



## Ecosistemas de restinga e manguezal no Nordeste brasileiro: abordagem cienciométrica e revisão sistemática

### Ecosystems of restinga and mangrove in the Brazilian Northeast: a scientometric approach and systematic review

Louize Nascimento<sup>a</sup>, Antônio Jeovah de Andrade Meireles<sup>b</sup>, Rodrigo Guimarães de Carvalho<sup>c</sup>, Jônata Fernandes de Oliveira<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Ceará-UFC, Campus do Pici, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Avenida Mister Hull, s/n, Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil. CEP 60455-760. E-mail: [louizenscmt@gmail.com](mailto:louizenscmt@gmail.com).

<sup>b</sup> UFC, Campus do Pici, Departamento de Geografia. Avenida Mister Hull, s/n, Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil. CEP: 60455-760. E-mail: [meireles@ufc.br](mailto:meireles@ufc.br).

<sup>c</sup> Universidade do Estado do Rio Grande do Norte-UERN, Campus Central, Departamento de Gestão Ambiental. Rua Professor Antônio Campos, s/n, Costa e Silva, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. CEP: 59600-000. E-mail: [rodrigocarvalho@uern.br](mailto:rodrigocarvalho@uern.br).

<sup>d</sup> Instituto Federal do Rio Grande do Norte-IFRN, Campus Mossoró, Departamento de Ensino. Rua Raimundo Firmino de Oliveira, n. 400, Conjunto Ulrick Graff, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. CEP: 59628-330. E-mail: [jonnata.oliveira@ifrn.edu.br](mailto:jonnata.oliveira@ifrn.edu.br).

#### ARTICLE INFO

Received 22 Set 2023

Accepted 13 Jun 2023

Published 22 Jul 2024

#### ABSTRACT

The preservation of restinga and mangrove ecosystems in Northeast Brazil is of utmost importance due to their roles in biodiversity protection, support for economic and cultural activities, and mitigation of socio-environmental impacts. This study adopted a scientometric approach and systematic review to assess the conservation of these ecosystems. The methodology based on PRISMA ensured a systematic and rigorous selection and analysis process of studies published between 2013 and 2022. Using tools such as Web of Science and Scopus, we conducted thorough searches that identified 28 relevant studies. Considering data analysis, it employed Excel, bibliometrix software, and the Wordclouds website. The analysis strengthened the conservationist perspective on these environments, as evidenced by increased publications after 2018. International collaborations, with partnerships involving Brazil, Australia, and European countries, stood out. UFC leads research in the Northeast region, while other institutions, such as USP, have contributed significantly. The studies covered various topics, from structural analyses to assessments of environmental and socioeconomic impacts, demonstrating the complexity of the ecosystems. The main impacts on mangroves included urbanization, deforestation, establishment of enterprises, accumulation of heavy metals, and aquaculture. In restingas, urbanization, deforestation, and road construction were critical. Conservation strategies included constant surveillance, intensified environmental education, and research support. The results emphasized the need for comprehensive conservation measures, restoration strategies, and cooperation among sectors to protect ecosystem functions. This study revealed broader research trends, increased collaboration among predominant thematic areas, and pointed out future directions, underscoring the ongoing importance of research for conserving these sensitive areas.

**Keywords:** Conservation strategies, environmental impacts, coastal zone.



Journal of Environmental Analysis and Progress © 2016  
is licensed under CC BY-NC-SA 4.0

#### RESUMO

A preservação da restinga e do manguezal no Nordeste brasileiro é de extrema importância devido aos papéis na proteção da biodiversidade, suporte a atividades econômicas e culturais e mitigação de impactos socioambientais. O presente estudo adotou abordagem cienciométrica e revisão sistemática para avaliar a conservação

desses ecossistemas. A metodologia baseada no PRISMA garantiu processo sistemático e criterioso de seleção e análise dos estudos publicados entre 2013 e 2022. Utilizando ferramentas como *Web of Science* e *Scopus*, realizamos buscas criteriosas que identificaram 28 estudos. Para análise de dados, empregamos *softwares Excel*, *bibliometrix* e site *Wordclouds*. A análise revelou fortalecimento da visão conservacionista sobre esses ambientes, evidenciado pelo aumento nas publicações após 2018. As colaborações internacionais se sobressaíram, com parcerias entre Brasil, Austrália e países europeus. A UFC lidera pesquisa na região Nordeste, enquanto outras instituições, como USP, contribuíram significativamente. Os estudos abordaram uma gama de temas, desde análises estruturais até avaliações de impactos ambientais e socioeconômicos, demonstrando a complexidade dos ecossistemas. Os principais impactos no manguezal foram urbanização, desmatamento, instalação de empreendimentos, acúmulo de metais pesados e aquicultura. Nas restingas, os principais impactos foram urbanização, desmatamento e construção de estradas. Estratégias de conservação incluíram vigilância constante, educação ambiental intensificada e apoio a pesquisadores. Os resultados enfatizaram a necessidade de medidas de conservação abrangentes, estratégias de restauração e cooperação entre setores para proteger funções ecossistêmicas. Este estudo revelou tendências de pesquisa, colaboração entre áreas temáticas predominantes e indicou direções futuras, sublinhando importância contínua da pesquisa para conservação dessas áreas sensíveis.

**Palavras-chave:** Estratégias de conservação, impactos ambientais, zona costeira.

## Introdução

A biodiversidade costeira desempenha um papel vital na promoção da sustentabilidade tanto dos ecossistemas marinhos quanto dos terrestres, fornecendo serviços ecossistêmicos essenciais para a preservação da vida no planeta (Cavalcanti, 2022). No contexto brasileiro, o litoral do Nordeste abriga ambientes de restinga e manguezais que se destacam dentre esses ecossistemas costeiros, agindo como refúgios de diversidade biológica adaptada às complexas condições ambientais da região (Souza, Silva & Diniz, 2023). Essas áreas costeiras são cruciais para a manutenção da biodiversidade e para a promoção da sustentabilidade ambiental, desempenhando um papel fundamental na garantia do equilíbrio ecológico e na preservação dos recursos naturais para as futuras gerações (Lacerda et al., 2021).

A restinga, caracterizada por uma diversificada cobertura vegetal, exerce um papel de relevância ambiental e social, desempenhando funções como a fixação e estabilização de dunas, além de estar presente em uma variedade de cenários costeiros (Nascimento et al., 2022). As restingas contribuem com a economia costeira, fornecendo recursos naturais essenciais, como a pesca, enquanto também contribuem para o turismo e o lazer, impulsionando a economia local e regional (Guimarães et al., 2021). Enquanto isso, o manguezal, ecossistema de transição entre a terra e o mar, é um berçário essencial para a vida marinha, além de ter um impacto crucial na qualidade da água, estabilidade do solo, biodiversidade e microclima local (Luz & Texeira, 2019). Os manguezais são ecossistemas altamente produtivos, sustentam a pesca comercial e artesanal

e oferecem proteção contra tempestades costeiras, garantindo a segurança econômica e alimentar de muitas comunidades costeiras (Loureiro & Oliveira, 2019).

Entretanto, tanto as restingas quanto os manguezais estão sob crescentes ameaças. As restingas, entre os ecossistemas mais ameaçados do Brasil, foram submetidas a impactos como a especulação imobiliária, perda de biodiversidade, processos erosivos e desequilíbrios hidrodinâmicos (Santos, Freitas & Medeiros, 2023). Os manguezais têm sido afetados pela expansão urbana, por atividades de indústrias e de empreendimentos, o que tem levado a ameaças à biodiversidade e à subsistência de comunidades tradicionais (Albuquerque, Santos & Maia, 2021). A necessidade de ações de conservação efetivas é urgente para a preservação desses ecossistemas e dos serviços ecossistêmicos que fornecem.

Nesse contexto, adotamos uma abordagem combinada de análise cienciométrica e revisão sistemática para investigar a produção científica relacionada à conservação dos ambientes de restinga e manguezal no Nordeste brasileiro. A análise cienciométrica, utilizando métodos estatísticos e computacionais, examina a produção científica, identificando tendências, padrões de colaboração e lacunas de conhecimento (Price, 1963). Bush (2020) ressalta a importância dessa análise para a avaliação do impacto e da visibilidade da pesquisa, fornecendo informações essenciais para tomadores de decisão, financiadores e pesquisadores, além de facilitar colaborações produtivas e impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico.

Além disso, a revisão sistemática, seguindo protocolos rigorosos, reúne, sintetiza e avalia criticamente informações disponíveis (Casarin et al., 2020), assegurando a qualidade e a confiabilidade dos resultados (Galvão & Ricarte, 2019). Deste modo, torna-se importante investigar as características da trajetória de publicações sobre o estado de conservação dos ambientes de restinga e manguezal do Nordeste brasileiro em periódicos científicos, para fornecer uma visão abrangente do panorama da pesquisa científica nesse campo específico, buscando contribuir para o avanço do conhecimento e da conservação desses importantes ecossistemas costeiros na região.

Nesse contexto, qual o estado de conservação dos ambientes de restinga e manguezal do Nordeste do Brasil? Logo, este artigo propõe-se a contribuir para a consolidação do conhecimento científico sobre a conservação desses ambientes costeiros vitais. Para alcançar esse propósito, estabelecemos o objetivo geral de analisar a evolução da produção científica relacionada à conservação dos ecossistemas de restinga e de manguezal no Nordeste brasileiro. Especificamente, buscamos avaliar as tendências nas pesquisas e identificar as universidades mais influentes, analisar as parcerias institucionais e os principais impactos ambientais nesses ecossistemas, bem como examinar as estratégias de conservação e identificar lacunas de conhecimento na pesquisa relacionada à conservação desses ecossistemas.

