

# Impactos Antrópicos aos Ambientes Manguezais em Áreas de Ocorrência do Peixe-boi-marinho *Trichechus manatus manatus* no Litoral Brasileiro: uma Revisão

Helena Gurjão Pinheiro do Val<sup>1\*</sup>, Fernanda Löffler Niemeyer Attademo<sup>1,6</sup>, Lauro Henrique de Paiva JR<sup>1</sup>, Lucas Inácio dos Santos Melo<sup>1</sup>, Karen Lucchini<sup>1</sup>, Laura Moreira de Andrade Reis<sup>2</sup>, Natália Costa Silva<sup>3</sup>, Fábio Adônis Gouveia Carneiro da Cunha<sup>1</sup>, Salvatore Siciliano<sup>4</sup>, Radan Elvis Matias de Oliveira<sup>5</sup> e Fábria de Oliveira Luna<sup>1</sup>

Recebido em 20/07/2022 – Aceito em 06/03/2023

- <sup>1</sup> Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Aquáticos/CMA, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Brasil. <helena.val96@gmail.com, attademo.fln@gmail.com, lauro.paiva@icmbio.gov.br, llucas.melo@outlook.com, lucchini.karen@gmail.com, fabio.adonis@icmbio.gov.br, fabia.luna@icmbio.gov.br>. \* Contato principal.
- <sup>2</sup> Coordenação de Monitoramento da Biodiversidade/COMOB, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Brasil. <laura.reis@icmbio.gov.br>.
- <sup>3</sup> Núcleo de Gestão Integrada ICMBio/NGI, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Brasil. <natalia.silva@icmbio.gov.br>.
- <sup>4</sup> Escola Nacional de Saúde Pública/Fiocruz, Brasil. <gemmlagos@gmail.com>.
- <sup>5</sup> Centro de Estudos e Monitoramento Ambiental/CEMAM, Natal/RN, Brasil. <radan\_elvis@hotmail.com>.
- <sup>6</sup> Laboratório de Ecologia Comportamento e Conservação, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Recife/PE, Brasil. <attademo.fln@gmail.com>.

**RESUMO** – O peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) é um mamífero aquático que habita mares, áreas de manguezais e estuários nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. A espécie é categorizada como ‘Em Perigo’ de extinção no Brasil devido à constante degradação e perda do seu *habitat*. O presente estudo trata de uma revisão bibliográfica sobre os impactos da carcinicultura, da salina, da plantação de cana-de-açúcar e da extração de gás e petróleo nos manguezais e estuários na área de ocorrência da espécie. A metodologia de busca foi definida tendo como ponto de partida o ano de 1980 até o ano de 2022 e limitando-se a análises na área de ocorrência do peixe-boi-marinho. A busca pelo Google Scholar resultou na obtenção de 36 estudos, os quais se distribuem desigualmente entre os estados brasileiros da região Norte e Nordeste. O estado do Ceará apresentou 81% do total de estudos sobre o impacto da carcinicultura, enquanto a busca por empreendimentos de qualquer natureza no Piauí resultou na ausência de estudos. Na discussão abordamos os potenciais impactos causados por tais atividades antrópicas na saúde ecossistêmica de manguezais e estuários e, conseqüentemente, na saúde e conservação do peixe-boi-marinho no Brasil, ressaltando a necessidade de reforço e ampliação das ações de proteção e fiscalização dessas áreas para a manutenção das populações de peixe-boi-marinho na costa brasileira.

**Palavras-chave:** Carcinicultura; salinas; cana-de-açúcar; extração de petróleo.

## Human Impact on Mangrove Habitats in the Occurrence Area of the Antillean-manatee *Trichechus manatus manatus* in the Brazilian Coast: a Review

**ABSTRACT** – The Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) is an aquatic mammal that inhabits coastal, estuarine, and mangrove areas along Brazil’s North and Northeastern regions. Currently, the species is classified as ‘Endangered’ due to habitat loss and degradation by multiple anthropic activities. The present study is a review of the impacts caused by shrimp farms, salt farms, sugar cane plantation and oil extraction to mangrove and estuarine environments, the manatees’ occurrence area on the Brazilian coast. The searching methodology was defined start in 1980 and end in 2022 and limited to impacts caused by activities occurring at the manatees’ occurrence areas. Our research resulted in 36 studies, unevenly distributed among the Brazilian states of North and Northeastern regions. While 81% of the studies regarding the impacts of shrimp farms were from Ceará state; Piauí yielded no studies of any of the selected enterprises. In the discussion we present

the potential impacts caused by such human activities at mangrove and estuaries ecosystem health, and, consequently on the health and conservation of the Antillean manatee in Brazil, highlighting the need for environmental laws reinforcement and expansion to provide the species and its habitat conservation.

**Keywords:** Shrimp farm; salt farm; sugar cane; oil extraction.

## **Impactos de la Actividad Humana en los Manglares en Areas de Ocurrencia del Manatí *Trichechus manatus manatus* en Brasil: una Revisión**

**RESUMEN** – El manatí (*Trichechus manatus manatus*) es un mamífero acuático que habita ambientes costeros, estuarios y manglares en la costa de las regiones Norte y Nordeste de Brasil. Actualmente, es una especie clasificada ‘En Peligro’ por la pérdida de hábitat y la degradación por múltiples actividades humanas. Este trabajo es una revisión de los impactos causados por el cultivo de camarón, salinas, cultivo de caña-de-azúcar y extracción de petróleo a los manglares y estuarios en Brasil. La metodología para la búsqueda de estudios fue establecida del año de 1980 hasta 2022 y solo para actividades en el área de ocurrencia de los manatíes. En nuestros resultados tuvimos 36 estudios, distribuidos sin uniformidad entre los estados de la región Norte y Nordeste. Mientras 81% de los estudios sobre los impactos del cultivo de camarones fueron obtenidos para el estado de Ceará; el estado de Piauí no resultó en ningún estudio de cualquiera de las actividades seleccionadas. En la discusión, presentamos los potenciales impactos causados por estas actividades humanas a la salud de los ecosistemas manglares y a la salud y para la conservación de los manatíes en Brasil, enfatizando la necesidad de refuerzo y expansión de las leyes ambientales para la conservación del ambiente y de la especie en Brasil.

**Palabras clave:** Cultivo de camarones; salinas; cultivo de caña-de-azúcar; extracción de petróleo.

### **Introdução**

As florestas de mangue são *habitat* de transição (ecótonos) entre os ambientes de água doce e o marinho, localizados do estado do Amapá, no extremo norte, ao estado de Santa Catarina, no extremo sul do Brasil. No país, as regiões Norte e Nordeste abrigam cerca de 51,84% dos mangues de todo o litoral (Jablonski e Filet, 2000; ICMBio, 2018a). Esse ecossistema é composto por plantas adaptadas à salinidade do solo e níveis instáveis de umidade e abastecimento de água, e fornecem importantes serviços ecossistêmicos como controle da erosão da costa, purificação da água, sequestro de carbono atmosférico, além de fornecer abrigo para a reprodução e alimentação aos mais diversos táxons de fauna, de pequenos invertebrados a mamíferos aquáticos e terrestres, incluindo-se o ser humano (Barbier et al., 2011; IUCN, 1993; Schmidt et al., 2013).

O peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) é um mamífero aquático da ordem Sirenia, considerado nacionalmente como ‘Em Perigo’ de extinção (Luna et al., 2010a; MMA, 2022). A subespécie ocorre em regiões de manguezais, estuários e águas marinhas costeiras do Norte e Nordeste brasileiros, entre o Alagoas e o Amapá, onde forrageiam angiospermas

marinhas e plantas aquáticas (Attademo et al., 2022). Diversos aspectos da história de vida desses animais estão relacionados ao uso dos ambientes costeiros, que promovem abrigo, acesso à água doce, alimentação e reprodução (Worthy, 2001; Alves et al., 2013; Normande et al., 2016; Balensiefer et al., 2017). Estudos sugerem que a preferência dos peixes-bois-marinhos por ambientes abrigados e com águas mais rasas e calmas se dá pela facilitação de atividades como forrageio, acesso à água doce e descanso (Alves et al., 2013; Normande et al., 2016). Além disso, os mangues e estuários são ambientes protegidos das grandes oscilações de marés e correntes marinhas, o que fornece um local seguro para as fêmeas darem à luz e cuidarem de seus filhotes durante o estágio inicial de desenvolvimento e aprendizado (Balensiefer et al., 2017).

Dessa forma, a perda de *habitat* dos peixes-bois se torna um grande problema para a conservação da subespécie, uma vez que esses ecossistemas estão continuamente sujeitos a impactos provenientes de atividades antrópicas. Dentre elas estão as degradações física, através do assoreamento dos rios, e a química, por contaminação de resíduos provenientes da carcinicultura, salinas e plantação de cana-de-azúcar, o desenvolvimento urbano próximo a

estuários e tráfego de embarcações (Marins et al., 2020; Lima et al., 2011; Alves et al., 2013). A degradação ambiental dos manguezais dificulta – ou, até mesmo, impossibilita – o uso desses locais pelo peixe-boi-marinho, diminuindo suas áreas de forrageio e quantidade de recursos alimentares disponíveis e levando as fêmeas reprodutivas a parirem em mar aberto (Lima et al., 2011). Longe do ambiente seguro dos estuários, os neonatos, lentos e frágeis, podem se perder de suas mães nas correntes marinhas, acarretando no aumento do número de encalhes (Balensiefer et al., 2017). Além disso, os resultados obtidos por Alves et al. (2013) demonstraram que a presença de peixes-bois-marinhos está relacionada com cidades de médio-porte e o tráfego de embarcações motorizadas e atividades pesqueiras, fator que aumenta a probabilidade de colisões e emalramento de indivíduos (Machado et al., 2015).

No litoral brasileiro, a área de ocorrência dos peixes-bois-marinhos se sobrepõe aos ecossistemas manguezais da costa do estado do Amapá ao estado de Alagoas, correspondendo a 85,57% da área de mangue em território brasileiro (ICMBio, 2018a). No Brasil, as áreas de manguezais estão protegidas pela Lei nº 12.651 de 2012, que considera esses ecossistemas como áreas de proteção permanente (APPs). De acordo com Ferreira e Lacerda (2016) e ICMBio (2018a), cerca de 70% das áreas de mangues em território nacional estão inseridas em áreas de proteção costeiras. Estas se distribuem principalmente em áreas de proteção ambiental (APA), divididas entre os estados de Alagoas e Piauí; e, majoritariamente, em reservas extrativistas (RESEX), principalmente ao longo da costa dos estados do Maranhão do Pará (Instituto Socioambiental, 2023).

No entanto, apesar das leis e dos decretos ambientais em âmbitos nacionais, estaduais e municipais, os mangues brasileiros sofrem continuamente com diversas atividades antrópicas (ICMBio, 2018a). Entre os anos de 1980 e 2005, foram desmatados mais de 50.000 ha de florestas de manguezais em território brasileiro, gerando um impacto direto na ecologia e conservação da fauna dependente deste ecossistema (Schaeffer-Novelli et al., 2012).

De forma direta ou indireta, animais e plantas atuam como indicadores de qualidade dos ambientes em que habitam. Devido à sua ecologia

voltada para hábitos bentônicos e herbivoria, o peixe-boi é considerado uma espécie sentinela da qualidade do solo e da água, alertando para a contaminação química de sedimentos terrestre e do acúmulo de matéria orgânica em cursos hídricos, que contribui para a proliferação de algas nocivas à saúde ambiental e animal (Trainer e Baiden, 1999; Bonde et al., 2004).

Em vista dos objetivos do Plano de Ação Nacional para a Conservação do Peixe-boi-marinho e da necessidade de proteção dos manguezais e estuários, em âmbito nacional e global, para a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados por esses ecossistemas (Barbier et al., 2011), o presente estudo de revisão tem o objetivo de avaliar como as principais atividades antrópicas em áreas costeiras danificam esses ecossistemas de transição, enfatizando a importância da sua mitigação nas áreas de ocorrência do peixe-boi-marinho para efetiva conservação da espécie no Brasil.

## Materiais e Método

As atividades antrópicas com potencial de interferir na saúde e na conservação do peixe-boi-marinho foram definidas em consonância com o segundo objetivo específico do PAN Peixe-boi-marinho de “Ampliar o conhecimento acerca do comprometimento dos recursos alimentares e fontes de água doce”, referente à presença de contaminantes orgânicos, inorgânicos, metais pesados e hidrocarbonetos, contaminantes da cana-de-açúcar e ocorrência de carcinicultura em áreas de ocorrência da espécie (ICMBio, 2018b).

Para análise dos impactos, determinaram-se escalas espaço-temporais. O critério temporal foi definido considerando o ano de criação do Projeto Peixe-boi, 1980, até dezembro de 2022. Quanto ao critério espacial, restringiu-se a estudos realizados entre os estados de Sergipe e Amapá, que correspondem a áreas históricas e atuais de ocorrência da espécie *T. manatus manatus* no Brasil (Luna e Passavante, 2010b).

A plataforma de busca utilizada foi o Google Scholar, por ser uma plataforma digital aberta e abranger não apenas artigos, mas dissertações, teses e relatórios técnicos. No processo de triagem da bibliografia, utilizaram-se os seguintes unitermos: “shrimp farming”, “salt farming”, “oil extraction”, “gas extraction”, “sugar cane”, “land

use”, “plastic”, “microplastic”, “mangroves”, “north”, “northeastern” e “Brazil”. Os estudos foram pesquisados por tema, separadamente, primeiramente em inglês e depois em português: “carcinicultura”, “salinas”, “extração de petróleo”, “gás natural”, “cana-de-açúcar”, “uso do solo”, “plástico”, “microplástico”, “mangues”, “norte”, “nordeste” e “Brasil”. No total foram encontradas 128 publicações, incluindo artigos científicos, relatórios e dissertações referentes aos impactos citados. Destes, apenas 36 eram respectivos a empreendimentos que ocorriam na área de ocorrência do peixe-boi-marinho, sendo então selecionados para o presente estudo.

Os dados utilizados para a confecção do mapa (Figura 1) estão disponíveis no site da Agência Nacional de Petróleo (ANP); no Sumário Executivo Mineral, elaborado pela Agência Nacional de Mineração, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2019 (dado mais atual disponível); em registros acadêmicos produzidos pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

(ICMBio) com base na Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE), no contexto da aquicultura, utilizando como critérios a produção de camarão (unidade – kg), por município.

