



Capacidade adaptativa da vulnerabilidade em estuários tropicais: desafios e direcionamentos da gestão e democracia ambiental

Regina Célia Macêdo do Nascimento

Doutora em Ciências Ambientais
Universidade Federal de São Carlos, Brasil
nascimento.regina@live.com
ORCID 0000-0001-6320-0817

Frederico Yuri Hanai

Professor Doutor do Departamento de Ciências Ambientais
Universidade Federal de São Carlos, Brasil
fredyuri@ufscar.br
ORCID 0000-0001-8428-0019

Submissão: 04/05/2025

Aceite: 05/02/2026

NASCIMENTO, Regina Célia Macêdo do; HANAI, Frederico Yuri. Capacidade adaptativa da vulnerabilidade em estuários tropicais: desafios e direcionamentos da gestão e democracia ambiental. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, [S. l.], v. 22, n. 1, p. e2515, 2026. DOI: [10.17271/1980082722120266268](https://doi.org/10.17271/1980082722120266268). Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/6268.

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Capacidade adaptativa da vulnerabilidade em estuários tropicais: desafios e direcionamentos da gestão e democracia ambiental

RESUMO

Objetivo - identificar os principais aspectos da capacidade adaptativa da vulnerabilidade, frente a riscos ou exposições à ameaças ambientais e antrópicas em estuários tropicais, destacando os principais desafios e direcionamentos da gestão e democracia ambiental para esse ecossistema.

Metodologia – a primeira etapa metodológica se deu por meio de uma Revisão Bibliográfica Sistemática, a qual permitiu a identificação, seleção e análise crítica de estudos relevantes sobre vulnerabilidade, gestão e democracia ambiental em estuários tropicais. A segunda etapa envolveu uma análise de conteúdo, a fim de categorizar e interpretar os principais achados das publicações selecionadas.

Originalidade/relevância – a pesquisa preenche uma lacuna teórica relacionada à integração entre democracia ambiental e gestão territorial em estuários tropicais, tema ainda pouco explorado sob uma perspectiva sistêmica e de múltiplas escalas. Ainda, as articulações entre as temáticas contribuem para o avanço do conhecimento em políticas públicas ambientais e na governança de ecossistemas costeiros complexos, como os estuários.

Resultados - três aspectos principais foram identificados: (I) a importância do envolvimento dos atores sociais na criação de uma gestão ambiental integrada e justa; (II) os desafios na proteção dos estuários, que exigem compreensão de suas vulnerabilidades em diferentes escalas espaciais e temporais; e (III) o desenvolvimento de uma gestão territorial que incorpore monitoramento eficiente e ferramentas de modelagem adaptadas às especificidades locais (ambientais e sociais).

Contribuições teóricas/metodológicas - a relevância da democracia ambiental como elemento cerne para a resiliência socioecológica em estuários tropicais, enfatizando a necessidade da participação ativa das comunidades tradicionais na tomada de decisões.

Contribuições sociais e ambientais – socialmente tem-se a valorização do conhecimento tradicional e o fortalecimento das capacidades comunitárias para atuação em processos decisórios. Ambientalmente, a pesquisa direciona caminhos para uma gestão mais sensível às especificidades ecológicas dos estuários, favorecendo políticas públicas mais justas, eficazes e sustentáveis frente as vulnerabilidades ambientais.

2

PALAVRAS-CHAVE: Gestão integrada. Justiça social. Participação comunitária.

Adaptive capacity of vulnerability in tropical estuaries: challenges and directions for environmental governance and democracy

ABSTRACT

Objective – To identify the main aspects of adaptive capacity in relation to vulnerability, considering risks or exposure to environmental and anthropogenic threats in tropical estuaries, while highlighting key challenges and directions for environmental management and democracy in this ecosystem.

Methodology – The first methodological stage consisted of a Systematic Literature Review, which enabled the identification, selection, and critical analysis of relevant studies on vulnerability, management, and environmental democracy in tropical estuaries. The second stage involved content analysis in order to categorize and interpret the main findings of the selected publications.

Originality/relevance – This research addresses a theoretical gap concerning the integration of environmental democracy and territorial management in tropical estuaries, a topic still underexplored from a systemic and multi-scalar perspective. Furthermore, the articulation between these themes contributes to the advancement of knowledge in environmental public policy and the governance of complex coastal ecosystems such as estuaries.

Results – Three main aspects were identified: (I) the importance of involving social actors in the creation of integrated and equitable environmental management; (II) the challenges of protecting estuaries, which require understanding their vulnerabilities at different spatial and temporal scales; and (III) the development of territorial management that incorporates efficient monitoring and modeling tools adapted to local (environmental and social) specificities.

Theoretical/methodological contributions – The study highlights the significance of environmental democracy as a central element for socio-ecological resilience in tropical estuaries, emphasizing the need for the active participation of traditional communities in decision-making processes.

Social and environmental contributions – Socially, the study promotes the recognition of traditional knowledge and the strengthening of community capacities for engagement in decision-making. Environmentally, the research offers pathways toward a management approach that is more sensitive to the ecological specificities of estuaries, fostering public policies that are more just, effective, and sustainable in the face of environmental vulnerabilities.

KEYWORDS: Integrated management. Social justice. Community participation.

Capacidad adaptativa de la vulnerabilidad en estuarios tropicales: desafíos y orientaciones para la gestión y la democracia ambiental

RESUMEN

Objetivo – Identificar los principales aspectos de la capacidad adaptativa frente a la vulnerabilidad, considerando los riesgos o exposiciones a amenazas ambientales y antrópicas en estuarios tropicales, destacando los principales desafíos y orientaciones para la gestión y la democracia ambiental en este ecosistema.

Metodología – La primera etapa metodológica consistió en una Revisión Bibliográfica Sistemática, que permitió la identificación, selección y análisis crítico de estudios relevantes sobre vulnerabilidad, gestión y democracia ambiental en estuarios tropicales. La segunda etapa implicó un análisis de contenido con el fin de categorizar e interpretar los principales hallazgos de las publicaciones seleccionadas.