## Material e Métodos

### Análise cienciométrica e a revisão sistemática

A análise cienciométrica e a revisão sistemática foram desenvolvidas por meio da aplicação de métodos rigorosos e passos bem definidos para coletar, avaliar, sintetizar e interpretar informações relevantes sobre o assunto, garantindo a objetividade e confiabilidade dos resultados obtidos, como proposto por Donato & Donato (2019). A metodologia foi baseada no PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), uma abordagem estruturada para realizar análises sistemáticas de literatura. Esse método visa garantir a transparência, consistência e rigor do processo de pesquisa (Moher et al., 2009).

O artigo consiste na análise de publicações científicas referentes à temática: estado de conservação dos ambientes de restinga e manguezal do Nordeste brasileiro. Nesse contexto, qual o estado de conservação dos ambientes de restinga e manguezal do Nordeste do Brasil? A seguir, apresentamos as etapas para conduzir as análises sistemáticas. Utilizamos o fluxograma

PICO para a seleção dos estudos (Figura 1), baseado nos critérios de População, Intervenção, Comparação e Resultados (PICO), facilitando a organização e seleção dos estudos relevantes para a revisão sistemática. Além disso, utilizamos o fluxograma PRISMA, que segue as diretrizes PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), garantindo rigor na seleção e inclusão dos estudos analisados.

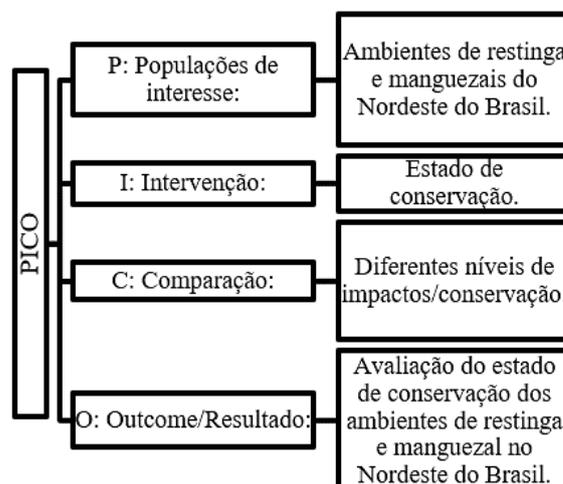


Figura 1. Fluxograma PICO utilizado para seleção dos estudos. Fonte: Nascimento et al. (2023).

### Estratégia de busca

Para a busca de artigos que trataram dos sistemas ambientais restinga e manguezal no Nordeste do Brasil, entre os anos de 2013 e 2022, foram utilizados os bancos de dados *Web of Science* e *Scopus* em 09 de agosto de 2023. Foram realizadas buscas para identificar artigos contendo os termos “conservação”, “restinga”, “manguezal” e “Nordeste do Brasil” na seção “Tópicos” para pesquisar os seguintes campos e tabelas nos registros de Título, Resumo e Palavras-chave dos artigos. A estratégia para busca foi a partir da utilização dos termos na língua inglesa: *conservation AND restinga\* OR mangrove\* AND Northeast Brazil\**.

A utilização dos descritores em inglês é necessária, pois muitos estudos estão em língua inglesa e também pelo fato das bases de dados escolhidas permitirem a busca com descritores nesse idioma (Callou et al., 2021). A utilização de descritores em inglês permite a busca de artigos publicados em revistas, periódicos, e jornais, em vários outros idiomas, porque em muitos periódicos o *title*, *abstract* e *keywords* são itens obrigatórios nesse idioma (Barbosa & Gomes Filho, 2022).

A escolha do operador Booleano “AND” e “OR” foi devido a uma maior delimitação do tema e uma maior intersecção entre os artigos a serem

obtidos. O operador AND permite buscar dentro do requisitado, por outro lado, o operador OR permite buscar uma ou outra palavra dentro do requisitado. O operador curinga (*wildcard*) “\*” é utilizado para capturar derivações múltiplas da palavra de interesse: *restinga\** (*restinga* e *restingas*), *mangrove\** (*mangrove* ou *mangroves* - *mangue*, *manguezal* e *manguezais*); *Brazil\** (*Brazil* ou *Brazilian* - *Brasil* e *brasileiro*).

Embora os trabalhos de conclusão de curso, como monografia, dissertações e teses, sejam ricos em informações (Azevedo-Júnior et al., 2023), como critério da abordagem cienciométrica, foram utilizadas apenas pesquisas na íntegra, com revisão por pares, publicadas em periódicos indexados. Artigos de revisão também não foram considerados para a análise. Dois avaliadores independentes realizaram a seleção dos estudos, com base no título, resumo e palavras-chave. Depois desse procedimento, foram analisados o texto completo dos artigos selecionados. Caso os conflitos não fossem resolvidos entre os dois avaliadores, um terceiro seria consultado. As referências duplicadas foram identificadas e removidas. Os artigos selecionados foram extraídos para a ferramenta *EndNote Online* (<https://www.myendnoteweb.com/>).

Em seguida, os critérios de inclusão ou exclusão foram definidos de forma a selecionar estudos que abordem diretamente a conservação dos ambientes de restinga e manguezal do Nordeste brasileiro: (1) estudos realizados nos ambientes de restingas e manguezais do Nordeste do Brasil, (2) em qualquer idioma, e (3) artigos publicados entre 2013 e 2022. A triagem dos artigos foi realizada em duas etapas: i) uma análise dos títulos, resumos e palavras-chave para identificar os artigos potencialmente relevantes; ii) leitura dos artigos selecionados para avaliar sua pertinência e qualidade metodológica, utilizando os critérios pré-definidos. Por fim, a razão para todas as exclusões foi a não resposta dos artigos selecionados à pergunta da pesquisa.

#### *Análise de dados*

A análise de dados realizada neste estudo foi baseada em uma abordagem quantitativa. Os dados da evolução cronológica das publicações, instituições/autores mais relevantes, principais documentos citados globalmente e impactos ambientais foram tabulados e os gráficos foram gerados utilizando o *software* Excel (2010). As tendências e padrões de pesquisa foram observados através da análise dos títulos e palavras-chave dos artigos. Além disso, uma nuvem de palavras foi

gerada para uma visualização qualitativa das palavras mais frequentes, utilizando o site Wordclouds (<https://www.wordclouds.com/>).

Para análise mais avançada, foram utilizados o pacote *bibliometrix* do *software* R versão 4.3.1 (2023), que permitiu a elaboração de mapas temáticos e o mapa mundial de colaboração entre os países envolvidos nas publicações. Esses métodos quantitativos foram essenciais para identificar padrões, tendências e colaborações significativas na pesquisa sobre os ecossistemas de restinga e manguezal no Nordeste brasileiro.

## **Resultados e Discussão**

### *Seleção de artigos para análise cienciométrica e revisão sistemática*

Inicialmente, foram identificados 280 estudos pertinentes (*Web of Science* = 248 e *Scopus* = 32), dos quais 18 foram excluídos por serem duplicatas. Após a avaliação com base em seus títulos, resumos e palavras-chave restaram 58 artigos que foram submetidos a uma análise completa de seus textos. Como resultado desse processo, 28 estudos foram considerados aptos, pois atenderam aos critérios de pesquisa e forneceram informações pertinentes para a abordagem cienciométrica e revisão sistemática (Figura 2).

Vale ressaltar que a exclusão dos estudos ocorreu devido à falta de relevância em relação à pergunta de pesquisa. Durante o processo de seleção, surgiram algumas discrepâncias e divergências entre os dois pesquisadores envolvidos, que foram resolvidas por meio de discussões detalhadas e busca por consenso. Essas discrepâncias foram principalmente relacionadas à interpretação dos critérios de inclusão e exclusão dos estudos. Para resolver essas questões, os pesquisadores revisaram individualmente os estudos discordantes, discutiram suas razões para inclusão ou exclusão e, quando necessário, consultaram critérios predefinidos no protocolo da revisão. Esse processo de análise permitiu uma abordagem rigorosa e imparcial na seleção dos estudos mais relevantes sobre o estado de conservação dos ecossistemas em questão.

A combinação da abordagem cienciométrica e da revisão sistemática ofereceu uma visão abrangente dos ambientes de restinga e manguezais no Nordeste brasileiro, identificando padrões, tendências e lacunas na pesquisa científica. Esses resultados oferecem informações valiosas sobre a importância ecológica desses ecossistemas, as ameaças que enfrentam e as direções futuras para a pesquisa e conservação.

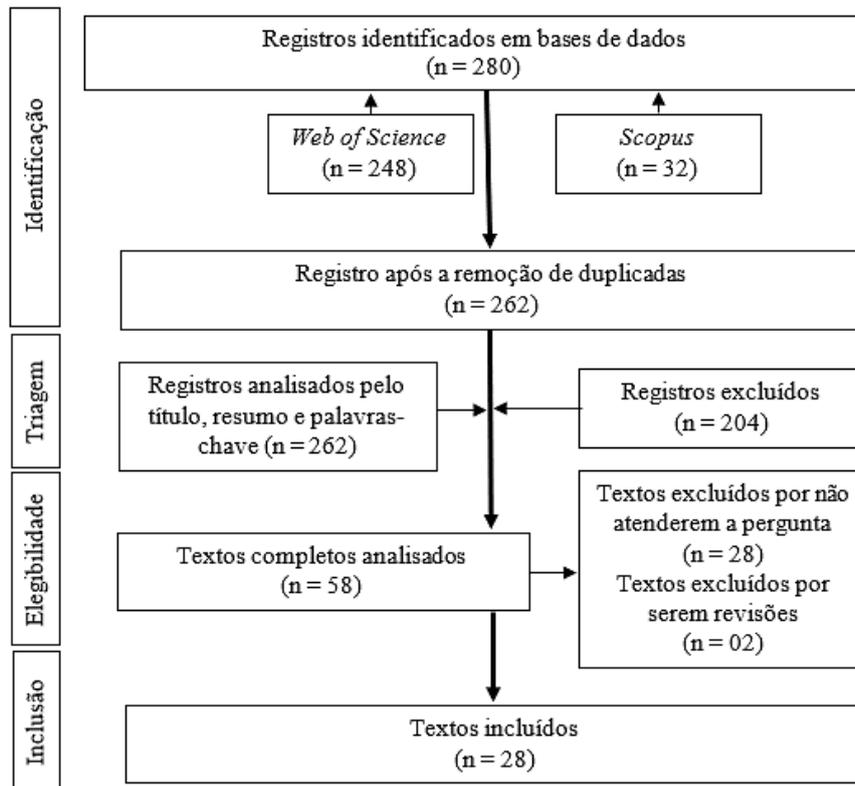


Figura 2. Fluxograma PRISMA de seleção de publicações e processo de inclusão. Nascimento et al. (2023).