Além das atividades de potencial impacto aos manguezais localizadas pontualmente ao longo da costa norte e nordeste do Brasil, no presente estudo também foram consideradas atividades de maior abrangência e alcance, como a urbanização de centros urbanos e a destinação inadequada de resíduos sólidos industriais. Neste último, enfatizamos o efeito dos plásticos e derivados, devido ao seu caráter cosmopolita e seus diversos efeitos adversos amplamente difundidos na saúde ambiental.

## Resultados e Discussão

As atividades de carcinicultura, salinas e extração de petróleo e gás na costa brasileira se sobrepõem, na maior parte do litoral, à área de ocorrência do peixe-boi-marinho, como demonstrado pela Figura 1.

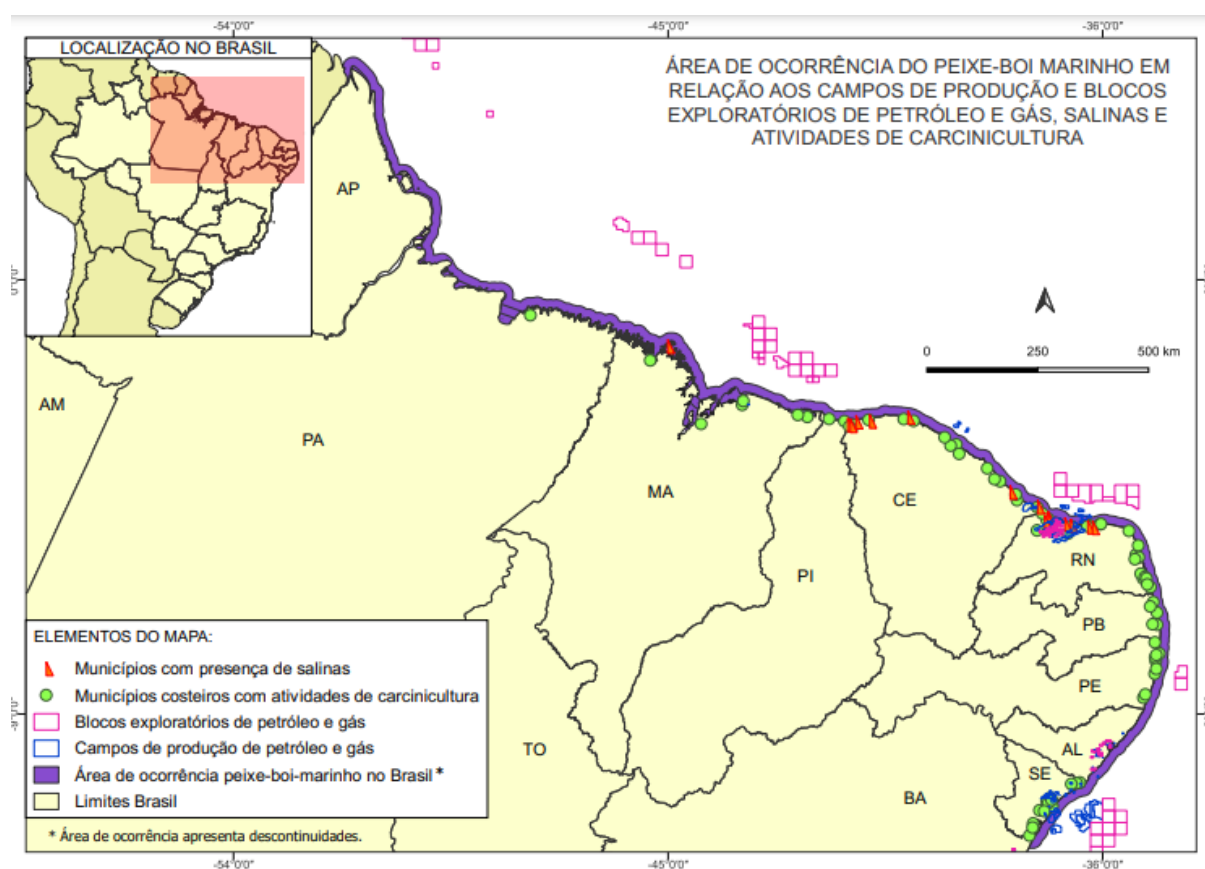


Figura 1 – Mapa de área de ocorrência do peixe-boi-marinho em relação aos campos de atividade de salinas e carcinicultura e da exploração de petróleo e gás no litoral brasileiro.

Com base nos estudos selecionados, a carcinicultura representa a atividade com maior representatividade de estudos sobre o seu impacto

nos ecossistemas manguezais e estuarinos (64,7%), enquanto a extração de petróleo apresentou a menor taxa (8,8%) (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição do número de estudos sobre impactos das atividades com potencial ameaça antrópica ao ecossistema manguezal e estuarino, nas áreas de ocorrência atual e histórica do peixe-boi-marinho, no período de 1980 a 2022.

Estados	Número de estudos por atividade antrópica				Total de estudos
	Carcinicultura	Cultivo de cana-de-açúcar	Extração de petróleo	Salinas	
Amapá	0	0	1	0	1
Pará	1	0	0	0	1
Maranhão	1	0	0	0	1
Piauí	0	0	0	0	0
Ceará	13	0	1	2	16
Rio Grande do Norte	1	0	1	2	4
Paraíba	1	2	0	0	3
Pernambuco	3	1	0	0	4
Alagoas	2	2	0	0	4
Sergipe	2	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>36</b>

O estado do Ceará obteve maior diversidade de tipos de estudos. Esse estado possui uma das maiores taxas de encalhe e resgates de peixes-bois-marinhos vivos, devido principalmente, ao estabelecimento de fazendas de carcinicultura, assoreamento e degradação dos mangues. Dessa forma, esse estado é considerado uma das áreas mais críticas para a conservação da espécie no litoral nordestino (Balensiefer et al., 2017).

De acordo com Rocha et al. (2013), Unica (2010) e Jézéquel et al. (2017), os estados de Alagoas, Rio Grande do Norte, Ceará e Amapá apresentam os maiores índices de impactos nos ecossistemas manguezais brasileiros causados por atividades de cultivo de cana-de-açúcar, carcinicultura e extração de petróleo, respectivamente. No entanto, a baixa quantidade de estudos encontrados para os estados de Alagoas, Rio Grande do Norte e Amapá, não representa seu dito potencial de degradação.

Um estudo de estimativa de abundância de peixes-bois-marinhos no litoral brasileiro

realizado por Alves et al. (2015) indicou que no estado do Piauí foi encontrada a maior densidade de peixes-bois-marinhos em complexos estuarinos, nas áreas dos rios Timonha/Ubatuba e Cardoso/Camurupim. Apesar da ausência de estudos sobre potenciais ameaças antrópicas aos ambientes manguezais no estado do Piauí, nos estuários dos rios Timonha e Ubatuba foi observada a presença de fazendas de camarão e salinas, que são atividades com grande potencial de impacto devido à poluição por resíduos sólidos derivados de seus processos (Choi, 2017).

Com relação ao litoral norte, as áreas entre os estados do Maranhão e do Pará foram descritas como os locais com maiores médias de ocorrência e de reprodução de peixes-bois-marinhos (Luna et al., 2008; Alvite, 2008). Dessa forma, a escassez de estudos nessa área gera preocupação sobre a extensão dos potenciais impactos antrópicos nessa costa e como estariam afetando a conservação da espécie nessa área.