Originalidad/relevancia – Esta investigación aborda una brecha teórica relacionada con la integración entre democracia ambiental y gestión territorial en estuarios tropicales, un tema aún poco explorado desde una perspectiva sistémica y multiescalar. Además, la articulación entre estas temáticas contribuye al avance del conocimiento en políticas públicas ambientales y en la gobernanza de ecosistemas costeros complejos como los estuarios.

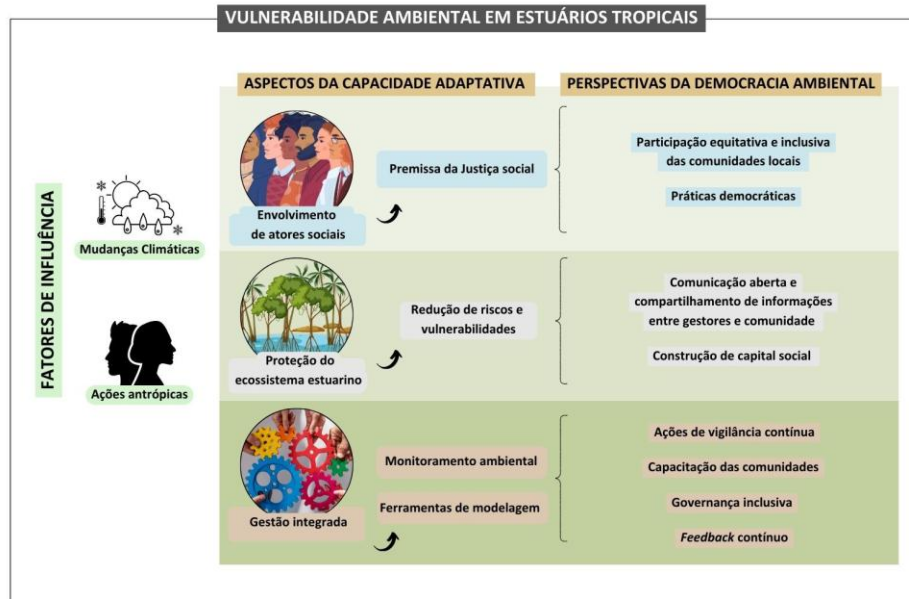
Resultados – Se identificaron tres aspectos principales: (I) la importancia de la participación de los actores sociales en la construcción de una gestión ambiental integrada y justa; (II) los desafíos en la protección de los estuarios, que requieren la comprensión de sus vulnerabilidades en diferentes escalas espaciales y temporales; y (III) el desarrollo de una gestión territorial que incorpore un monitoreo eficiente y herramientas de modelización adaptadas a las especificidades locales (ambientales y sociales).

Contribuciones teóricas/metodológicas – El estudio resalta la relevancia de la democracia ambiental como elemento central para la resiliencia socioecológica en estuarios tropicales, subrayando la necesidad de una participación de las comunidades tradicionales en los procesos de toma de decisiones.

Contribuciones sociales y ambientales – A nivel social, se destaca la valorización del conocimiento tradicional y el fortalecimiento de las capacidades comunitarias para actuar en los procesos decisivos. A nivel ambiental, la investigación señala caminos hacia una gestión más sensible a las especificidades ecológicas de los estuarios, promoviendo políticas públicas más justas, eficaces y sostenibles frente a las vulnerabilidades ambientales.

PALABRAS CLAVE: Gestión integrada. Justicia social. Participación comunitaria.

RESUMO GRÁFICO



1 INTRODUÇÃO

Os estuários tropicais são um dos ecossistemas mais produtivos e complexos do mundo, os quais são considerados como zona de transição entre ambientes marinhos e terrestres (Alongi, 2022). Os estuários são fundamentais para a manutenção da biodiversidade, fornecimento de recursos pesqueiros, proteção costeira, dentre outras funções ambientais (Day *et al.*, 2012; Wolanski *et al.*, 2019). Mesmo com grande importância ecossistêmica, esses ambientes enfrentam pressões significativas provenientes de alterações climáticas, pressões urbanas, que afetam o equilíbrio e produtividade do ecossistema, tornando os estuários cada vez mais ambientalmente vulneráveis (Kennish, 2002; Alongi, 2012).

Com o avanço nas discussões e abordagens, Ellison (2015, p.116) indicou que a vulnerabilidade é “um conceito inclusivo para analisar a resposta socioecológica acoplada à mudança ambiental, definida como a propensão ou predisposição a ser adversamente afetada”. Além disso, a autora leva em consideração os três componentes da vulnerabilidade (exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa). Sendo essa, uma das reflexões mais aceitas quando se trabalha em ambientes estuarinos (Fongzossie *et al.*, 2022; Thurman *et al.*, 2022; Montefiore *et al.*, 2023).

A vulnerabilidade ambiental em estuários tropicais, está diretamente relacionada à exposição a pressões antrópicas e mudanças climáticas, o que aumenta a necessidade de mecanismos de adaptação eficazes. De acordo com Adger (2006), a vulnerabilidade de um sistema irá depender tanto da magnitude da ameaça/risco, quanto da capacidade adaptativa das comunidades locais para responder a essas mudanças. Ainda, Gallopín (2006) destaca que a capacidade adaptativa envolve não apenas soluções tecnológicas, mas também a integração do conhecimento local e a participação ativa das comunidades no estabelecimento de políticas públicas.

Quando enfatizada a capacidade adaptativa dos estuários tropicais, ela está associada às respostas aos efeitos provenientes dos estresses/estressores (Turner *et al.*, 2003). Essas respostas são efetivadas com sucesso em relação à variabilidade ambiental, incluindo ajustes comportamentais tanto de recursos, como possíveis tecnologias (Adger, 2006). Assim, a capacidade adaptativa das comunidades inseridas nas regiões estuarinas para responder às mudanças ambientais irá depender de diversos fatores, incluindo o acesso à informação, a equidade nas decisões e a governança inclusiva (Adger, 2010; Berkes, 2006).