A conservação dos ecossistemas de restinga e manguezal no Nordeste brasileiro é de extrema importância para a biodiversidade e a sustentabilidade costeira. A análise cienciométrica e revisão sistemática dos 28 artigos selecionados proporcionou uma compreensão abrangente das tendências de pesquisa, colaborações, tópicos abordados e contribuições para a conservação desses ecossistemas.

#### *Evolução temporal da produção científica*

A análise dos resultados revela uma variação significativa na quantidade de artigos ao longo dos anos (Figura 3).

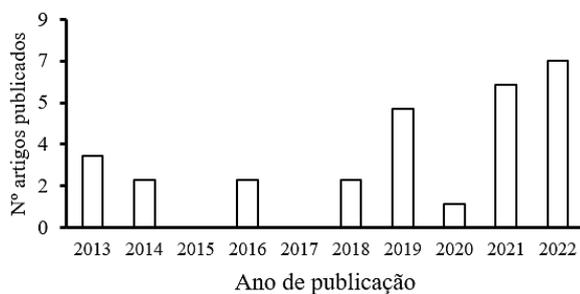


Figura 3. Número de artigos científicos publicados entre os anos de 2013 a 2022 sobre o estado de conservação dos ambientes de restinga e manguezal do Nordeste brasileiro. Nascimento et al. (2023).

Em 2013, foram identificados três artigos publicados sobre o tema dos ecossistemas de

restinga e manguezal no Nordeste brasileiro. No ano seguinte, em 2014, houve uma diminuição no número de publicações, com apenas dois artigos encontrados. Nos anos subsequentes, em 2015 e 2017, não foram encontradas publicações relevantes na área. No entanto, em 2016 e 2018, observou-se um aumento, com a identificação de dois artigos em cada um desses anos.

É importante frisar que as oscilações na quantidade de publicações podem indicar flutuações nas prioridades de pesquisa ao longo do tempo ou refletir limitações na disponibilidade de dados. A análise demonstrou claramente uma trajetória ascendente no interesse acadêmico em relação ao estado de conservação dos ambientes de restinga e manguezal desde 2018, culminando no expressivo número de publicações em 2022. Com exceção do ano de 2020, que houve uma única publicação. É possível que o baixo número de publicações sobre a temática no ano de 2020 possa estar relacionada a variados fatores, como, por exemplo, à pandemia da COVID-19.

A pandemia apresentou impactos significativos em várias áreas da pesquisa e da produção acadêmica, o que pode ter influenciado a quantidade de artigos publicados, principalmente na área ambiental (Santos Júnior & Souza, 2023). Algumas possíveis explicações incluem restrições de mobilidade, fechamento de laboratórios e universidades durante os períodos mais intensos da pandemia no território brasileiro. Além disso, a dificuldade de coleta de dados de campo e a

colaboração entre pesquisadores (Keen, Lomeli-Rodriguez & Joffe, 2022). No Brasil, a pandemia impactou os recursos financeiros disponíveis para pesquisa, com muitos projetos sendo adiados ou cancelados devido à redução de financiamento e incertezas econômicas.

Adaptação ao trabalho remoto, cuidados pessoais e questões de saúde mental também podem ter impactado a produtividade dos pesquisadores, reduzindo o tempo disponível para escrever e submeter artigos. Possíveis atrasos nos processos de revisão por pares e publicação também podem ter afetado a disponibilidade de novos artigos (Forti, Solino & Szabo, 2020). Portanto, a pandemia da COVID-19 certamente poderia ter influenciado o número de publicações sobre a temática no ano de 2020. Essa explicação é razoável considerando os desafios enfrentados por pesquisadores em todo o mundo durante esse período.

Um fator significativo que pode ter impulsionado a produção acadêmica sobre manguezais e restingas a partir de 2020 foi a revogação da Resolução CONAMA 303/2002, que

anteriormente regulava a proteção desses ecossistemas costeiros no Brasil. Esta resolução era fundamental para estabelecer diretrizes e normas para a conservação ambiental dessas áreas sensíveis. Sua revogação gerou preocupações e debates substanciais na comunidade acadêmica e na sociedade civil, amplamente cobertos pela mídia nacional e internacional. A revogação da Resolução CONAMA 303/2002 significou uma mudança no contexto regulatório e na proteção ambiental desses ecossistemas, destacando a necessidade contínua de pesquisa e ação para preservar sua biodiversidade e funções ecológicas.

#### *Mapa temático e termos relevantes abordados nos artigos*

No âmbito da análise cienciométrica, parte dos resultados engloba a elaboração de um mapa temático abrangendo os ecossistemas de restinga e manguezais (Figura 4), construído por meio da análise dos títulos das publicações abordadas na pesquisa, revelando um panorama da paisagem temática subjacente à investigação destes ecossistemas.

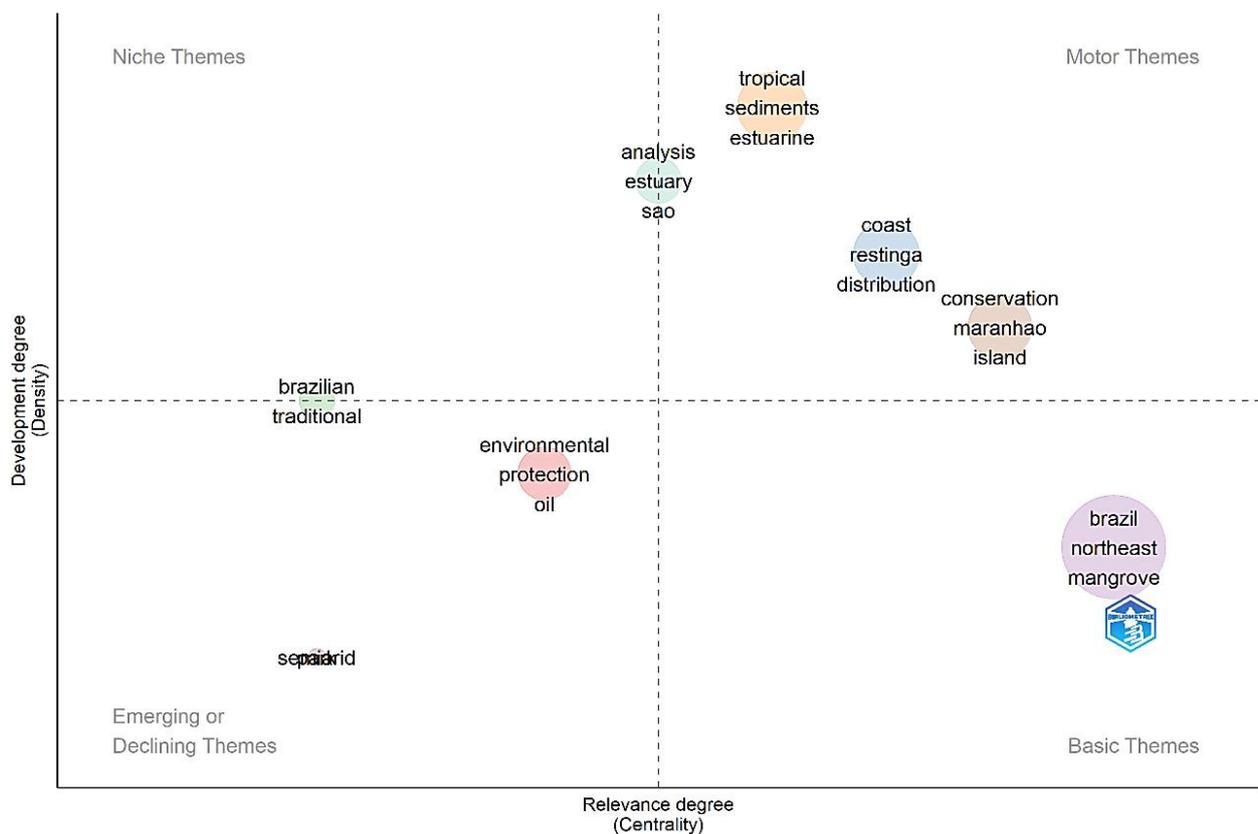


Figura 4. Mapa temático a partir dos títulos dos artigos sobre o estado de conservação dos ambientes de restinga e manguezal do Nordeste brasileiro entre 2013 e 2022. Nascimento et al. (2023).

Ao examinarmos esse mapa, notamos que temas relevantes emergiram nos quatro quadrantes. Os temas-chave (*Motor Themes*) de conservação, região costeira, restinga e região tropical revelam-

se como os pilares centrais da pesquisa. A ênfase na conservação destaca a preocupação crescente em proteger e preservar esses ecossistemas, enquanto o enfoque na região costeira e região





Figura 6. Mapa Mundial de colaboração entre os países entre 2013 e 2022 dos estudos sobre o estado de conservação dos ambientes de restinga e manguezal do Nordeste brasileiro. Nascimento et al. (2023).