## Salinas

Fatores abióticos como as baixas taxas de precipitação, altas temperaturas e altas taxas de evaporação, condições consideradas ideais à atividade salineira, foram definitivas na transformação da região Nordeste em um dos maiores polos de produção de sal do país, sendo responsável por cerca de 95% de todo o sal marinho produzido (Rocha et al., 2009). Anteriormente à criação da Lei de Crimes Ambientais (Lei n. 9.605/98), que consistiu em um avanço à proteção aos ambientes naturais no país, importantes estações para a produção de sal foram criadas em manguezais e estuários virgens no Nordeste do país, principalmente nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará (Brasil, 1981; Reis Neto et al., 2013; Ferreira et al., 2019; Rocha e Camara, 1992).

As salinas representam uma importante ameaça aos ecossistemas manguezais e estuarinos na costa brasileira, seja pela remoção da cobertura vegetal, que aumenta a incidência de luz solar, ou pela salinização do solo. O sal produzido pelas salinas afeta a concentração de isótopos de carbono (C13) em folhas verdes e marrons de mangues localizados nas proximidades das áreas de produção (Crowley et al., 2012). Os mangues são compostos predominantemente por plantas C3, que são mais pobres em isótopos de carbono, de forma que o enriquecimento de C13 no solo altera o metabolismo da vegetação. Esse aumento eleva a capacidade fotossintética, aumentando o crescimento e desenvolvimento vegetal, o que pode acarretar na eutrofização do ambiente (Davias et al., 2014; Nehemia et al., 2019; Peterson, 1999), impossibilitando o uso da área como recurso alimentar à fauna dependente, como os peixes-bois-marinho. Além da degradação física dos mangues, a hipersalinização do solo também causa alterações fisiológicas e estruturais na vegetação (Naidoo et al., 2011), podendo interferir no forrageio e alimentação dos peixes-bois nos remanescentes manguezais.

Atualmente muitas das salinas instaladas nos anos de 1960 foram desativadas ou abandonadas, deixando como legado um solo com hipersalinidade residual. A resolução estadual do governo do estado do Ceará (COEMA, 2002) prevê que áreas anteriormente degradadas pela produção de sal, devido à sua difícil capacidade de regeneração natural, possam ser convertidas

em áreas de carcinicultura, agravando os impactos causados ao ambiente. Como exemplo dessa conversão tem-se, no estado do Rio Grande do Norte, o Vale do Rio Apodi, onde as salinas estão gradualmente sendo substituídas por fazendas de camarão desde 2001 (Boori e Amaro, 2011). No entanto, estudos realizados nos estuários do Rio Ceará e do Rio Pacoti, ambos no estado do Ceará, relatam a recuperação e expansão dos mangues em 66% e 78%, respectivamente, do território previamente ocupado por salinas, em aproximadamente 40 anos, ressaltando a resiliência e capacidade de recuperação dos ambientes manguezais na ausência de interferência antrópica contínua (Boori e Amaro, 2011; Reis Neto et al., 2013; Lacerda et al., 2007; Ferreira et al., 2019). Esse mesmo fenômeno de retomada das fazendas de sal pelos mangues também foi registrado em outros três corpos d'água no estado do Ceará, nos estuários dos rios Aracatimirim, Coreau e Pirangi, por Godoy et al. (2018).

Em relação ao estado do Rio Grande do Norte, o estudo de monitoramento de Rocha et al. (2009) demonstrou a abertura de áreas de extração de sal se sobrepondo a áreas de manguezais e a degradação avançada de componentes vegetais nos estuários, com extensões escassez ou inexistência de espécies vegetais. Considerando que a dieta dos peixes-bois além de algas também compreende a vegetação presente em bosques de mangues (Attademo et al., 2022), a drástica redução ou ausência dessa vegetação reduz os recursos disponíveis para a alimentação da espécie.

Apesar de os resultados obtidos por Lima et al. (2013) não apresentarem relações negativas ou positivas entre a avistagem de peixes-bois e as salinas, o impacto desse empreendimento nos manguezais causa o assoreamento nas áreas de uso da espécie tanto na reprodução quanto na alimentação (Lima et al., 2011). Dessa forma, é importante a realização de estudos direcionados à identificação e quantificação da perda de *habitat* em função da implantação desses empreendimentos e possíveis contaminações associadas à extração de sal.

Considerando o recorte de ocorrência do peixe-boi e as informações encontradas nos bancos públicos de informações da Agência Nacional de Mineração, IBGE e ICMBio, mencionados na seção de metodologia, foram encontrados dados de salinas em operação

somente nos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte.

Ainda assim, adicionou-se informação de salina localizada na comunidade Iguará, interior da Reserva Extrativista Marinha de Cururupu, no município de Cururupu/MA, o qual não figura nos repositórios oficiais como área produtora de sal marinho. O referido empreendimento, que opera de forma artesanal, foi identificado no plano de manejo da unidade, e possui produção voltada para o uso da comunidade no processo de salga do pescado (BRASIL, 2017).

### Carcinicultura

Em 2012, o Novo Código Florestal Brasileiro fragmentou o ecossistema manguezal em duas frações: uma composta pelos apicuns e salgados, que correspondem a ambientes hipersalinos situados nas áreas superiores e intermediárias dos mangues; e outra pelas florestas de manguezais, retirando a proteção sobre parte desses e permitindo o avanço da carcinicultura em 35% das áreas de apicuns (Lima et al., 2019; Brasil, 2012). Nos anos que seguiram à mudança no Código Florestal, entre 2013 e 2016, mais de 34 mil ha de manguezais das regiões Norte e Nordeste do Brasil foram convertidos em áreas de carcinicultura (ICMBio, 2018a). No entanto, em 2019, o Projeto de Lei nº 108/19 revogou a pauta, alegando a áreas de proteção permanente (APPs) (Brasil, 2019), representando mais uma vitória para a causa ambiental.

As condições edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, como temperatura, pluviosidade, vento, umidade do ar e qualidade do solo agregam à região grande potencial para a carcinicultura, de modo que 99% da produtividade nacional está situada nessa região, principalmente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte (Rocha et al., 2013). A expansão da carcinicultura tem sido identificada como um fator crucial para a degradação de mangues no Nordeste brasileiro, que ocorre em consequência do elevado aporte de nutrientes, erosão das bordas dos manguezais e, em última instância, pelo desmatamento das florestas de mangues (Guimarães et al., 2010; Sá et al., 2013; Marins et al., 2020; Godoy et al., 2018; Ferreira e Lacerda, 2016; Sosa-Villalobos et al., 2016).

A intensa carcinicultura é a maior responsável pelos depósitos de nitrogênio nos corpos hídricos

adjacentes. Nos rios Jaguaribe, no Ceará, e Açu, no Rio Grande do Norte, a intensa carcinicultura é a maior responsável pelos depósitos de nitrogênio, totalizando 41% e 63%, respectivamente, da carga total desse composto nessas bacias (Lacerda, 2006).