Neste contexto, a implementação da democracia ambiental, que possa envolver uma participação ativa e efetiva das comunidades locais na tomada de decisões ambientais, surge como uma boa perspectiva para promoção da sustentabilidade dos estuários tropicais (Carayannis; Campbell; Grigoroudis, 2021; Barrett *et al.* 2022). De acordo com Parola (2017), a democracia ambiental é baseada nos princípios de participação pública, acesso à informação e acesso à justiça em questões ambientais. Ainda, a democracia ambiental considera uma distribuição equitativa do poder de decisão, o acesso à informação ambiental e a participação significativa de todos os atores sociais interessados no processo de governança ambiental (Newing; Fritsch, 2009).

Nos estuários tropicais, a abordagem da democracia ambiental é fundamental para vislumbrar mitigações da vulnerabilidade, além de estreitar laços quanto à relação de muitas

comunidades com o ambiente em que estão entrepostas (Martin *et al.*, 2020; Booi; Mishi; Andersen, 2022). Assim, a inclusão dessas comunidades na governança ambiental pode melhorar a eficácia das políticas de conservação e diminuir a vulnerabilidade socioecológica (Lemos; Agrawal, 2006).

Com o exposto, o trabalho objetivou identificar os principais aspectos da capacidade adaptativa da vulnerabilidade, frente a riscos ou exposições às ameaças ambientais e antrópicas em estuários tropicais, destacando os principais desafios e direcionamentos da gestão e democracia ambiental para esse ecossistema.

2 METODOLOGIA

Para identificar os principais aspectos que viabilizam a capacidade adaptativa da vulnerabilidade frente a riscos ou exposições às ameaças ambientais e antrópicas em estuários tropicais, fez-se o uso da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS). Com este procedimento metodológico, buscou-se responder ao seguinte questionamento: “Quais são os desafios atuais, apresentados em publicações e produções científicas, relacionados à gestão de regiões estuarinas e a democracia ambiental?”.

A RBS foi conduzida na base de dados da Web of Science e SCOPUS. A seleção das bases se deu pelo fato de serem um dos maiores e importantes repositórios de revistas científicas (Archambault *et al.*, 2009; Albach; Medeiros, 2020). A delimitação temporal de 2018 a 2024 para a execução da RBS, deve-se à maior concentração de publicações da temática, de acordo com resultados identificados por Nascimento e Hanai (2022).

Para execução da RBS, foi estabelecida a seguinte equação com a utilização das *strings* de busca nas bases de dados: “estuar*” OR “tropical estuar*” AND “vulnerab*” OR “environm* vulnerab*” OR “aquatic vulnerab*” AND “management” AND “enviromen* democrac*”.

Como critério de inclusão dos resultados, foram consideradas publicações pertinentes quanto a gestão integrada de zonas costeiras, planejamento ambiental e conservação de estuários tropicais. Além disso, foram considerados estudos que abordaram a democracia ambiental em estuários, considerando a participação social e cidadania ambiental, justiça ambiental, governança ambiental participativa e conflitos socioambientais em áreas estuarinas.

Em complemento a RBS, foi realizada uma análise de conteúdo seguindo as diretrizes de Bardin (2016), estabelecendo agrupamentos considerando-se a abordagem dos aspectos da capacidade adaptativa de estuários e seus respectivos direcionamentos à gestão e a democracia ambiental. Ainda, a autora destaca a necessidade de criação de categorias que sejam excludentes, dando assim aspectos de exclusividade, além de incorporar todos os conteúdos obtidos com a revisão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aspectos da capacidade adaptativa da vulnerabilidade ambiental em estuários tropicais

3.1.1 Envolvimento de atores sociais e proteção ao ecossistema estuarino

Muitos são os desafios existentes no gerenciamento de regiões estuarinas tropicais frente às suas vulnerabilidades ambientais. Um deles, de acordo com Harris *et al.* (2022), é a grande densidade populacional nessas regiões, visto que além dos problemas de natureza ambiental, existem os associados às ações antrópicas. Desse modo, um dos avanços de gestão deve acontecer a partir de soluções que coloquem o ser humano como protagonista, uma vez que eles são os principais potencializadores das vulnerabilidades ambientais.

Wu *et al.* (2018) afirmam que a zona costeira é a região mais populosa e que apresenta maior dinâmica do planeta frente ao alto grau e velocidade de urbanização. Com isso, tornou-se uma das mais vulneráveis do mundo devido ao elevado estresse provocado pelas atividades antrópicas e consequências das alterações climáticas. As consequências da urbanização dos estuários são sentidas pelas populações que nele vivem em suas diferentes escalas, principalmente no que se relaciona ao uso de subsistência, conforme evidenciado por Moura, Bezerra e Lapa (2025) ao investigar o Parque dos Manguezais, na cidade do Recife – Pernambuco (Brasil).

Harris *et al.* (2022) propõem a premissa da **justiça social**, a qual leva informação e profissionalização as comunidades mais vulneráveis que vivem no entorno dos estuários. O diferencial dessa abordagem é a sensibilização e a transformação de atitudes, levando ao conhecimento e às necessidades de melhorias para o ambiente. E, melhorando o ambiente, no caso dos estuários em que vivem, a qualidade de vida conseqüentemente melhorará. Assim, esses próprios atores elaboram e sugerem melhorias para os estuários, contribuindo numa melhora significativa na cadeia de impactos ambientais geradas por eles mesmos (exemplo de descarte irregular de resíduos, pesca predatória, lançamento de efluentes no corpo d'água).

Corroborando com a premissa de Harris *et al.* (2022), Montefiore *et al.* (2023) presumem que o **acesso direto ao conhecimento científico local** simplifica a compreensão do comportamento e das ameaças inerentes ao sistema que fundamenta a avaliação, o desenvolvimento e a implementação de políticas e tecnologias voltadas para mitigar os impactos adversos das vulnerabilidades ambientais. Com isso, ter o ser humano aliado à capacidade adaptativa do sistema torna-se fundamental para propiciar melhorias aos estuários.