O padrão de colaboração internacional também reflete a interconexão de questões ecológicas entre regiões geográficas. Esses resultados demonstram claramente a importância da colaboração internacional no avanço do conhecimento e na promoção da conservação dos ecossistemas de restinga e manguezal. As parcerias entre países proporcionam uma plataforma para compartilhar experiências, recursos e melhores práticas, ampliando a eficácia das pesquisas e das estratégias de preservação.

#### Afiliações mais relevantes

A análise das contribuições institucionais à literatura referente ao estado de conservação dos ecossistemas de restinga e manguezal do Nordeste brasileiro encontra-se representada na Figura 7. Com destaque para a Universidade Federal do Ceará (UFC), com um total de 12 autores (Meireles et al., 2013; Miola, Morais & Pinheiro, 2016; Duaví et al., 2021; Ferreira et al., 2022; Moura & Lacerda, 2022; Soares, Barros & Gerra, 2022). A predominância da UFC nesse panorama pode ser atribuída à sua localização geográfica no Nordeste brasileiro, conferindo-lhe acesso direto a uma variedade de ecossistemas costeiros e estuarinos.

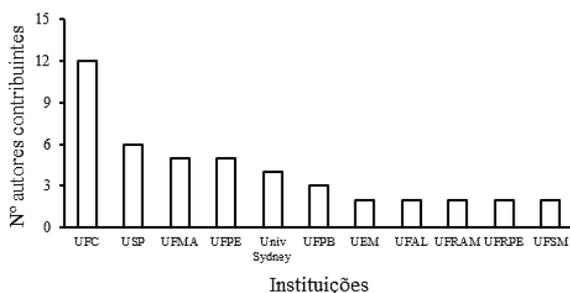


Figura 7. Instituições com mais autores contribuintes em artigos sobre a conservação dos

ambientes de restinga e manguezal do Nordeste brasileiro entre 2013 e 2022. Nascimento et al. (2023).

Além disso, a UFC exerce um papel central na promoção de pesquisas, de acordo com o *Ranking da Times Higher Education (THE)*, coloca a universidade entre as melhores do Brasil e a melhor entre o Norte e Nordeste (UFC, 2023). A Universidade de São Paulo (USP) se posiciona como segunda instituição proeminente, contribuindo com seis contribuintes (Santos et al., 2014; Jimenez et al., 2021; Nobre et al., 2022; Teixeira et al., 2022). Apesar de sua localização geográfica na região Sudeste do Brasil, dissociada da região Nordeste, a USP ostenta notória competência em pesquisas ambientais e científicas, justificando sua notável presença na pesquisa voltada aos ecossistemas de restinga e manguezal. De acordo com *Ranking da Times Higher Education (THE)* a USP se destaca como a melhor instituição do Brasil.

Destacam-se, também no *Ranking*, as instituições do Nordeste brasileiro, a Universidade Federal do Maranhão (UFMA) (Araújo, Silva & Almeida Jr., 2016; Amaral et al., 2019; Vieira-Serra & Almeida Jr., 2021) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (Oliveira et al., 2014; Magarotto & Costa, 2021; Passos et al., 2021; Passos et al., 2022), cada uma com cinco autores, demonstrando um firme comprometimento regional com a pesquisa e conservação dos ecossistemas costeiros. A proximidade geográfica destas instituições com os ecossistemas de restinga e manguezal reforça a sua posição estratégica na geração de conhecimento que reflita os desafios ecológicos e socioeconômicos da região.

A concentração de contribuições por instituições da própria região ratifica a premissa da pesquisa localizada como uma abordagem vital para compreender e conservar eficazmente esses ecossistemas. Simultaneamente, a colaboração interinstitucional, como evidenciada pela presença da Universidade de Sydney com quatro autores contribuintes (Passos et al., 2021; Passos et al., 2022), sublinha a universalidade do interesse em enfrentar os desafios da preservação costeira, de maneira abrangente e integrada.

#### *Principais documentos citados globalmente e principais metodologias utilizadas*

A análise das 28 publicações revelou um total de 13 artigos mais citados e a contribuição

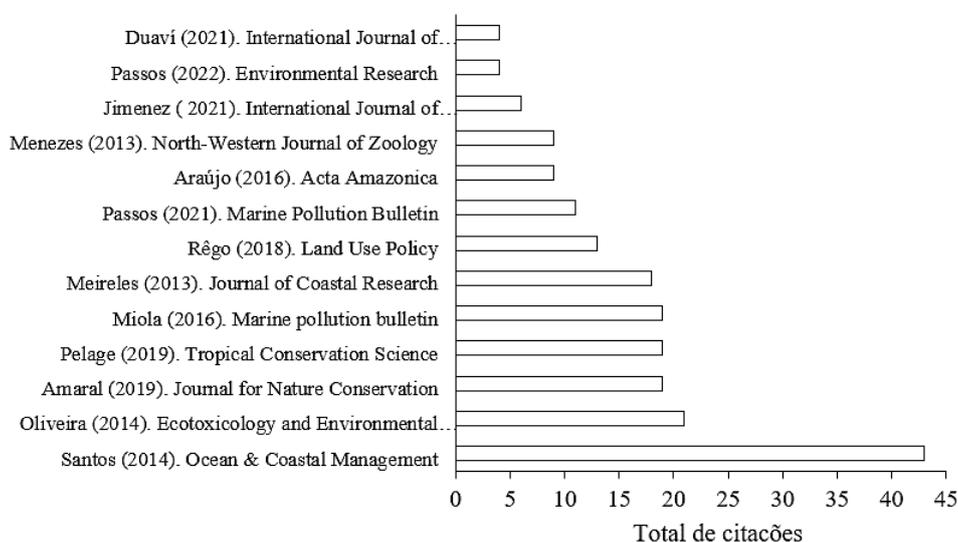


Figura 8. Principais documentos citados globalmente, entre os anos de 2013 e 2022, dos estudos sobre o estado de conservação dos ambientes de restinga e manguezal do Nordeste brasileiro. Nascimento et al. (2023).

Pelage et al. (2019), também com 19 citações, utilizaram imagens *Landsat* para identificar e mapear a cobertura de manguezais no estado de Pernambuco, em diferentes períodos de tempo. Miola, Morais & Pinheiro (2016), com 19 citações, avaliaram as concentrações de metais traços nos sedimentos de manguezais do estuário do Rio Coreaú, na costa Nordeste do Brasil. Meireles et al. (2013), citado 18 vezes, examinaram os impactos socioambientais de usinas eólicas nas comunidades tradicionais da costa oeste do Ceará. Rêgo, Soares-Gomes & Silva (2018), com 13 citações, descreveram a perda de cobertura vegetal costeira, especificamente a restinga, no Maranhão frente ao desenvolvimento urbano, através de sensoriamento remoto. Passos et al. (2021), com 11 citações, examinaram um perfil de sedimento de uma floresta de mangue perto de um grande complexo portuário em Suape, Nordeste do Brasil, para avaliar o impacto da rápida urbanização e industrialização.

significativa de diversos estudos para o entendimento dos ecossistemas de restinga e manguezal do Nordeste brasileiro (Figura 8). Para representação gráfica, foram considerados aqueles com três citações ou mais. Santos et al. (2014), com 43 citações, avaliaram e mapearam as atividades antrópicas nos manguezais do estuário do Rio São Francisco e forneceram uma série de diretrizes para um plano de manejo local. Oliveira et al. (2014), com 21 citações, analisaram a toxicidade de sedimentos de uma mancha de floresta de mangue em área urbana em Pernambuco. Amaral et al. (2019), com 19 citações, concentrou-se na estrutura da paisagem do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e as implicações para a conservação.

Araújo, Silva & Almeida Jr. (2016), citados nove vezes, investigaram a caracterização e o estado de conservação do estrato herbáceo nas dunas da Praia de São Marcos, Maranhão. No estudo de Menezes & Rocha (2013), com nove citações, foi registrado os potenciais fontes de perturbação do habitat e atribuiu um valor a cada fonte para estimar o grau de degradação em áreas de restingas em Genipabu, Rio Grande do Norte e em Florianópolis, Santa Catarina.

Jimenez et al. (2021), com seis citações, examinaram a dinâmica da matéria orgânica em solos de mangue durante processos de restauração, como estratégia para melhorar a qualidade do solo em manguezal do Nordeste. Passos et al. (2022), com quatro citações, registraram a retenção temporal de mercúrio e nutrientes nos sedimentos de mangue de um estuário altamente impactado em Recife, Pernambuco. Duaví et al. (2021), citado quatro vezes, discutiram os problemas de agrotóxicos em manguezais urbanizados e nas

propriedades físico-químicas do sedimento e águas do Rio Ceará, costa tropical do Nordeste brasileiro.

Os demais artigos receberam menos citações ( $n < 2$ ). Alves, Sassi & Santana (2013) realizaram uma análise da floresta de mangue na Lagoa do Bucatu, Nordeste do Brasil, abordando sua caracterização estrutural e impactos antrópicos. Ferreira et al. (2019) exploraram geossítios no estado de Alagoas, incluindo vegetação de restinga, e classificaram áreas de acordo com seu valor científico e riscos de degradação. Barberena, Sousa & Rocha Júnior (2019) realizaram expedições de campo para coletar informações sobre o substrato e as formações vegetais presentes nas áreas de dunas, restingas e lagoas de Abaeté em Salvador, Bahia. Pillon et al. (2019) realizaram coletas de caranguejos em manguezal de Pernambuco, e descreveram impactos ambientais nos manguezais e na população de caranguejos. Mariano et al. (2020) investigaram a composição de aves em áreas de fragmento nativo de floresta de restinga e em fragmentos com diferentes idades de reflorestamento. Vieira-Serra & Almeida Jr. (2021) realizaram amostragem fitossociológica da vegetação lenhosa de restinga no Maranhão, avaliando o estado de conservação. O estudo de Fabricante et al. (2021) consistiu em expedições abrangendo várias áreas naturais, incluindo restinga em Sergipe, coletando amostras vegetais e classificando-as quanto à origem (nativa ou não).

