, T. Green port structures and their ecosystem services in highly urbanized Japanese bays. **Coastal Engineering Journal**, v. 63, n. 3, p. 310-322, 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2023. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 16/01/2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2023. **Transporte marítimo é responsável por 80% do comércio mundial**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/247547-%F0%9F%9A%A2-transporte-mar%C3%ADtimo-%C3%A9-respons%C3%A1vel-por-80-do-com%C3%A9rcio-mundial>. Acesso em: 16/01/2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2019. **Década das Nações Unidas para a Restauração dos Ecossistemas (2021-2030)**. Nova York: ONU. Disponível em: <https://www.un.org>. Acesso em: 21/09/2024.

RETNANINGSIH-SOEPROBOWATI, T; JUMARI, J; WASIQ-HIDAYAT, J; MUHAMMAD, F; HANIF-AL-FALAH, M; KADEK, N. C. D; GELL, P. Water Quality Status of Mangrove Ecosystem in Bedono, Sayung, Demak, Central Java. **Pollution**, v. 9, n. 4, p. 1374-1385, 2023.

RIBEIRO, S. P; LIMA, D. D. C. A; MOCHEL, F. R; BEZERRA, D. D. S. GEODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE MANGUEZAIS NO COMPLEXO PORTUÁRIO DE

SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL. **William Morris Davis-Revista de Geomorfologia**, v. 5, n. 3, p. 1-14, 2024.

ROJAS, A. M; RUIZ-AGUDELO, C. A; DIAZGRANADOS, M. C; POLANCO, H; ANDERSON, R. Approach to an integral valuation of mangrove's ecosystem services in a marine protected area. Colombian Pacific region. **Journal of Environmental Economics and Policy**, v. 8, n. 3, p. 322-342, 2019.

RUSLAN, N. F. N; GOH, H. C; HATTAM, C; EDWARDS-JONES, A; MOH, H. H. Mangrove ecosystem services: Contribution to the well-being of the coastal communities in Klang Islands. **Marine Policy**, v. 144, p. 105222, 2022.

SANTOS, N. M. OLIVEIRA, T.R. SANTOS, A. L.D. COSTA, D. F. D. S. CESTARO, L. A. Identificação dos Serviços Ecossistêmicos prestados pelo manguezal da Ilha do Maranhão - MA, Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**. v. 4, p.250–268, 2018.

SHRESTHA, S; MIRANDA, I; KUMAR, A; PARDO, M. L. E; DAHAL, S; RASHID, T; MISHRA, D. R. Identifying and forecasting potential biophysical risk areas within a tropical mangrove ecosystem using multi-sensor data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 74, p. 281-294, 2019.

SPALDING, M. MCIVOR, E. A. TONNEIJCK, F. H. TOL, S. P. Mangroves for coastal defence. Guidelines for coastal managers & policy makers. **Cambridge: wetlands international and the nature conservancy**, 2014. p. 42. Disponível em: <https://tamug-ir.tdl.org/bitstream/handle/1969.3/29257/mangroves-for-coastal-defence.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20/12/2022.

SUJIWO, A. S. NURLAILI, N. Evaluation of Ecosystem Services and Mangrove Management Based on the Blue Economy Approach of Untung Jawa Island. **Jurnal Mandiri: Ilmu Pengetahuan, Seni, dan Teknologi**, v. 6, n. 2, p. 116-136, 2022.

SUYADI; GAO, J; LUNDQUIST, C. J; SCHWENDENMANN, L. Aboveground carbon stocks in rapidly expanding mangroves in New Zealand: regional assessment and economic valuation of blue carbon. **Estuaries and Coasts**, v. 43, p. 1456-1469, 2020.

TEEB (The Economics of Ecosystems & Biodiversity). The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations. Edited by Pushpam Kumar. **Earthscan**, London and Washington. 2010.

WANG, K; ZHANG, X; ZHAO, C; ZHANG, R; WANG, Z; JIA, M. Evaluating Ecosystem Service Value Changes of Mangrove Forests in Guangxi, China During 2016–2020. **Remote Sens**, 2023.

WANG, K; ZHANG, X; ZHAO, C; ZHANG, R; WANG, Z; JIA, M. Evaluating Ecosystem Service Value Changes in Mangrove Forests in Guangxi, China, from 2016 to 2020. **Remote Sensing**, v. 3, p. 494, 2024.

YAN, F. WANG, X. SU, F. Ecosystem service changes in response to mainland coastline movements in China: Process, pattern, and trade-off. **Ecological Indicators**, v. 116, p. 106337, 2020.

YUAN, B. Z. SUN, J. Trend and status of Food Science and Technology category based on the Essential Science Indicators during 2011–2021. **Food Science and Technology**. v. 42, p. e91321, 2022.

ZU ERMGASSEN, P. S., MUKHERJEE, N., WORTHINGTON, T. A., ACOSTA, A., DA ROCHA ARAUJO, A. R., BEITL, C. M., ... & SPALDING, M. Fishers who rely on mangroves:

Modelling and mapping the global intensity of mangrove-associated fisheries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 247, p. 106975, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027277142030706X?via%3Dihub>. Acesso em: 21/09/2024.