Enfatizando ainda as comunidades mais vulneráveis, Addo *et al.* (2020) destacam a necessidade de se elaborar estratégias que visem a **redução de risco e conseqüentemente a exposição às vulnerabilidades**, compreendendo seus diversos níveis e fatores que a influenciam. Essas estratégias, por sua vez, são baseadas em conhecimentos pretéritos para diversos estuários.

Os riscos se tornam mais elevados em comunidades costeiras de cidades em que os países ainda se encontram em desenvolvimento, e que conseqüentemente, ocorre uma defasagem de dados relacionados à localidade, além de sistemas que possam alertar previamente sobre os riscos e perigos ambientais (Addo *et al.*, 2020). Com isso, a gestão local passa a desenvolver e aplicar políticas públicas com um olhar sistêmico, envolvendo as comunidades vulneráveis e os estuários, conseguindo reduzir as potenciais vulnerabilidades para o ambiente e comunidades. Para tanto, se torna necessário compreender os níveis e fatores que agravam a vulnerabilidade ambiental.

3.1.2 Gestão integrada em estuários tropicais

Para um bom gerenciamento das regiões estuarinas, torna-se fundamental compreender os serviços ecossistêmicos ali presentes, bem como realizar um monitoramento da qualidade ambiental de forma contínua e como esses ambientes respondem às mudanças climáticas. Para tanto, Laurino *et al.* (2021) ressaltam que, por muitas vezes, não se faz necessária a utilização de grandes tecnologias para gerir bem um ambiente já que, muitas soluções estão na própria natureza. Seja ela para minimizar os impactos frente às mudanças do clima, como até mesmo aumentar a produtividade local.

Laurino *et al.* (2021) sugerem que sejam utilizados bioindicadores para o monitoramento de regiões estuarinas, bem como o monitoramento dos serviços ecossistêmicos, uma vez que a própria natureza e os animais que nela habitam começam a dar “sinais” quando ocorrem alterações em seu equilíbrio, principalmente no que diz respeito às mudanças climáticas. Assim, esse modo de gestão corrobora para a tomada de decisões a nível local respondendo a desafios globais.

Outro grande desafio atual para a gestão está relacionado às adaptações e mitigações das alterações climáticas. Frente a isso, Raw *et al.* (2023) destacam que os ecossistemas estuarinos podem e devem ser potencialmente utilizados para responder às necessidades climáticas, uma vez que esses ambientes são bons sumidouros de carbono. Os autores recomendam a necessidade de inclusão desses ambientes nas políticas públicas que direcionam respostas às mudanças climáticas.

Seguindo a mesma vertente de Laurino *et al.* (2021), Alves *et al.* (2020) reiteram que é necessário o conhecimento profundo do local, bem como o **monitoramento das vulnerabilidades ambientais existentes**, as quais os autores destacam a erosão costeira que afeta diretamente a economia local, visto que, dentre esse fator, estão variáveis que por muitas vezes não são identificadas (diferenças regionais ao clima, dinâmica costeira, amplitudes de marés, etc.). Para os autores, a geomorfologia natural dos ambientes costeiros está e deve ser definitivamente associada à gestão e políticas públicas, uma vez que as diferenças regionais são fortemente influentes na vulnerabilidade. Em complemento, Machado e Albino (2023) destacam que ter ciência em relação às peculiaridades locais e que as zonas costeiras não são homogêneas, é fundamental para uma gestão eficaz.

A necessidade de realização de um monitoramento ambiental eficaz por muitas vezes acarreta alguns desafios aos tomadores de decisão. Tsai (2022), ao realizar um monitoramento temporal do estuário de Zengwun em Taiwan, verificou que a precisão e continuidade de informações relacionadas a costa e estuários são fundamentais para um bom gerenciamento e conseqüentemente para a conservação desses ambientes. Porém, o desejável por muitas vezes acaba não sendo a realidade, trazendo limitações e escassez de dados para os tomadores de decisão. Além de realizar os monitoramentos, se fazem necessárias as padronizações de seus desenhos amostrais (a exemplo de índices de utilização e periodicidade) para a acurácia de dados e conseqüente aplicabilidade em suas áreas de estudo.

Quando se trata de **modelos e ferramentas de gestão** que consideram a vulnerabilidade ambiental das regiões estuarinas tropicais, os principais estudos identificados pela RBS destacam o uso de geoprocessamento para mapear mudanças climáticas, como riscos de inundações e elevação do nível do mar (Al-Nasrawi *et al.*, 2018; Khalil *et al.*, 2020; Van Copellone; Temmerman, 2020; Imani *et al.* 2021; Ennouali *et al.*, 2023; Sunkur *et al.*, 2024). O

Sistema de Informação Geográfica (SIG) se mostra uma ferramenta essencial para simulações e projeções de cenários, permitindo a utilização de uma ampla gama de bancos de dados e a exploração de diferentes cenários em um espaço e tempo definidos.

Essas ferramentas de modelagem baseadas em SIG oferecem suporte valioso para os tomadores de decisão, proporcionando maior autonomia na análise de suas áreas de estudo. No entanto, a implementação dessas ferramentas nem sempre é simples, por exigir que as peculiaridades locais sejam levadas em consideração. A replicação sem devida cautela de modelos de outras regiões pode enfrentar obstáculos relacionados à adequação e confiabilidade dos dados, além de não refletir com precisão as necessidades específicas de cada localidade.

Outro desafio importante a ser destacado é a necessidade de monitoramento ambiental constante, essencial para garantir a provisão de serviços ecossistêmicos. Para implementar uma gestão integrada e eficaz, é crucial compreender todos os fatores que compõem o ecossistema, o que inclui desde a dinâmica natural até as pressões antrópicas que afetam essas regiões.