Magarotto & Costa (2021) apresentaram uma análise da variação da densidade de expansão da área urbana em Recife ao longo de quase um século em termos de seus conflitos com o manguezal remanescente. Ferreira et al. (2022) aplicaram medidas de restauração hidrológica para

restaurar um manguezal em uma salina abandonada do Nordeste, que envolveram a escavação de canais para restaurar o fluxo de água estuarina para propágulos de mangue. Teixeira et al. (2022) utilizaram ferramenta de geoprocessamento para mapear as áreas afetadas pelo derramamento de petróleo, especialmente em relação à preservação dos manguezais e recifes de coral. Nobre et al. (2022) utilizaram dados de sensoriamento remoto, modelagem numérica oceânica, juntamente com a química de dispersão de óleo na água do mar para identificar a origem do material oleoso encontrado na costa Nordeste do Brasil.

Moura & Lacerda (2022) discutem a emissão de mercúrio em estuários ao longo da costa semiárida do Ceará, e como as mudanças no uso da terra e as condições climáticas podem afetar a distribuição e a bioacessibilidade do mercúrio. Queiroz et al. (2022) registraram a dinâmica populacional dos bivalves invasores *Mytilopsis salleri* e *Isognomon bicolor* no estuário do Rio Sanhauá, praia de Jacarapé, Paraíba. Soares, Barros & Guerra (2022) documentaram a flexibilização da proteção ambiental das dunas no Brasil, aos estuários com manguezais e desestabilização o litoral como um todo.

#### Impactos das atividades humanas

A análise abrangente dos 28 artigos selecionados proporcionou informações relevantes sobre os impactos que afetam os ecossistemas de manguezal e restinga no Nordeste brasileiro. Abaixo, destacamos os impactos específicos identificados e a frequência de menções em cada tipo de ecossistema (Figura 9).

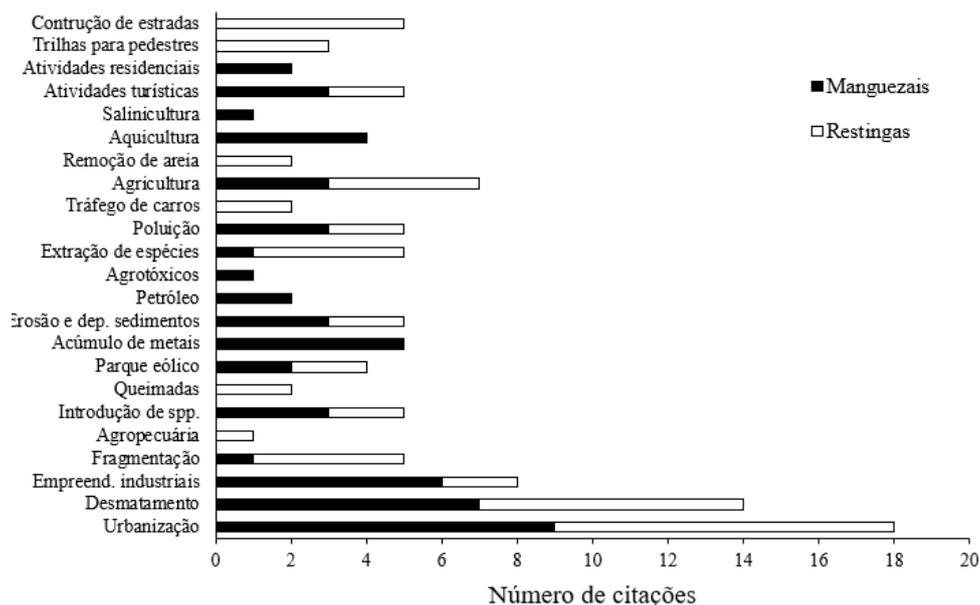


Figura 9. Impactos que afetam os ecossistemas de manguezal e restinga no Nordeste brasileiro abordados em 28 artigos entre o período de 2013 e 2022. Nascimento et al. (2023).

Os principais impactos no manguezal incluem urbanização (n = 9), desmatamento (n = 7), instalação de empreendimentos (n = 6), acúmulo de metais (n = 5) e aquicultura (n = 4), resultando em degradação da vegetação nativa e poluição desse importante ecossistema costeiro. De acordo com Alves, Sassi & Santana (2013), a Lagoa de Bucatu sofre com deposição de sedimentos, mudanças no nível da água e desmatamento, afetando negativamente o ecossistema de mangue. A análise histórica em Recife destaca os impactos adversos da urbanização desordenada nos manguezais, incluindo perda de biodiversidade, degradação da qualidade da água e erosão costeira. A importância econômica e cultural desses ecossistemas também é enfatizada, enquanto a falta de planejamento urbano resultou em contaminação, redução da área e impacto nas comunidades locais (Magarotto & Costa, 2021). Expansão urbana sem regeneração florestal e desrespeito às leis ambientais também agravaram a degradação do ambiente.

A aquicultura intensiva, especialmente a de camarões, emite mercúrio nos estuários, afetando a saúde dos organismos e a segurança alimentar local (Moura & Lacerda, 2022). Pelage et al. (2019) estudaram três estuários localizados nos estados de Pernambuco e Alagoas. Os autores concluíram que a expansão de portos, aquicultura, urbanização e agricultura ameaçam os manguezais, causando perda de habitat, fragmentação e degradação dos ecossistemas. Além disso, a poluição oriunda de atividades humanas compromete a qualidade da água e a saúde dessas áreas. As taxas de acumulação de carbono orgânico total e nitrogênio total aumentaram no manguezal do estuário próximo a um complexo portuário em Suape, Nordeste do Brasil, desde os anos 1980, devido ao rápido desenvolvimento urbano e industrial (Passos et al., 2021). Esse aumento pode levar à eutrofização da água, afetar a ecologia local, causar sedimentação e impactar negativamente a vida marinha.

Duaví et al. (2021) indicam que os pesticidas urbanos têm um impacto significativo nos manguezais. Foram encontradas altas concentrações de pesticidas na água e nos sedimentos em um manguezal altamente urbanizado em Fortaleza, Ceará. A avaliação de risco ecológico revelou que alguns pesticidas são extremamente tóxicos para organismos aquáticos. No estuário do rio Coreaú, CE, os manguezais enfrentam impactos ambientais devido a metais traços nos sedimentos, originados de atividades humanas como resíduos industriais e carcinicultura. Esses metais ameaçam organismos locais, a saúde do ecossistema e podem se espalhar

para habitats marinhos próximos, ampliando os danos (Miola, Morais & Pinheiro, 2016). Como observado por Passos et al. (2022) a taxa de acúmulo de metais nos sedimentos em manguezais no sistema estuarino de Itapessoca, Pernambuco, aumentou 13 vezes desde a década de 1960, destacando a capacidade dos sistemas de mangais tropicais em reter os poluentes do desenvolvimento urbano proximal.

Em Recife, Pernambuco, Oliveira et al. (2014) identificaram concentrações elevadas de Zinco e Cromo nos sedimentos do manguezal examinado, o que teve efeitos prejudiciais na reprodução de organismos bentônicos. Indicando que esses metais podem comprometer a vida marinha. De acordo com Nobre et al. (2022), a análise do derramamento de óleo ocorrido em 2019 no Nordeste brasileiro destaca os cenários e implicações desse desastre, ressaltando as consequências abrangentes desse evento para a biodiversidade e ecologia desses ambientes. O que corrobora os achados de Texeira et al. (2022): “o derramamento de óleo pode ter impactado negativamente esses ecossistemas, afetando a biodiversidade e a produtividade dos manguezais”.

A implantação de viveiros de camarões e salinas tem resultado na degradação de diversos manguezais em escala global. No semiárido brasileiro, onde poucos manguezais conseguem sobreviver nas condições hostis, essas áreas florestais tornam-se particularmente suscetíveis aos efeitos negativos da ação humana (Ferreira et al., 2022). No estudo de Santos et al. (2014), as atividades antrópicas encontradas nas áreas de manguezais do estuário do rio São Francisco foram a carcinicultura e a agricultura. A carcinicultura ocupando a maior área e ocorrendo dentro das florestas de mangue mais altas. Avaliando parques eólicos na planície costeira do Ceará, Meireles et al. (2013) identificaram efeitos adversos nas comunidades e no ambiente. Impactos abrangentes incluíram conflitos com comunidades tradicionais, preocupações de saúde pública, degradação de sítios arqueológicos, apropriação de terras públicas e degradação da água e solo, ressaltando também a flexibilização das normas de licenciamento ambiental.

Em Sergipe, Fabricante et al. (2021) classificaram 36 espécies com potencial invasor na restinga e 22 no manguezal. Impactos de introdução de espécies incluem mudanças na comunidade, inibição da regeneração nativa, interferência no ciclo de nutrientes, redução da produtividade e perda de biodiversidade, afetando negativamente a sociedade e os ecossistemas devido à competição desfavorável, perturbações e desequilíbrios ecológicos. Meireles et al. (2018)

indicam que o uso crescente de espécies não nativas com propósitos medicinais e alimentares no delta do Parnaíba pode contribuir para a disseminação de espécies exóticas. Os autores alertam também que atividades humanas, como desenvolvimento urbano, industrial, agrícola e turístico, têm o potencial de exaurir rapidamente os ecossistemas e recursos costeiros.