Os efluentes advindos dos alimentos usados para engorda dos camarões e fertilizantes possuem concentrações de matéria orgânica como nitrogênio e fósforo, superiores a de efluentes derivados da agricultura, da agropecuária e da urbanização, resultando em um aumento da biodisponibilidade desses compostos, o que acarreta em um aumento da produtividade da vegetação, e leva o ambiente à eutrofização (Silva et al., 2003; Sá et al., 2013; Marins et al., 2011; Queiroz et al., 2020). Além do seu elevado potencial de desencadear a eutrofização, a carcinicultura também afeta os ecossistemas manguezais ao diminuir sua capacidade de reter nutrientes e diminuir os estoques de carbono (Barcellos et al., 2019). Um dos serviços ecossistêmicos prestados pelos mangues está no fato de atuarem como barreiras naturais do transporte de nutrientes provenientes do continente (Valiela e Cole, 2002). Dessa forma, os compostos que são carregados pelas chuvas e rios são filtrados e fixados no solo para posteriormente serem convertidos em biomassa vegetal. No entanto, as concentrações de nutrientes presentes nos efluentes das fazendas de camarão ultrapassam o limite de bioacumulação do solo, deixando grandes quantidade de nitrogênio e fosfatos livres em suspensão e fáceis de serem transportados para o ambiente marinho (Ward et al., 2016; Valiela e Cole, 2002; Marins et al., 2020). O aumento da mineralização da matéria orgânica no solo também pode levar a um aumento na emissão de gás carbônico para a atmosfera, reduzindo a capacidade do mangue de atuar como sequestrador de carbono e contribuindo de forma semelhante ao desmatamento para o aquecimento global (Abelenda et al., 2014; Bouillon et al., 2008; Sanders et al., 2014).

Além da elevada taxa de matéria orgânica, os efluentes da carcinicultura também apresentam altas concentrações de metais, como cobre, mercúrio e zinco que superam as emissões desses metais pela agricultura, agropecuária e urbanização (Lacerda et al., 2006; Lacerda et al., 2011; León-Cañedo et al., 2017; Silva et al., 2003). As altas concentrações desses metais são originadas principalmente da alimentação dos crustáceos,

que fornecem 91.8% do total de cobre e 97% do total de zinco aos mangues por meio dos efluentes contaminados (León-Cañedo et al., 2017; Lacerda et al., 2011; Soares et al., 2011). Níveis elevados desses metais não ameaçam apenas a saúde dos ecossistemas manguezais que os recebem, como também afetam a cadeia trófica, intoxicando peixes, e conseqüentemente as pessoas que se alimentam continuamente da fauna contaminada. Esse fato também foi constatado no município de Indiaroba, em Sergipe, onde viveiros de carcinicultura foram implantados indevidamente em áreas de manguezais, causando a mortandade da vida marinha local (Costa et al., 2013; Arantes et al., 2016; Santos et al., 2016).

O potencial de impacto da carcinicultura aos peixes-bois não se limita apenas aos contaminantes provenientes da criação e processamento dos camarões, mas também tem um papel determinante no encalhe dos filhotes, principalmente nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, devido aos danos causados por esta atividade às áreas de águas calmas encontradas na foz dos rios, normalmente utilizadas pelas fêmeas de peixes-bois ao parir (Meirelles, 2008; de Almeida, 2010; Balensiefer et al., 2017). O recente estudo de Medeiros et al. (2021) avaliou a relação da integridade das florestas de manguezais no estado da Paraíba com encalhes de peixes-boi nos últimos 39 anos, evidenciando que o menor número de encalhes de filhotes de peixes-bois-marinhas registrado no estado ocorreu em períodos em que os ambientes manguezais estavam menos degradados.

Os dados de carcinicultura apresentados na Figura 1 apontam para existência dessa atividade em todos os estados de ocorrência do peixe-boi, à exceção do Amapá. Observando o mapa (Figura 1) pode-se identificar, em vários casos, a presença simultânea da carcinicultura e das salinas e, sem prejuízos da sobreposição de outras ameaças, denota-se a importância de compreender os como os efeitos concomitantes destas atividades afetariam negativamente o ecossistema manguezal.

### **Cultivo da cana-de-açúcar**

No Brasil, as monoculturas de cana-de-açúcar são encontradas frequentemente nos estados da região Nordeste. O estado de Alagoas, responsável pela maior fração da produção de

cana de açúcar no Brasil, é também o estado com o maior número de cursos d'água afetados por essa atividade (Unica, 2010; Knoppers et al., 1991). Estudos demonstraram um aumento de ácidos graxos, esteróis e álcoois nas camadas mais altas do complexo estuarino Mundaú-Manguaba em Alagoas, sugerindo que o aumento da deposição desses compostos, e a conseqüente eutrofização das lagoas nos últimos 30 anos, seja decorrência da intensa utilização de monocultura de cana de açúcar na região (Carreira et al., 2011). O cultivo da cana-de-açúcar, que é realizado há séculos no nordeste do Brasil, provoca o carreamento de sedimentos para a costa adjacente, que apresenta o potencial de levar agentes patogênicos, como bactérias, vírus, fungos e protozoários para o meio aquáticos, afetando severamente corais e outros organismos, tal qual demonstrado em regiões do Caribe (Precht et al., 2016; Rogers e Ramos-Scharrón, 2022).

Os impactos são causados principalmente pela destinação indevida de fertilizantes, nitratos, pesticidas e compostos orgânicos de alto peso molecular derivados do processamento destes alimentos durante as etapas de produção (PNUD, 2013; Zagatto e Bertolotti, 2006; Brockmeyer, 2011). Os fertilizantes são fontes não apenas de minerais essenciais para o aumento da produção, mas também de uma série de metais pesados (ex: níquel, cádmio, mercúrio, chumbo, cobre e zinco), cujas quantidades variam de acordo com a tecnologia empregada na sua produção (Radostits et al., 2002; Kabata e Pendias, 2001; Bartkowiak, 2022).

Em geral, os metais são classificados em essenciais, quando possuem alguma função biológica no organismo de animais e plantas, e não essenciais, quando não possuem função biológica aparente e sua presença no organismo é danosa (Theron et al., 2012). Os metais pesados causam diversos danos, como a redução do crescimento e desenvolvimento, a degradação de órgãos e do sistema nervoso, câncer, e podem levar à morte (Thirulogachandar et al., 2014). Metais não essenciais como o cádmio e o chumbo invariavelmente são encontrados em conjunto e apresentam elevada toxicidade mesmo em pequenas quantidades (Satarug et al., 2002; Theron et al., 2012). Considerado o maior contaminante ambiental e maior causador de intoxicações acidentais ao redor do mundo, o chumbo pode ser absorvido pela pele e pelos sistemas respiratório



e digestivo, e quando em exposição crônica, é acumulado nos ossos, fígado, córtex renal, sistema endócrino e medula óssea (Latif et al., 2013; Rumbeiha et al., 2001; Swarup et al., 2007; Radostits et al., 2002). Intoxicações por chumbo podem causar desordens neurológicas, respiratórias, urinárias e cardiovasculares (Joseph et al., 2005). Além disso, o chumbo pode afetar o desenvolvimento de filhotes em ambiente intrauterino e de indivíduos jovens, por ser permeável à placenta e ser eliminado, entre outras fontes, pelo leite (Rumbeiha et al., 2001; Radostits et al., 2002).