A vulnerabilidade ambiental nos estuários tropicais ocorre com maior incidência em países em desenvolvimento. Assim, os aspectos da capacidade adaptativa e respectivos direcionamentos de gestão, necessitam incorporar as comunidades que circundam essas regiões, conforme elencado anteriormente. Partindo dessa premissa, Mattah *et al.* (2023) ao estudarem a vulnerabilidade socioeconômica no estuário do Volta, em Gana, verificaram que as condições da comunidade interferem diretamente na região estuarina. As implicações voltam-se principalmente nos aspectos de saneamento básico, os quais os efluentes domésticos são lançados diretamente no corpo d'água comprometendo a qualidade hídrica da região.

Os lançamentos de efluentes domésticos nos corpos d'água acabam se tornando um dos maiores problemas nos estuários. A partir disso, Montefiore *et al.* (2023) puderam verificar que programas do governo e agências ambientais locais dos Estados Unidos fazem uso de ferramentas para o monitoramento da qualidade da água, a fim de compreender e reduzir os efeitos do excesso excessivo de nutrientes na pluma estuarina. Mas, o grande destaque nesse processo se dá pelo fato de que os planejamentos e ações ocorreram por meio do acesso ao conhecimento científico, propiciando maior gama de informações aos tomadores de decisão.

Ainda, Montefiore *et al.* (2023) destacam que pesquisas científicas proporcionam melhores estratégias para gestão de estuários. E, se os diversos atores sociais de determinada bacia hidrográfica estuarina tivessem acesso à informação e pesquisas científicas, maior seria a probabilidade de minimizar os efeitos das vulnerabilidades ambientais, principalmente a respeito da qualidade hídrica, apresentando possíveis recursos para implementação de ações eficazes ao estuário.

Nascimento, Hanai e Guilherme (2021) ao realizarem um estudo no estuário do Capibaribe - Brasil evidenciaram que é fundamental que haja a identificação dos principais problemas que afetam a região estuarina bem como seus efeitos em cadeia para a localidade. A identificação das problemáticas corrobora para o desenvolvimento de um plano de monitoramento ambiental, uma vez que as evidências são usadas com confiabilidade pelos tomadores de decisão.

Em síntese, estabelecer e implementar estratégias para a gestão de estuários tropicais requer um olhar integrador que deve ser baseado em evidências científicas, as quais

proporcionam maior rigor no estabelecimento de propostas e ações buscando a adaptação do sistema. Segundo Dada, Almar e Morand (2024), essas estratégias podem e devem ser compostas por diferentes métodos para envolver as diferentes vulnerabilidades. Ainda, de acordo com Roy *et al.* (2023), um conjunto de estratégias para analisar a vulnerabilidade favorece a geração de dados consistentes e úteis para os tomadores de decisão estabelecerem estratégias para minimização de impactos e desenvolvimento sustentável da localidade.

A partir dos principais desafios voltados à gestão dos estuários elencados na literatura, no Quadro 1, pode-se verificar as possíveis adaptações a serem realizadas, sua ênfase e respectivos direcionamentos para minimizar a vulnerabilidade ambiental.

Quadro 1 - Síntese dos aspectos da capacidade adaptativa associadas às vulnerabilidades ambientais com respectivas ênfases e direcionamentos.

ASPECTOS DA CAPACIDADE ADAPTATIVA	ÊNFASE	DIRECIONAMENTOS	FONTES
Envolvimento de atores sociais	Justiça social	Eleger uma gestão ambiental integrada que inclua o ser humano, buscando uma justiça social a qual favorece a redução acentuada de impactos ambientais nos estuários.	Addo <i>et al.</i> (2020); Harris <i>et al.</i> (2022)
Proteção do ecossistema estuarino	Redução de riscos e vulnerabilidades	Elaborar e desenvolver ações que busquem compreender as vulnerabilidades em suas diferentes escalas, incorporando suas complexidades, favorecendo uma redução acentuada da vulnerabilidade ambiental e social, uma vez que, os estuários sofrem demasiadamente com a pressão urbana.	Wu <i>et al.</i> (2018); Addo <i>et al.</i> (2020); Machado e Albino (2023); Raw <i>et al.</i> (2023)
Gestão Integrada	Monitoramento ambiental	Enfatizar no plano de gestão integrada a necessidade de compreender as complexidades ambientais, para isso, é necessário realizar monitoramento ambiental em longo prazo. Isso faz com que, os tomadores de decisão entendam as reais necessidades do estuário, além de verificar as principais causas que induzem a vulnerabilidade ambiental.	Alves <i>et al.</i> (2020); Laurino <i>et al.</i> (2021); Nascimento, Hanai, Guilherme (2021); Tsai (2022); Montefiore <i>et al.</i> (2023)
	Ferramentas de modelagem	Utilizar ferramentas pertinentes a localidade de aplicação, uma vez que um modelo apresenta algumas peculiaridades e a simples replicação pode afetar na acurácia de dados. Além disso, faz-se necessário e fundamental sua elaboração por especialistas.	Al-Nasrawi <i>et al.</i> (2018); Khalil <i>et al.</i> (2020); Imani <i>et al.</i> (2021); Ennouali <i>et al.</i> (2023); Sunkur <i>et al.</i> (2024)

Fonte: Elaboração dos autores (2025)

3.2 Perspectivas da Democracia Ambiental para minimização da vulnerabilidade

As perspectivas da democracia ambiental para a minimização da vulnerabilidade em estuários tropicais estão cada vez mais sendo reconhecidas como estratégias fundamentais para

o enfrentamento das ameaças ambientais e sociais que afetam esses ecossistemas. A democracia ambiental, que enfatiza a participação equitativa e inclusiva das comunidades locais tradicionais na tomada de decisões ambientais, pode desempenhar um papel fundamental na redução da vulnerabilidade de populações estuarinas (Reed *et al.*, 2020). A discussão dessa perspectiva é fundamental quando se observa contextos em que a governança centralizada e excludente tem sido insuficiente e não adequada no que diz respeito às necessidades locais e as pressões ambientais (Bursztyn, 2018).