Pillon et al. (2019) descrevem que as principais ameaças à biodiversidade do manguezal incluem o crescimento de cidades adjacentes, derrubada de árvores, sobrepesca, plantações agrícolas e alterações climáticas. O estudo de Ferreira et al. (2019) aborda impactos nos ecossistemas de restinga e manguezal, destacando sua vulnerabilidade às alterações antrópicas, como erosão, degradação e urbanização. De acordo com os autores, geossítios vegetados são sensíveis à degradação, enquanto a urbanização desordenada no litoral de Alagoas afeta esses ecossistemas sensíveis. Para Soares, Barros & Guerra (2022), a revogação da resolução CONAMA 303 aumenta o risco de erosão costeira, danos aos ecossistemas de manguezais e desestabilização do litoral devido à ocupação das dunas móveis, ameaçando também a segurança hídrica do Nordeste do Brasil.

Os principais impactos nas restingas são urbanização (n = 9), desmatamento (n = 7) e construção de estradas (n = 5). Além disso, fragmentação, extração de espécies e agricultura receberam quatro menções cada, resultando em degradação da vegetação nativa colocando em risco a biodiversidade desse importante ecossistema costeiro. No Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, ações humanas como agricultura e trilhas causaram conversão de áreas de restinga densa em vegetação secundária, impactando cerca de 42% da cobertura vegetal original. A presença de trilhas e estradas não pavimentadas também prejudica a conectividade e fluxo gênico entre populações de organismos, afetando espécies florestais especialistas (Amaral et al., 2019). Isso resulta em perda de habitat, fragmentação e redução da conectividade das áreas de restinga.

A Praia de São Marcos, Maranhão, exemplifica os desafios enfrentados pela vegetação de restinga. Urbanização, ocupação humana, com estabelecimentos comerciais, mineração e queimadas frequentes afetam o ecossistema e intensificam a perda vegetal (Araújo, Silva & Almeida Jr., 2016). Rêgo, Soares-Gomes & Silva (2018) discutem a perda de cobertura vegetal na Ilha de Maranhão devido ao desenvolvimento urbano descontrolado, que causou impactos, como obstrução do vento, sombreamento das praias e degradação das praias devido ao uso intensivo. A

falta de saneamento adequado resultou em descargas ilegais de esgoto, contaminando as águas costeiras. A restinga na Ilha de São Luís enfrenta ainda ameaças como a extração de areia, a construção de residências de temporada e a exploração de recursos naturais, incluindo a colheita de frutas e madeira. Adicionalmente, a falta de sensibilização da comunidade local quanto à relevância da restinga e a ausência de políticas públicas direcionadas à sua proteção são elementos que podem comprometer sua preservação (Vieira-Serra & Almeida Jr., 2021).

Na Área de Proteção Ambiental (APA) do Abaeté, em Salvador, Bahia, impactos como desmatamento, coleta ilegal e crescimento urbano ameaçam a vegetação local. Potenciais impactos ambientais, como mudanças na vegetação, podem causar perda de habitat, mudanças climáticas e risco de extinção para algumas espécies nas formações de restinga e lagoas do Abaeté (Barberena, Sousa & Rocha Júnior, 2019). No litoral norte da Paraíba, Mariano et al. (2020) identificaram a fragmentação da paisagem como um dos principais impactos ambientais nas áreas de restinga. Assim, as restingas sofrem impactos que incluem a degradação e perturbação de seu habitat, oriundos de atividades humanas como urbanização, turismo, agricultura e extração de areia. Tais ações podem ocasionar destruição da vegetação, erosão do solo e mudanças no ciclo hidrológico natural, contribuindo para a redução da biodiversidade, incluindo a possível diminuição ou extinção local de espécies dependentes desse ecossistema (Menezes & Rocha, 2013).

#### *Estratégias para conservação*

De acordo com as informações fornecidas no subtópico anterior, os ecossistemas costeiros estudados estão sofrendo degradação crescente devido a impactos antrópicos. A falta de fiscalização e de punição para os infratores têm facilitado a degradação do ambiente. Portanto, é de extrema importância estabelecer programas para manter a integridade desses ecossistemas (Alves, Sassi & Santana, 2013). Uma estratégia é a criação de Unidades de Conservação. Amaral et al. (2019) propuseram cinco estratégias para a conservação e a restauração no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM), baseadas na cobertura vegetal nativa em cada Unidade de Análise (UA). As estratégias incluem conservação para UAs com alta cobertura, conservação com manejo para cobertura moderada, manejo para cobertura baixa, manejo e restauração para cobertura muito baixa, e restauração para cobertura extremamente baixa. Essas estratégias visam preservar e recuperar a

biodiversidade no PNLM, de acordo com a avaliação de cada UA (Amaral et al., 2019).

Segundo Pelage et al. (2019), diversas estratégias foram destacadas para a conservação dos manguezais, como a identificação de áreas prioritárias, o monitoramento do uso da terra e cobertura vegetal via sensoriamento remoto, a avaliação dos impactos da aquicultura utilizando a mesma tecnologia, o estudo dos efeitos da salinização e da conectividade costeira, o desenvolvimento de modelos de paisagem para compreender mudanças, a análise dos impactos das mudanças climáticas e da fragmentação florestal, além da identificação de áreas de pesca e práticas tradicionais que promovem a conservação.

Araújo, Silva & Almeida Jr. (2016) mencionam a necessidade de implementar medidas ambientais urgentes para promover a proteção dos remanescentes de vegetação litorânea e traçar estratégias de uso sustentável pela população, a fim de assegurar a proteção da biodiversidade da área que ainda está extremamente vulnerável à depredação. Magarotto & Costa (2021) discutem a necessidade de uma abordagem integrada para a gestão costeira, que leve em consideração tanto as necessidades de desenvolvimento urbano quanto as necessidades de conservação ambiental.

Outras estratégias propostas incluem: vigilância constante nas áreas, monitoramento urbano, trilhas não fragmentadoras, educação ambiental intensificada, ecoturismo controlado, parcerias para políticas de conservação, apoio a pesquisadores, inventários de biodiversidade, rede de informação colaborativa sobre a vegetação local e manejo com polinização artificial, reprodução assexuada e transplante dentro da APA Abaeté (Barberena, Sousa & Rocha Júnior, 2019).

Com base nos achados, Meireles et al. (2018) propõem a valorização e registro do conhecimento botânico tradicional de comunidades costeiras. Destacam a eficácia do conhecimento tradicional para a conservação da biodiversidade, especialmente em ambientes frágeis, e a importância de estudos etnobotânicos. E enfatizam a relevância da criação de UCs, para promover uso sustentável e reconhecimento de populações tradicionais e seus territórios. No entanto, Rêgo, Soares-Gomes & Silva (2018) mencionam que a criação de Áreas de Proteção Ambiental (APA) nem sempre são eficazes na preservação da cobertura vegetal devido à pressão do mercado imobiliário.

A manutenção da resolução CONAMA 303 é essencial para proteger as dunas móveis, que desempenham um papel fundamental como reservatórios de água doce e na mitigação dos impactos das mudanças climáticas, garantindo

assim a conservação dos valiosos bens e serviços que esses ecossistemas prestam à sociedade (Soares, Barros & Guerra, 2022).

Os resultados encontrados por Duaví et al. (2021) sugerem que os pesticidas urbanos representam uma preocupação ambiental nessas áreas costeiras, e medidas de controle e monitoramento devem ser implementadas para minimizar os impactos negativos desses produtos químicos nos ecossistemas de manguezais. Moura & Lacerda (2022) destacam a necessidade de práticas de gestão aprimoradas para reduzir a contaminação por mercúrio em ambientes estuarinos. Santos et al. (2014) recomendam a implementação de práticas sustentáveis de aquicultura, o cumprimento das leis relacionadas à licença e operação da criação de camarões e o apoio à criação de cooperativas comunitárias para a execução de aquicultura sustentável. O derramamento de petróleo, como ocorreu no Nordeste, em 2019, mostrou impactos ambientais importantes e demanda planejamento para futuras situações semelhantes (Nobre et al., 2022).

No contexto das estratégias de conservação de manguezais no Nordeste brasileiro, a análise da matéria orgânica do solo em diferentes estágios de desenvolvimento revelou que o replantio de mudas de mangue tem um impacto positivo na quantidade de matéria orgânica. Esse resultado encontrado por Jimenez et al. (2021) sugere melhorias na qualidade do solo e na biodiversidade do ecossistema de manguezal. Os apicuns (áreas naturais mais arenosas contíguas a manguezais), muitas vezes hipersalinas, podem ser colonizadas por manguezais se a cobertura das marés aumentar e devem, portanto, ser protegidas para garantir a conservação dos manguezais contra o aumento previsto do nível do mar (Ferreira et al., 2022). Mariano et al. (2020) mencionam duas estratégias de conservação: reflorestamento e enriquecimento de áreas restauradas. Eles destacam que o reflorestamento é uma estratégia importante para a conservação, mas ressaltam a necessidade de medidas adicionais para promover o enriquecimento dessas áreas e disponibilização de recursos para espécies dependentes de ambientes florestais.

#### *Lacunas de conhecimento e direções futuras de pesquisa*

Os padrões de citação indicam uma rede de colaboração e interconexão de pesquisas no Nordeste do Brasil, revelando como diferentes estudos contribuem para a compreensão holística dos ecossistemas costeiros e suas interações com fatores antrópicos. A diversidade de abordagens, desde a ecologia até a gestão e conservação,

demonstra a complexidade desses sistemas e a importância contínua da pesquisa científica para orientar a tomada de decisões e ações de preservação. Esses resultados enfatizam a necessidade de medidas de conservação abrangentes, estratégias de restauração e ações coordenadas entre diversos setores para preservar a biodiversidade e funções ecossistêmicas dos ambientes de restinga e manguezal no Nordeste brasileiro.