A Barra de Mamanguape, no estado da Paraíba, é uma área de extrema importância para a conservação dos peixes-bois-marinhos, o que motivou a criação de uma unidade de conservação federal na área, a APA da Barra do Rio Mamanguape; tal importância também motivou a implantação de um cativeiro de aclimação para soltura de peixes-bois-marinhos em 1988 no local (Luna e Passavante, 2010a). Os cativeiros de aclimação são estruturas que recebem os exemplares que foram resgatados, reabilitados e estão aptos para retornar ao seu ambiente natural. São nesses locais que os peixes-bois se habitam aos recursos alimentares, condições de temperatura, salinidade e nível d'água que encontrarão no seu *habitat* natural, de forma que o período de aclimação é uma etapa muito relevante para a sobrevivência dos exemplares reintroduzidos (Luna e Passavante, 2010; Lima et al., 2007). No entanto, o estuário do Rio Mamanguape é densamente ocupado por plantações de cana de açúcar, sendo este o motivo do aumento da degradação do *habitat* e dos remanescentes florestais da costa (Takahashi e Nishida, 2018; ICMBio, 2014). O deságue de efluentes agrícolas ricos em compostos nitrogenados em ambientes aquáticos, causa a degradação do *habitat* e um aumento da concentração de isótopos de nitrogênio nos tecidos dos organismos que habitam aquele ambiente. Estudos realizados com peixe-boi observaram maiores concentrações de metais pesados, como alumínio, cádmio e chumbo, e de isótopos de nitrogênio em indivíduos da Barra de Mamanguape em comparação com animais de outras regiões; ressaltando a importância da devida destinação dos compostos derivados da agricultura adjacente para a conservação do peixe-boi-marinho no local (Carpenter et al.,

1998; Rau et al., 1981; Ciotti, 2012; Anzolin et al., 2012).

### Indústria do petróleo e gás natural

A exploração do petróleo no Brasil teve início em 1953 e até 2023 existiam 262 áreas de concessão de exploração de petróleo e gás no Brasil, sendo 68 plataformas marítimas *offshore* (ANP, 2023). Apesar de dispersas pelo litoral brasileiro, acredita-se que o estado do Amapá tenha o potencial de se tornar uma das mais importantes áreas de extração de petróleo do mundo (Jézéquel et al., 2017). No estado do Ceará, entre 1986 e 2009, no Vale do Rio Apodi, a indústria petrolífera apresentou a maior expansão entre todas as atividades antrópicas presentes na área, de 1.11 km<sup>2</sup> para 77.85 km<sup>2</sup>, correspondendo à terceira maior taxa de ocupação antrópica no local (Boori e Amaro, 2011).

As perfurações do assoalho marinho podem alterar os padrões de marés e fluxo de água doce nos mangues, que, apesar de tolerarem a água salgada, dependem do fluxo de água doce proveniente do lençol freático; acidificar a água e o solo através da liberação de ácido sulfúrico presente em algumas camadas do solo marinho e interferir nas oscilações diárias e sazonais dos níveis d'água nos mangues (IUCN, 1993). Além disso, os impactos sísmicos associados à indústria petrolífera podem gerar mudanças fisiológicas e comportamentais severas em espécies de mamíferos aquáticos (McCauley et al., 2000). De forma complementar, resíduos provenientes das refinarias de petróleo, como os hidrocarbonetos poliaromáticos (PAH), também constituem uma importante ameaça aos estuários e manguezais. Esses compostos, uma vez liberados nos rios e corpos d'água, se aderem aos sedimentos orgânicos do solo, formando reservatórios tóxicos à biodiversidade aquática. Devido às mudanças físico-químicas na água dos estuários, que ocorre em decorrência da água salgada, esses contaminantes não atravessam a costa, ficando retidos nos rios, estuários e mangues. Um estudo nos estuários dos Rios Cocó e Ceará, no estado do Ceará, próximos à cidade de Fortaleza, observou que as concentrações de PAHs nesses corpos hídricos eram superiores aos níveis encontrados em cidades mais industrializadas; tais concentrações podem causar efeitos adversos à biota aquática e

a extração de petróleo é uma das principais fontes de contaminação por esses poluentes nesses locais (Murphy et al., 1988; Baudo et al., 1990; Chen e White, 2004; Cavalcante et al., 2009). A inalação ou aspiração de hidrocarbonetos pode levar a síndromes respiratórias semelhantes às crises asmáticas ou à pneumonia química, registrada em humanos, decorrente da severa necrose pulmonar causada pela penetração dos hidrocarbonetos nos pulmões (Curtis et al., 2021).

Além das ameaças iminentes da extração de petróleo, há ainda o risco de vazamento de óleo, cujas consequências nos ambientes manguezais e estuarinos são imprevisíveis, uma vez que dependem não apenas das características do composto, como também das condições físico-químicas e estágio de desenvolvimento das áreas costeiras, podendo ser breves ou duradouras (Burns et al., 2000; Kingston, 2002). Como exemplo nacional da durabilidade dos PAHs no ecossistema, tem-se o acidente de derramamento de óleo que ocorreu na Baía de Guanabara, no estado do Rio de Janeiro, em 2000. Nessa ocasião, o manguezal foi diretamente afetado por 1,3 milhões de litros de óleo, e os contaminantes ainda estavam presentes em altas concentrações após mais de 17 meses do vazamento (Maciel-Souza et al., 2006). Nos últimos anos, entre 2019 e 2020, as regiões nordeste e sudeste do Brasil presenciaram o maior desastre ambiental do Atlântico Sul, quando um derramamento de óleo afetou mais de 325 km<sup>2</sup> de vegetação aquática (Soares et al., 2020; Magris e Giarrizzo, 2020; Magalhães et al., 2021). Dentre os estados afetados, destacam-se Pernambuco e Alagoas, regiões de ocorrência de peixes-boi soltos e nativos, que dependem das vegetações marinhas como principal recurso alimentar (Attademo et al., 2022). Um estudo realizado por Paiva Jr. et al. (2022) observou a presença de elevadas concentrações de níquel, vanádio, chumbo e lantânio, todos metais pesados altamente tóxicos, em um neonato de peixe-boi encalhado morto em Alagoas em 2021. A idade do exemplar e a presença destes metais é um indicativo de que a contaminação ocorreu por transferência congênita, dado que a mãe deve ter se alimentado de vegetação aquática contaminada.

A extração petrolífera e o risco de derramamento de óleo na costa do Amapá ameaçam uma das maiores florestas de

manguezais do país e a maior área contínua deste ecossistema no mundo, localizada no Parque Nacional de Cabo Orange (Magris e Barreto, 2010). Além disso, o parque é situado na foz do Rio Oiapoque, uma das áreas de ocorrência do peixe-boi-marinho no Brasil (Oliveira et al., 2022). A contaminação por hidrocarbonetos nessas áreas poderia acarretar danos à saúde da população de peixes-bois-marinhos, levando a um possível declínio populacional da espécie já ameaçada.

Na região nordeste, a Bacia Potiguar, considerada uma das maiores produtoras de petróleo do Brasil, está localizada entre os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte (da Silva et al., 2015). Os litorais destes estados são importantes áreas para a conservação dos peixes-bois-marinhos, inclusive devido à presença de algas e capim-agulha, que consistem na principal fonte de alimentação da espécie (Meirelles, 2008). Um monitoramento realizado entre 2010 e 2020 pelo Programa de Monitoramento de Praias, uma condicionante da Petrobrás e outras empresas petrolíferas, registrou 65 encalhes de peixes-boi na Bacia Potiguar no estado do Rio Grande do Norte (EcologyBrasil, 2022). Estudos retrospectivos similares foram realizados por Meirelles (2008), em que em um período de 15 anos foram registrado 25 encalhes de peixes-boi no Ceará; e por Balensiefer et al. (2017), resultando em 40 animais encalhados no estado do Rio Grande do Norte e 39 no estado do Ceará, ao longo de 29 anos, as maiores taxas de encalhes obtidas no estudo. Dessa forma, esses estados são evidenciados como as áreas com maior ocorrência de encalhes no país (EcologyBrasil, 2022).