As vulnerabilidades identificadas nos estuários tropicais são intensificadas por uma série de fatores, incluindo mudanças climáticas, poluição, e degradação dos recursos naturais, como visto anteriormente. Assim, a inclusão das comunidades no processo da governança ambiental por meio de práticas democráticas pode intensificar a capacidade adaptativa desses ambientes, fazendo com que eles respondam de forma mais assertiva frente às mudanças ambientais e aos desastres naturais (Armitage; Loë; Plummer, 2012). Essa participação comunitária favorece e assegura que as políticas ambientais sejam informadas por conhecimentos locais, que por sua vez, são essenciais para a identificação de vulnerabilidades específicas e para a implementação de estratégias de mitigação apropriadas às necessidades da localidade (Díaz *et al.*, 2019).

A democracia ambiental também contribui para a construção de capital social, um fator crítico na redução da vulnerabilidade. Esse capital diz respeito a redes de confiança e cooperação dentro de uma comunidade, sendo ele fortalecido quando as comunidades são intensamente envolvidas na gestão de seus recursos naturais (Adger, 2010). Nos estuários tropicais, onde ocorre uma relação direta entre as comunidades locais e o ecossistema, a governança inclusiva pode aumentar a cooperação social e facilitar a implementação de práticas sustentáveis que possam reduzir a exposição aos riscos ambientais (Pomeroy *et al.*, 2017).

Outro aspecto importante das perspectivas da democracia ambiental é a melhoria na justiça ambiental. Comunidades em estuários tropicais, por muitas vezes, enfrentam desigualdades significativas no acesso a recursos e na participação na tomada de decisão. A democracia ambiental busca corrigir essas disparidades, garantindo que todos os grupos, especialmente os marginalizados e vulneráveis, tenham voz nas políticas que afetam suas vidas (Schlosberg; Collins, 2014).

A aplicação bem-sucedida da democracia ambiental em estuários tropicais requer um compromisso com a capacitação das comunidades e a criação de mecanismos institucionais que facilitem e favoreçam a participação efetiva (Bäckstrand *et al.*, 2010). Essa perspectiva inclui o fortalecimento das capacidades locais para a gestão de recursos, o acesso à informação e a criação de espaços deliberativos onde as vozes locais possam ser ouvidas e respeitadas. Ainda, é essencial que as políticas ambientais sejam flexíveis e adaptativas, fazendo com que haja a possibilidade de ajustes com base no *feedback* contínuo das comunidades envolvidas (Folke *et al.*, 2005).

No que diz respeito a redução de riscos e vulnerabilidades, a democracia ambiental consegue contribuir na comunicação aberta e o compartilhamento de informações entre os gestores ambientais e as comunidades, permitindo uma resposta mais eficiente a ameaças ambientais. Parola (2017) destaca que o envolvimento das comunidades em processos de

decisão corrobora para a garantia de que as estratégias de adaptação sejam mais equitativas e eficazes, uma vez que levam em consideração as necessidades específicas dos mais vulneráveis.

No que tange ao monitoramento ambiental, a participação pública tende a fortalecer as ações de vigilância e controle dos estuários. De acordo com Smit e Wandel (2006), a integração das comunidades locais no monitoramento acarreta um conhecimento mais detalhado e contínuo das mudanças no ecossistema, aumentando a capacidade de adaptação às mudanças ambientais. Uma das alternativas para promover a integração entre comunidade, meio ambiente e ciência é a utilização da Ciência Cidadã. Segundo Silva e Hanai (2025), essa abordagem constitui uma ferramenta estratégica na formulação de políticas públicas voltadas à preservação e conservação da biodiversidade em diferentes ecossistemas, podendo ser fortemente eficaz na realidade dos estuários tropicais.

No desenvolvimento de ferramentas adaptativas, como modelagem e tecnologias de gestão territorial, a democracia ambiental garante que essas ferramentas sejam ajustadas às realidades locais. Segundo Adger (2006), a governança adaptativa que incorpora a participação social e o conhecimento local tem como resultado soluções tecnológicas mais direcionadas às especificidades ambientais e sociais. Assim, a relação entre a democracia ambiental e a capacidade adaptativa em estuários tropicais está voltada na criação de um processo participativo que fortalece as políticas de adaptação e gestão ambiental, promovendo uma resiliência mais robusta frente às ameaças climáticas e antrópicas.

4 CONCLUSÕES

Como componente estrutural da vulnerabilidade, vislumbrar e considerar as capacidades adaptativas dos estuários frente à exposição ou riscos, são fundamentais para identificar os principais desafios de gestão territorial de estuários tropicais.

Foram observados três principais aspectos relacionados à capacidade adaptativa, sendo: (I) o envolvimento de atores sociais que circundam essas regiões, para que seja elaborada uma gestão integrada que tenha em seu escopo a justiça social; (II) os desafios para proteção do ecossistema estuarino, uma vez que é necessário compreender os riscos e as vulnerabilidades em suas diferentes escalas; (III) o desenvolvimento de uma gestão integrada, que compreenda as complexidades ambientais por meio de um bom monitoramento ambiental; (IV) a adoção de ferramentas de modelagem pertinentes que incorporem as peculiaridades locais para se obter dados acurados que darão suporte aos tomadores de decisão.

Assim, o entendimento dos três aspectos citados é fundamental para o estabelecimento de direcionamentos que visem mitigar as vulnerabilidades ambientais existentes em estuários tropicais, a fim de estabelecer uma gestão integradora.

Quanto às perspectivas da democracia ambiental para estuários tropicais, pôde-se observar que elas são promissoras, oferecendo um caminho fundamental para a redução da vulnerabilidade e a promoção da sustentabilidade desses ecossistemas e dos seus serviços socioambientais. Ao integrar a participação equitativa das comunidades locais na governança ambiental, a democracia ambiental fortalece a capacidade adaptativa e resiliência das populações que dependem desses ambientes complexos e dinâmicos. Isso é fundamental quando observados os vários contextos de vulnerabilidade ambiental, como as mudanças

climáticas, em que as decisões precisam ser tomadas considerando-se dados e informações advindas pelo conhecimento científico e pelos saberes locais.