Portanto, sugerimos temáticas que podem ser abordadas em estudos futuros: a) Realizar estudos detalhados para entender a biodiversidade única desses ecossistemas e como as diferentes espécies interagem entre si. Isso pode ajudar a identificar espécies vulneráveis e a entender os impactos das ameaças; b) Programas de monitoramento de longo prazo podem fornecer informações valiosas sobre as tendências de degradação e recuperação desses ecossistemas. Isso pode auxiliar na avaliação da eficácia das estratégias de conservação; c) Dado que as mudanças climáticas são uma ameaça crescente, as pesquisas devem investigar os impactos das mudanças climáticas nos ecossistemas de restinga e manguezais, incluindo os efeitos do aumento do nível do mar, das emissões de CO<sub>2</sub> e das temperaturas; d) Examinar os efeitos específicos da contaminação por metais e agrotóxicos nos organismos desses ecossistemas e como isso afeta a saúde dos ecossistemas em geral e das populações pesqueiras e seus territórios; e) Desenvolver técnicas de restauração eficazes para esses ecossistemas podem ser fundamentais para sua conservação. Além disso, as estratégias de manejo e a preservação ambiental precisam ser exploradas com pesquisas envolvendo as populações atingidas desde as perdas de biodiversidade; f) Avaliar o impacto de políticas públicas e regulamentações ambientais na conservação desses ecossistemas podem fornecer informações valiosas sobre como melhorar a governança para a proteção ambiental; g) Avançar na análise dos impactos da urbanização desordenada e no desenvolvimento não planejado nas áreas costeiras, incluindo estudos de caso que demonstrem os efeitos adversos e estratégias para mitigá-los; h) Investigar as interações e interdependências entre ecossistemas de restinga e manguezais pode revelar informações importantes sobre como proteger esses ambientes costeiros complexos; i) Avaliar a eficácia das campanhas de educação ambiental e conscientização pública podem ajudar a promover uma maior compreensão da importância desses ecossistemas e incentivar práticas mais sustentáveis; j) Como o Nordeste brasileiro abrange uma área geográfica com

diferentes características ambientais, as pesquisas específicas podem ser necessárias para desenvolver estratégias de conservação adequadas por setores e trechos da planície costeira; k) Essas sugestões podem ajudar a preencher lacunas de conhecimento e fornecer informações essenciais para a conservação eficaz dos ecossistemas de restinga e manguezais no nordeste brasileiro.

Por meio do desenvolvimento dessas temáticas espera-se que a pesquisa e as ações futuras possam contribuir para a conservação dos ambientes de restinga e manguezal no Nordeste brasileiro. Entretanto, apesar dos avanços na pesquisa sobre a conservação, lacunas de conhecimento ainda persistem. A abordagem de temas como a restauração ecológica após impactos, a relação entre a biodiversidade e a funcionalidade dos ecossistemas, a dinâmica das comunidades e as implicações do desenvolvimento urbano podem fornecer informações cruciais para a conservação sustentável dessas áreas frágeis.

### Conclusão

A conservação dos ecossistemas costeiros é extremamente relevante, fundamentada nas evidências apresentadas ao longo deste estudo. As variações na produção acadêmica, especialmente durante a pandemia da COVID-19, evidenciam a necessidade de adaptação e resiliência nas práticas de pesquisa e conservação.

A análise cienciométrica e a representação gráfica dos temas dos artigos destacam a relevância geográfica de regiões como o Brasil, particularmente o Nordeste, e ecossistemas como os manguezais. As colaborações internacionais e contribuições institucionais reforçam a interconexão global das questões ecológicas e a importância das parcerias para o avanço do conhecimento e a conservação.

As atividades antrópicas e a dinâmica da matéria orgânica em solos de mangue são áreas críticas que requerem atenção contínua. Estratégias amplas de conservação são imprescindíveis, incluindo a criação de Unidades de Conservação, práticas sustentáveis e a valorização do conhecimento tradicional. Políticas integradas de gestão costeira são essenciais para garantir a sustentabilidade desses ecossistemas.

A robusta rede colaborativa entre pesquisadores no Nordeste do Brasil evidencia uma abordagem holística na compreensão dos ecossistemas costeiros e suas interações. A diversidade de abordagens metodológicas e temáticas reforça a importância contínua da pesquisa científica na orientação de decisões e estratégias de preservação.

Reconhecendo as limitações inerentes a esta revisão sistemática, como a restrição a determinados bancos de dados e o período de análise, é fundamental abordar essas lacunas em pesquisas futuras. Estudos detalhados sobre biodiversidade, a implementação de programas de monitoramento de longo prazo e avaliações abrangentes das políticas públicas existentes, além da investigação dos impactos da urbanização desordenada, são essenciais. Apesar dos avanços, persistem lacunas de conhecimento, ressaltando a necessidade de estudos focados em restauração ecológica, na relação biodiversidade-funcionalidade e nas implicações do desenvolvimento urbano.

Portanto, garantir a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros no Nordeste brasileiro exige uma abordagem integrada e colaborativa, aliando a pesquisa científica à implementação de políticas eficazes e práticas de conservação sustentáveis.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro, mediante a concessão de bolsa de estudos de doutorado de Louize Nascimento.

### Referências

- Albuquerque, R.; Santos, M.; Maia, R. 2021. Estratégias para Educação Ambiental sobre o ecossistema manguezal na Educação Básica. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 16, (5), 115-133. <https://doi.org/10.34024/revbea.2021.v16.11672>
- Alves, R. R. N.; Sassi, R.; Santana, G. G. 2013. The mangrove forest at the Bucatu Lagoon, Northeast Brazil: structural characterization and anthropic impacts. *Tropical Conservation Science*, 6, (2), 254-267. <https://doi.org/10.1177/194008291300600207>
- Amaral, Y. T.; Santos, E. M.; Ribeiro, M. C.; Barreto, L. 2019. Landscape structural analysis of the Lençóis Maranhenses national park: Implications for conservation. *Journal for Nature Conservation*, 51, 125725. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2019.125725>
- Araújo, A. C. M.; Silva, A. N. F. D.; Almeida Jr, E. B. D. 2016. Structural characterization and conservation status of the herbaceous stratum at Praia de São Marcos dunes, Maranhão State, Brazil. *Acta Amazonica*, 46, (3), 247-258. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201504265>
- Azevedo-Júnior, S. M.; Santos, L. D. A. N.; Silva Pereira, I. M.; Pereira, G. A.; Telino Júnior, W. R.; Lyra-Neves, R. M. 2023. Estado da arte do conhecimento da avifauna da Caatinga. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 8, (2), 110-122. <https://doi.org/10.24221/jeap.8.2.2023.5234.110-122>
- Barberena, F. F. V. A.; Sousa, T. D. S.; Rocha Júnior, J. A. L. 2019. Mapping threats to the orchid populations in an environmental protection area in Bahia, Northeast Brazil. *Oecologia Australis*, 23, (2), 346-356. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2302.12>
- Barbosa, T. A.; Gomes Filho, R. R. 2022. Biodiversidade e conservação da Caatinga: revisão sistemática. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 7, (4), 177-189. <https://doi.org/10.24221/jeap.7.4.2022.5228.177-189>
- Bush, V. 2020. *Science, the endless frontier*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9780691201658>
- Callou, M. A. M.; Callou, R. C. M.; Coelho, J. L. G.; Sampaio, J. R. F.; Rocha, E. M. B.; Menezes, R. N.; ... Santana, W. J. 2021. Impacto da intervenção para o consumo de frutas e hortaliças em escolas públicas no Brasil: revisão sistemática com meta-análise e metarregressão. *Brazilian Journal of Development*, 7, (4), 37921-37932. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-313>
- Casarin, S. T.; Porto, A. R.; Gabatz, R. I. B.; Bonow, C. A.; Ribeiro, J. P.; Mota, M. S. 2020. Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do *Journal of Nursing and Health*. *Journal of Nursing and Health*, 10, (5), e20104031. <https://doi.org/10.15210/jonah.v10i5.19924>
- Cavalcanti, L. B. M. 2022. A proteção da zona costeira e a conservação da biodiversidade marinha no contexto de planejamento integrado urbano sustentável. *Revista do Ministério Público de Contas do Estado do Paraná*, 9, (16), 125-137. [https://revista.mpc.pr.gov.br/index.php/RMP\\_CPR/article/view/112/97](https://revista.mpc.pr.gov.br/index.php/RMP_CPR/article/view/112/97)
- Donato, H.; Donato, M. 2019. Etapas na condução de uma revisão sistemática. *Acta Médica Portuguesa*, 32, (3), 227-235. <https://doi.org/10.20344/amp.11923>
- Duaví, W. C.; Gama, A. F.; Damasceno, E. P.; Moreira, L. B.; Silva, V. P. A.; Nascimento, R. F.; Cavalcante, R. M. 2021. Are pesticides only a problem from rural areas? The case of a highly urbanised tropical mangrove (Fortaleza, CE, Brazil). *International Journal*