## Urbanização

A localização estratégica para atividades comerciais e industriais, incluindo-se as de cunho turístico, tem motivado o crescimento das populações urbanas em regiões costeiras de forma significativa. Em 2006, mais da metade da população mundial vive em um raio de até 100 km dessas áreas e 80% das maiores cidades do mundo estão em regiões litorâneas, com altas taxas de crescimento (Chhabra e Geist, 2006). De acordo com Angel et al. (2011), a urbanização cresce duas vezes mais rápido que o crescimento demográfico e tende a continuar em crescimento contínuo juntamente com o crescimento econômico e densidade populacional.

A expansão urbana interfere negativamente no ambiente, seja pelo fator de uso da terra para construções de assentamentos e obras de infraestrutura, ou pelo descarte de efluentes não tratados em corpos d'água (Lambin e Meyfroidt, 2014; MMA, 2008; Araújo et al., 2021). Dentre as ameaças aos ecossistemas manguezais provenientes do uso da terra estão o desflorestamento, o assoreamento e as mudanças do fluxo de água em virtude da canalização de rios e construção de barragens (Alves et al., 2013; Godoy et al., 2018). No Rio Suape, em Pernambuco, de 1990 a 2015, a urbanização apresentou a maior taxa de crescimento na região (Pelage et al., 2019). Em 2014, houve um investimento nacional de 7.5 bilhões de dólares no desenvolvimento portuário na costa brasileira, sendo a maioria em áreas de mangues como as capitais dos estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco, além de cidades do Sudeste (GFRFB, 2014). Na costa Amazônica, a malha rodoviária foi considerada por Hayashi et al. (2019) como atividade de infraestrutura e uso da terra de maior efeito sob os manguezais, de modo que 90% dos impactos antrópicos estavam em um raio de 3 km das rodovias.

Quanto aos impactos do crescimento desordenado da população, estão a falta de infraestrutura sanitária, que acarreta no depósito indevido de efluentes domésticos contaminados em rios e estuários. Em estudo realizado com esteróides fecais, Araújo et al. (2021) encontraram concentrações significativamente mais altas de coprostanol em áreas de mangues próximas a áreas urbanizadas, e sugere que os níveis apenas não se equivalem aos de regiões altamente contaminadas devido à rápida degradação dos sedimentos, típica de ambientes tropicais.

Devido ao fato de o coprostanol ser produzido apenas por grandes animais como resultado da conversão do colesterol, esse composto não está presente naturalmente nos ambientes aquáticos, indicando a presença de efluentes contaminados no local (Carreira et al., 2004; Frena et al., 2016; Sojinu et al., 2012). Além dos contaminantes fecais, os manguezais recebem grandes cargas de hormônios sintéticos como diethylstilbestrol, dienestrol, mestranol e  $17\alpha$ -ethinylestradiol, derivados de reguladores metabólicos, produtos farmacêuticos e de cuidado pessoal, esteróides, aditivos alimentares e medicamentos veterinários (Jauković et al., 2017; Wang et al., 2012; Zhang et al., 2014; Richardson e Ternes, 2011). Análises

no estado do Ceará, utilizando marcadores moleculares para determinar os impactos antrópicos em áreas protegidas de mangues, encontraram concentrações de hormônios sintéticos entre duas e três vezes superiores aos níveis de hormônios naturais (Santos et al., 2019). Altas concentrações de hormônios sintéticos femininos como o  $17\alpha$ -ethinylestradiol, presentes em anticoncepcionais, atuam como disruptores endócrinos em ambientes aquáticos, afetando negativamente as populações de peixes e demais organismos residentes dos manguezais (Kidd et al., 2007).

Apesar de os mangues serem considerados grandes filtradores, o ecossistema tem uma capacidade de suporte e o descarte e a necessidade contínua de degradação de sedimentos ricos em matéria orgânica e compostos químicos podem acarretar um colapso do sistema, reduzindo sua complexidade estrutural e abundância de biodiversidade, tornando o ambiente mais suscetível à eutrofização (Chen et al., 2009; Silva et al., 2001; Anton et al., 2011; Queiroz et al., 2020).

### **Resíduos sólidos industrial e urbano: plásticos**

A história do plástico data de 1907, no entanto, as maiores invenções no ramo só aconteceram anos depois, no intervalo das duas grandes Guerras Mundiais, de 1913 a 1942. No Brasil, a produção média na última década (2010-2019) foi de 8.8 milhões de toneladas por ano, havendo uma redução na produção de plásticos de 8.7 milhões em 2010 para 7.1 milhões de toneladas em 2019 (Chalmin, 2019; Statista, 2020).

Materiais plásticos estão presentes em nosso cotidiano em diversos formatos, cores e tamanhos, desde garrafas PET, sacolas plásticas e, atualmente, máscaras faciais, a canos de PVC, microfibras sintéticas em roupas e microplásticos em cosméticos (Celis-Hernández et al. 2021). Uma estimativa realizada pela Universidade da Califórnia sugere que das 8.3 bilhões de toneladas de plástico produzidas desde 1950, apenas 1.2 bilhões tenham sido recicladas e incineradas; deixando outros 4.6 bilhões no meio ambiente, principalmente nos ambientes aquáticos e marinhos (Chalmin, 2019). Os primeiros registros científicos sobre resíduos plásticos em ambientes

marinhos foram feitos em 1972 no Mar de Sargaços, no Atlântico Norte (Carpenter & Smith, 1972), e em 1996 no Pacífico Norte, quando foi documentado o primeiro grande acúmulo de lixo oceânico (Moore et al., 2001). Em 2004, estabeleceu-se a definição dos microplásticos como partículas de plástico inferiores a 5 mm, ubíquas nos sedimentos oceânicos e na superfície das águas (Thompson et al., 2004).

A ingestão de lixos pode ser um grave problema para os peixes-bois, levando à debilidade clínica ou óbito. Attademo et al. (2015) relatam a ingestão de plástico por quatro peixes-bois soltos na natureza na Barra de Mamanguape, Paraíba. Entretanto, possivelmente essas ocorrências não se limitam a esses exemplares e nem a essa localidade. A presença de plástico nas fezes dos animais também já foi verificada durante as atividades de rotina de atendimento veterinário aos peixes-bois soltos em Porto de Pedras, Alagoas (Attademo informação pessoal). Estudos apontam para a presença desses compostos em ecossistemas manguezais e estuarinos no Nordeste, com relatos de 477 itens/m<sup>2</sup> no estuário de Goiana, no estado de Pernambuco (Lima et al., 2016) e uma média de 13.81 itens/m<sup>2</sup> em áreas de manguezal no Rio Potengi, no estado do Rio Grande do Norte (Belarmino et al., 2014). Na região norte, um estudo revelou acúmulos materiais em estuários amazônicos, sendo 96% desses correspondentes a resíduos plásticos (Giarrizzo et al., 2019).