Além disso, a democracia ambiental promove a justiça social ao garantir que as vozes de grupos envolvidos sejam ouvidas. Essa abordagem não apenas corrobora a eficácia das políticas ambientais, mas também contribui para a cooperação social e a distribuição justa dos benefícios e demandas da gestão dos recursos naturais. Assim, para que essas perspectivas se concretizem, é fundamental investir em capacitação comunitária, fortalecimento institucional e na criação de mecanismos que corroborem com a participação contínua e significativa das comunidades.

Em resumo, a implementação da democracia ambiental em estuários tropicais representa uma abordagem integradora e inclusiva que não apenas mitiga a vulnerabilidade, mas também promove um futuro mais sustentável e equitativo para as populações que dependem dos ecossistemas estuarinos.

5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

6 REFERÊNCIAS

ADDO, K. A.; BREMPONG, E. K.; JAYSON-QUASHIGAH, P. N. Assessment of the dynamics of the Volta River estuary shorelines in Ghana. **Geoenvironmental Disasters**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2020. <https://doi.org/10.1186/s40677-020-00151-1>

ADGER, W. N. Social capital, collective action, and adaptation to climate change. **Der Klimawandel: Sozialwissenschaftliche Perspektiven**, p. 327-345, 2010. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92258-4_19

ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>

ALBACH, V., MEDEIROS, M. Utilização da revisão bibliográfica sistemática em turismo: panorama internacional e ibero-americano dos trabalhos presentes no SCOPUS e Redalyc. **Publ. UEPG Appl. Soc. Sci.**, Ponta Grossa, v. 28, p. 1-14, e202014492, 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/sociais/article/view/14492>. Acesso em: 30 jul. 2025.

ALONGI, D. M. Carbon sequestration in mangrove forests. **Carbon Management**, v. 3, n. 3, p. 313-322, 2012. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>

ALONGI, D. M. Lateral export and sources of subsurface dissolved carbon and alkalinity in mangroves: revising the blue carbon budget. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 10, n. 12, p. 1916, 2022. <https://doi.org/10.3390/jmse10121916>

ARCHAMBAULT, E.; CAMPBELL, D.; GINGRAS, Y.; LARIVIÈRE, V. Comparing Bibliometric Statistics Obtained from the Web of Science and Scopus. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 60, n. 7, p. 1320 – 1326, 2009. <https://doi.org/10.1002/asi.21062>

ARMITAGE, D.; LOË, R.; PLUMMER, R. Environmental governance and its implications for conservation practice. **Conservation Letters**, v. 5, n. 4, p. 245-255, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00238.x>

BÄCKSTRAND, K. *et al.* **Environmental Politics and Deliberative Democracy**: Examining the promise of new modes of environmental governance. 240p., Cheltenham (UK): Edward Elgar Publishing, 2010. ISBN: 978 1 84844 954 1

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. 1ª Edição. São Paulo: Edições, v. 70, 2016. ISBN: 978-85-62938-04-7

BARRETT, P. *et al.* Participatory processes and the evolution of environmental agendas in estuary restoration: the Maketū case. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 56, n. 3, p. 340-352, 2022. <https://doi.org/10.1080/00288330.2022.2086586>

BERKES, F. From community-based resource management to complex systems: the scale issue and marine commons. **Ecology and Society**, v. 11, n. 1, 2006. <https://www.jstor.org/stable/26267815>

BOOI, S.; MISHI, S.; ANDERSEN, O. Ecosystem services: a systematic review of provisioning and cultural ecosystem services in estuaries. **Sustainability**, v. 14, n. 12, p. 7252, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14127252>

BURSZTYN, M. A. **Fundamentos de Política e Gestão Ambiental**: caminhos para a sustentabilidade. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2018. ISBN: 978-85-7617-290-1

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J.; GRIGOROUDIS, E. Democracy and the environment: How political freedom is linked with environmental sustainability. **Sustainability**, v. 13, n. 10, p. 5522, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13105522>

DADA, O. A.; ALMAR, R.; MORAND, P. Coastal vulnerability assessment of the West African coast to flooding and erosion. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 890, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48612-5>

DAY, J.W. *et al.* Introduction to estuarine ecology. In DAY, J.W. *et al.* (org.). **Estuarine Ecology**, p. 1-18. Second Edition. New Jersey (USA): Wiley-Blackwell, 2012. <https://doi.org/10.1002/9781118412787.ch1>

DÍAZ, S. *et al.* Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. **Science**, v. 366, n. 6471, p. eaax3100, 2019. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aax3100>

ELLISON, J. C. Vulnerability assessment of mangroves to climate change and sea-level rise impacts. **Wetlands Ecology and Management**, v. 23, p. 115-137, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11273-014-9397-8>

ENNOUALI, Z. *et al.* Mapping Coastal vulnerability using machine learning algorithms: A case study at North coastline of Sebou estuary, Morocco. **Regional Studies in Marine Science**, v. 60, 1 jun. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102829>

FOLKE, C. *et al.* Adaptive governance of social-ecological systems. **Annu. Rev. Environ. Resour.**, v. 30, n. 1, p. 441-473, 2005. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144511>

FONGNZOSSIE, E.; SONWA, D. J.; MBEVO, P.; KENTATCHIME, F.; MOKAM, A.; TATUEBU TAGNE, C.; RIM, L.F.E.A. Climate Change Vulnerability Assessment in Mangrove-Dependent Communities of Manoka Island, Littoral Region of Cameroon. **The Scientific World Journal**, p. 1-14, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7546519>

GALLOPÍN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 293-303, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>

HARRIS, L. A. *et al.* A Socio-ecological Imperative for Broadening Participation in Coastal and Estuarine Research and Management. **Estuaries and Coasts**, v. 45, n. 1, p. 38-48, 2022. <https://doi.org/10.1007/s12237-021-00944-z>

KENNISH, M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 1, p. 78-107, 2002. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000061>