- of Environmental Analytical Chemistry, 1-19.  
<https://doi.org/10.1080/03067319.2021.1946524>
- Fabricante, J. R.; Araújo, K. C. T.; Almeida, T. S.; Santos, J. P. B.; Reis, D. O. 2021. Invasive alien plants in Sergipe, north-eastern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, 16, (1), 89-104.  
<https://doi.org/10.3897/neotropical.16.e56427>
- Ferreira, A. C.; Freire, F. A. M.; Rodrigues, J. V. M.; Bezerra, L. E. A. 2022. Mangrove Recovery in Semiarid Coast Shows Increase of Ecological Processes from Biotic and Abiotic Drivers in Response to Hydrological Restoration. *Wetlands*, 42, (7), 80.  
<https://doi.org/10.1007/s13157-022-01603-0>
- Ferreira, B.; Silva, T. C. L.; Soares, M. A.; Santos Júnior, J. F. 2019. Patrimônio Geológico do Litoral da Região Metropolitana de Maceió–RMM, Estado de Alagoas, Nordeste do Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*, 5, (2), 108-130.  
<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2019v5n2ID18737>
- Forti, L. R.; Solino, L. A.; Szabo, J. K. 2021. Trade-off between urgency and reduced editorial capacity affect publication speed in ecological and medical journals during 2020. *Humanities and Social Sciences Communications*, 8, (1), 1-9.  
<https://doi.org/10.1057/s41599-021-00920-9>
- Galvão, M. C. B.; Ricarte, I. L. M. 2019. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: Filosofia da Informação*, 6, (1), 57-73.  
<https://doi.org/10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73>
- Guimarães, E. A.; Emerick, M. C.; Ferreira, B. D.; Maia, F. T. M.; Salvador Neto, O.; Carneiro, G. G. S.; Gonçalves, F. N. 2021. Avaliação espaço-temporal da variação da vegetação de restinga: o caso do bairro Lagomar, Macaé-RJ. *Revista Espaço e Geografia*, 24, (2), 114-133.  
<https://periodicos.unb.br/index.php/espacoeg/ogografia/article/view/40270>
- Jimenez, L. C. Z.; Queiroz, H. M.; Otero, X. L.; Nóbrega, G. N.; Ferreira, T. O. 2021. Soil organic matter responses to Mangrove restoration: A replanting experience in Northeast Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, (17), 8981.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph18178981>
- Keen, S.; Lomeli-Rodriguez, M.; Joffe, H. 2022. From challenge to opportunity: virtual qualitative research during COVID-19 and beyond. *International Journal of Qualitative Methods*, 21, 16094069221105075.  
<https://doi.org/10.1177/16094069221105075>
- Lacerda, L. D.; Ward, R. D.; Godoy, M. D. P.; Meireles, A. J. A.; Borges, R.; Ferreira, A. C. 2021. 20-years cumulative impact from shrimp farming on mangroves of Northeast Brazil. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 653096.  
<https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.653096>
- Loureiro, C. V.; Oliveira, C. F. 2019. Os aspectos socioeconômicos do manguezal do rio Coreá e sua relação com a sustentabilidade ambiental. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, 13, (5), 78-83.  
<https://doi.org/10.21439/conexoes.v13i5.1812>
- Luz, G. D.; Teixeira, S. F. 2019. Importância do manguezal e das barreiras físicas na contenção de resíduos sólidos nas margens de um estuário urbano. *Ciência Geográfica*, 23, (2), 790-803.  
[https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII\\_2/agb\\_xxiii\\_2\\_web/agb\\_xxiii\\_2-33.pdf](https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII_2/agb_xxiii_2_web/agb_xxiii_2-33.pdf)
- Magarotto, M. G.; Costa, M. F. 2021. Mangrove Park of Recife: A century of extreme uses and abuses (?). *Regional Studies in Marine Science*, 42, 101654.  
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101654>
- Mariano, E. F.; Vieira-Filho, A. H.; Costa, G. A. T.; Araújo, H. F. P.; Hernandez, M. I. M. 2020. Bird assembly in restinga reforested areas. *Acta Brasiliensis*, 4, (2), 91-98.  
<https://doi.org/10.22571/2526-4338305>
- Meireles, A. J. A.; Gorayeb, A.; Silva, D. R. F.; Lima, G. S. 2013. Socio-environmental impacts of wind farms on the traditional communities of the western coast of Ceará, in the Brazilian Northeast. *Journal of Coastal Research*, (65), 81-86.  
<https://doi.org/10.2112/SI65-015.1>
- Meireles, V. D. J. S.; Meireles, M. P. A.; Vieira, F. J.; Campos, J. B.; Barros, R. F. M. 2018. Conhecimento botânico tradicional e conservação de espécies na RESEX Delta do Parnaíba, Nordeste do Brasil. *Espacios* 39, (45), 4.  
<http://es.revistaespacios.com/a18v39n45/a18v39n45p04.pdf>
- Menezes, V. A.; Rocha, C. F. D. 2013. Geographic distribution, population densities, and issues on conservation of whiptail lizards in restinga habitats along the eastern coast of Brazil.

- North-Western Journal of Zoology, 9, (2), 337-344.  
<https://biozoojournals.ro/nwjz/content/v9n2/nwjz.131515.Menezes.pdf>.
- Miola, B.; Morais, J. O.; Pinheiro, L. S. 2016. Trace metal concentrations in tropical mangrove sediments, NE Brazil. *Marine pollution bulletin*, 102, (1), 206-209.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.039>
- Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D. G.; PRISMA Group\*. 2009. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151, (4), 264-269.  
<https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Moura, V. L.; Lacerda, L. D. 2022. Mercury Sources, Emissions, Distribution and Bioavailability along an Estuarine Gradient under Semiarid Conditions in Northeast Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, (24), 17092.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph192417092>
- Nascimento, L.; Carvalho, R. G.; Oliveira, J. F.; Meireles, A. J. A. 2022. Importância das restingas e os instrumentos legais de proteção diante da crescente flexibilização da legislação ambiental. *REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA*, 15, (2), 72-80.  
<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/700>
- Nobre, P.; Lemos, A. T.; Giarolla, E.; Camayo, R.; Namikawa, L.; Kampel, M.; ... Polito, P. S. 2022. The 2019 northeast Brazil oil spill: cenários. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220210391>
- Oliveira, D. D.; Souza-Santos, L. P.; Silva, H. K. P.; Macedo, S. J. 2014. Toxicity of sediments from a mangrove forest patch in an urban area in Pernambuco (Brazil). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 104, 373-378.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.02.004>
- Passos, T.; Sanders, C. J.; Barcellos, R.; Penny, D. 2022. Assessment of the temporal retention of mercury and nutrient records within the mangrove sediments of a highly impacted estuary. *Environmental Research*, 206, 112569.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112569>
- Passos, T.; Penny, D.; Sanders, C.; França, E.; Oliveira, T.; Santos, L.; Barcellos, R. 2021. Mangrove carbon and nutrient accumulation shifts driven by rapid development in a tropical estuarine system, northeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 166, 112219.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112219>
- Pelage, L.; Domalain, G.; Lira, A. S.; Travassos, P.; Frédou, T. 2019. Coastal land use in Northeast Brazil: mangrove coverage evolution over three decades. *Tropical Conservation Science*, 12, 1-15.  
<https://doi.org/10.1177/1940082918822411>
- Pillon, C. F.; Gonçalves, A. S.; Santos, S.; Castiglioni, D. S. 2019. Composition and diversity of crabs (Decapoda, Brachyura) of Brazilian northeast mangrove. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 19, (1), 27-41.  
<https://doi.org/10.5894/rgci-n212>
- Price, D. J. D. S. 1963. *Little science, big science*. Columbia University Press. 119p.
- Queiroz, R. N. M.; Dias, T. L. P.; Batista, R.; Silva, P. M. 2022. Reproduction and population dynamics of the invasive bivalves *Mytilopsis sallei* and *Isognomon bicolor* on the Northeast coast of Brazil. *Zoology*, 153, 126028.  
<https://doi.org/10.1016/j.zool.2022.126028>
- R Core Team. 2023. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rêgo, J. C. L.; Soares-Gomes, A.; Silva, F. S. 2018. Loss of vegetation cover in a tropical island of the Amazon coastal zone (Maranhão Island, Brazil). *Land Use Policy*, 71, 593-601.  
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.055>
- Santos Júnior, R. S.; Souza, R. R. 2023. Panorama dos impactos causados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos na biodiversidade. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 8, (2), 062-069.  
<https://doi.org/10.24221/jeap.8.2.2023.5284.062-069>
- Santos, C. R.; Freitas, R. R.; Medeiros, J. D. 2023. Participação social e retrocessos na proteção da vegetação de restinga no Brasil no período entre 1965 e 2021. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 61, 58-84.  
<https://doi.org/10.5380/dma.v61i0.81531>
- Santos, L. C. M.; Matos, H. R.; Schaeffer-Novelli, Y.; Cunha-Lignon, M.; Bitencourt, M. D.; Koedam, N.; Dahdouh-Guebas, F. 2014. Anthropogenic activities on mangrove areas (São Francisco River Estuary, Brazil Northeast): a GIS-based analysis of CBERS and SPOT images to aid in local management. *Ocean & coastal management*, 89, 39-50.  
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.12.010>

- Soares, M. O.; Barros, E. L.; Guerra, R. G. P. 2022. Not just sand: The folly of dismantling the environmental protection of dunes in Brazil. *Land Use Policy*, 112, 105803. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105803>
- Souza, C. D.; Silva, F. E. B.; Diniz, M. T. M. 2023. Unidades de paisagem das planícies costeiras do litoral oriental do Rio Grande do Norte, Nordeste–Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16, (1), 443-465. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.1.p443-465>
- Teixeira, B. F.; Souza, I. R.; Teixeira, D. L. S.; Bargos, D. C.; Grilo, L. M.; Silva, L. T. 2022. Locations Reached by Oil in 2019 and Subsequent Impacts in Environmental Protection Area of Costa dos Corais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15, (3), 1402-1416. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.3.p1402-1416>
- UFC. Universidade Federal do Ceará. 2023. UFC avança 10 posições e é a 23ª melhor da América Latina e a 1ª do Norte e Nordeste, aponta ranking britânico. <https://www.ufc.br/noticias/17966-ufc-avanca-10-posicoes-e-e-a-23-melhor-da-america-latina-e-a-1-do-norte-e-nordeste-aponta-ranking-britanico>
- Vieira-Serra, F. C.; Almeida-Jr., E. B. 2021. Phytosociology, successional level, and conservation of the woody component in a “restinga” of Maranhão island, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, 69, (2), 743-754. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.42265>