KHALIL, U. *et al.* Investigating an innovative sea-based strategy to mitigate coastal city flood disasters and its feasibility study for Brisbane, Australia. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 10, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12102744>

LAURINO, I. R. A. *et al.* The role of estuarine macrofaunal patterns for the management of marine protected areas in a changing world. **Journal for Nature Conservation**, v. 63, n. July, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126042>

LEMOS, M. C.; AGRAWAL, A. Environmental governance. **Annu. Rev. Environ. Resour.**, v. 31, n. 1, p. 297-325, 2006. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.31.042605.135621>

MACHADO, G. M. V.; ALBINO, J. Avaliação conceitual e síntese de ferramentas metodológicas na determinação da sensibilidade à erosão e inundação costeira. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 43, p. e197486, 2023. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.197486>

MARTIN, C. L. *et al.* Estuarine cultural ecosystem services valued by local people in New South Wales, Australia, and attributes important for continued supply. **Ocean & Coastal Management**, v. 190, p. 105160, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105160>

MATTAH, M. M. *et al.* Assessment of social factors that promote the vulnerability of communities to coastal hazards in the Volta estuary in Ghana. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 95, p. 103896, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103896>

MONTEFIORE, L. R. *et al.* Vulnerability of Estuarine Systems in the Contiguous United States to Water Quality Change Under Future Climate and Land-Use. **Earth's Future**, v. 11, n. 3, p. e2022EF002884, 2023. <https://doi.org/10.1029/2022EF002884>

MOURA, C. H. R.; BEZERRA, O. G.; LAPA, T. A. Contradições entre a salvaguarda da natureza e as representações sociais da Unidade de Conservação Parque dos Manguezais (Recife-PE) através do prisma da ZEIS Ilha do Destino. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 20, n. 1, 2024. DOI: [10.17271/1980082720120244779](https://doi.org/10.17271/1980082720120244779)

NASCIMENTO, R. C. M; HANAI, F. Y. Vulnerabilidade ambiental em estuários tropicais e desafios de gestão: uma análise bibliométrica sistemática. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 12, p. 154-169, 2022. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.012.0015>

NASCIMENTO, R. C. M; HANAI, F. Y.; GUILHERME, B. C. Estuário do Rio Capibaribe: problemas de uma bacia hidrográfica urbana. In: Karla Maria Silva de Faria, Silas Pereira Trindade (Organização). **Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**. Ed. C&A Alfa Comunicação, p. 185 - 195, 2021. ISBN: 978-65-89324-28-7

NEWIG, J.; FRITSCH, O. Environmental governance: participatory, multi-level—and effective?. **Environmental Policy and Governance**, v. 19, n. 3, p. 197-214, 2009. <https://doi.org/10.1002/eet.509>

PAROLA, G. **Democracia Ambiental Global**: direitos e deveres para uma nova cidadania. Rio de Janeiro: Multifoco, 221 p., 2017. ISBN: 9788559967494

POMEROY, R. *et al.* Drivers and impacts of fisheries scarcity, competition, and conflict on maritime security. **Marine Policy**, v. 67, p. 94-104, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.01.005>

RAW, J. L. *et al.* Blue carbon sinks in South Africa and the need for restoration to enhance carbon sequestration. **Science of the Total Environment**, v. 859, 10 fev. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160142>

REED, M.S. *et al.* A theory of participation: what makes stakeholder and public engagement in environmental management work?. **Restoration Ecology**, v. 26, p. S7-S17, 2018. <https://doi.org/10.1111/rec.12541>

ROY, P. *et al.* Effects of climate change and sea-level rise on coastal habitat: Vulnerability assessment, adaptation strategies and policy recommendations. **Journal of Environmental Management**, v. 330, p. 117187, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117187>

SCHLOSBERG, D.; COLLINS, L.B. From environmental to climate justice: climate change and the discourse of environmental justice. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 5, n. 3, p. 359-374, 2014. <https://doi.org/10.1002/wcc.275>

SILVA, S. P.; HANAI, F. Y. Modelo Conceitual para Aplicação da Ciência Cidadã como ferramenta de geração de políticas públicas para Preservação e Conservação do Ecossistema. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 21, n. 1, 2025. <https://doi.org/10.17271/1980082721120255600>

SMIT, B.; WANDEL, J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 282-292, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>

SUNKUR, R. *et al.* Mangrove mapping and monitoring using remote sensing techniques towards climate change resilience. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 6949, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57563-4>

THURMAN, L. L. *et al.* Applying assessments of adaptive capacity to inform natural-resource management in a changing climate. **Conservation Biology**, v. 36, n. 2, p. e13838, 2022. <https://doi.org/10.1111/cobi.13838>

TSAI, Y. L. S. Monitoring 23-year of shoreline changes of the Zengwun Estuary in Southern Taiwan using time-series Landsat data and edge detection techniques. **Science of the Total Environment**, v. 839, 15 set. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156310>

TURNER, B.L. *et al.* A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proc Natl Acad Sci**, v. 100, p. 8074–8079, 2003. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>

WOLANSKI, E. *et al.* (Ed.). **Coasts and Estuaries: The Future**. Elsevier, 2019. ISBN: 978-0-12-814003-1

WU, W. *et al.* Impacts of coastal reclamation on wetlands: Loss, resilience, and sustainable management. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 210, n. July 2017, p. 153–161, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.06.013>

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

NASCIMENTO, R.C.M. contribuiu na Concepção e design do estudo, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, redação rascunho inicial, revisão e edição final.

HANAI, F.Y. contribuiu na Concepção e design do estudo, redação revisão crítica, revisão e edição final, supervisão.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, **Regina Célia Macêdo do Nascimento** e **Frederico Yuri Hanai**, declaramos que o manuscrito intitulado "**Capacidade adaptativa da vulnerabilidade em estuários tropicais: desafios e direcionamentos da gestão e democracia ambiental**":

1. Vínculos Financeiros: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001;
 2. Relações Profissionais: Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida;
 3. Conflitos Pessoais: Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.
-