A fitofisionomia do ecossistema manguezal é composta por árvores com densas redes de raízes, que atuam como uma barreira contra o vento e ondas do mar, protegendo a costa da erosão (Lin et al., 2005). No entanto, diante da grande produção de resíduos sólidos, como os plásticos, esse mesmo sistema também atua de forma prejudicial ao ambiente, atuando na retenção de materiais poluentes. Desse modo, quanto maior o adensamento de raízes, maior a capacidade de retenção de plásticos e sedimentos com microplástico nas áreas de mangues (Liu et al., 2022; Norris et al., 2017). Além disso, devido à retenção e à exposição à radiação solar, ao vento, à maré e a outros processos físicos, químicos e biológicos, os plásticos sofrem degradação contínua, subdividindo-se em partículas cada vez menores, os microplásticos. Esses microplásticos, principalmente as fibras e PETs, são incorporados e acumulados nos sedimentos

e solos dos mangues por ação das raízes de forma permanente (Liu et al., 2022).

Outro fator preocupante referente aos microplásticos se dá por sua transferência na cadeia trófica. Estudos demonstram que os plânctons, ao ingerirem microplásticos, acumulam esses materiais em seus músculos e tecidos, contaminando seus predadores ao longo da cadeia alimentar, como peixes, e conseqüentemente outros animais terrestres e aquáticos (Ma et al., 2020; Covernton et al., 2021; Maghsodian et al., 2021; Karami et al., 2017). Os efeitos dos microplásticos nos organismos ainda são pouco conhecidos, mas se destacam respostas imunotóxicas, distúrbio endócrinos e alimentares e mudanças fisiológicas (Ma et al., 2020; Seltenrich, 2015; Rochman et al., 2015).

Em relação aos macroplásticos e demais resíduos maiores que 5 mm que são retidos pelas raízes, Bijsterveldt et al. (2021) demonstraram grande capacidade de resiliência da vegetação dos mangues à cobertura do solo e raízes por esses materiais. Como resposta ao sufocamento dos pneumatóforos (poros especializados para respiração aérea), as árvores apresentaram maior desenvolvimento destas estruturas e aumentaram a perda diária de folhas das copas. A porcentagem de cobertura das raízes também influenciou na taxa de sobrevivência das plantas, de forma que os tratamentos com menor cobertura apresentaram maiores taxas de sobrevivência após o experimento. Quanto ao efeito destes resíduos na fauna, Attademo et al. (2015) registraram a ingestão de resíduos plásticos por quatro peixes-bois-marinhos (*T. manatus manatus*). Os indivíduos foram encontrados na Barra do Rio Mamanguape/PB, na costa do Rio Grande do Norte e no Morro da Gamboa/BA. Enquanto dois animais vieram a óbito, os outros dois foram submetidos a tratamento e reabilitação. Além da ingestão de plástico, os peixes-bois também estão suscetíveis ao aprisionamento em aparatos de pesca como cordas e redes, que corresponderam a 22,3% dos materiais plásticos encontrados no estuário de Goiana/PE por Ivar do Sul & Costa (2013). Esse estuário permeia a Reserva Extrativista Acaú-Goiana, unidade de conservação federal e uma das áreas de ocorrência do peixe-boi-marinho no estado de Pernambuco, ressaltando a necessidade de controle dos depósitos de plásticos nos estuários e manguezais do nordeste brasileiro em prol da conservação da espécie na costa brasileira.

A presente revisão reitera a necessidade de se reforçar o papel do PAN Peixe-boi-marinho, tal como políticas públicas, gestão e fiscalização das potenciais ameaças como norteadores das ações de conservação em prol do peixe-boi e do seu *habitat*. Não obstante, reforça a importância de que, nos próximos ciclos deste PAN, sejam mantidas e ampliadas as ações relacionadas ao aumento do conhecimento dos impactos destas atividades para a sobrevivência e conservação do peixe-boi no país. Dessa forma, recomenda-se que as instituições e os pesquisadores que estudam o peixe-boi e seu *habitat* envidem esforços nesses estudos e ações, promovendo assim embasamento técnico científico para a subsidiar a realização de medidas públicas destinadas a mitigar ou mesmo eliminar os impactos dessas atividades.

## Considerações Finais

O presente estudo de revisão contribui para o aumento de conhecimento sobre as ameaças diretas e indiretas de atividades antrópicas para este mamífero marinho, provendo subsídio para desenvolver soluções para removê-las ou mitigá-las, conforme previsto nos desafios da ONU para a década do oceano. Não menos importante, os dados pesquisados no estudo demonstram a extrema importância de que as medidas de proteção aos mangues sejam reforçadas e expandidas para além dos limites físicos do *habitat*, abrangendo também áreas de impacto potencial (áreas indiretamente afetadas), incluindo ações de fiscalização mais rigorosas visando garantir tratamento e destinação corretos de efluentes em estuários e demais corpos hídricos.

## Referências

ABCC (Associação Brasileira de Criadores de Camarão). 2012. Levantamento da infraestrutura produtiva e dos aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais da carcinocultura marinha no Brasil em 2011. Relatório técnico. 82pp.

Abelenda MS, Arbestian MC, Ferreira T, Rivera-Monroy VH. The effect of nutrient-rich effluents from shrimp farming on mangrove soil carbon storage and geochemistry under semi-arid climate conditions in northern Brazil. *Geoderma*, 213: 551-559, 2014.

ANM (Agência Nacional de Mineração). 2018. Sumário Mineral Brasileiro. <<https://www.gov.br/anm/pt-br/>

>centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/sal\_sm\_2018>. Acesso em 18/07/2022.

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). 2022. Blocos exploratórios sob concessão e campos de produção. <Shapefile de Dados – Português (Brasil) ([www.gov.br](http://www.gov.br))>. Acesso em 18/07/2022.

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). 2023. Boletim de Produção de Petróleo e Gás Natural. Disponível em <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletins/arquivos-bmppgn/2023/boletim-janeiro.pdf>> Acesso em 09/03/2023.

Alves RRN, Sassi R, Santana GG. The mangrove forest at the Bucatu Lagoon, Northeast Brazil: structural characterization and anthropic impacts. *Tropical Conservation Science*, 6(2): 254-267, 2013.

Alves MD. First abundance estimate of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in Brazil by aerial survey. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(4): 955-966, 2016.

Alvite CMC. 2008. Population and ecological index for manatees (*Trichechus manatus manatus*) in two mangroves and salt-marshes areas of Maranhão. Dissertação (Mestrado em Oceanografia e Limnologia). Universidade Federal do Maranhão. 120p.

Angel S, Parent J, Civco DL, Blei A, Potere D. The Dimensions of Global Urban Expansion: Estimates and Projections for all Countries, 2000-2050. *Progress in Planning*, 75: 53-107, 2011.

Anton A, Cebrian J, Heck KL, Duarte CM, Sheehan KL, Miller MEC, Foster CD. Decoupled effects (positive to negative) of nutrient enrichment on ecosystem services. *Ecological Applications*, 21: 991-1009, 2011.

Anzolin DG et al. Contaminant concentrations, biochemical and hematological biomarkers in blood of West Indian Manatees *Trichechus manatus* from Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 64: 1402-1408, 2012.

Arantes FP, Savassi LA, Santos HB, Gomes MVT, Bazzoli N. Bioaccumulation of mercury, cadmium, zinc, chromium, and lead in muscle, liver, and spleen tissues of a large commercially valuable catfish species from Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(1): 137-147, 2016.

Araujo MP, Hamacher C, Farias CO, Soares MLG. Fecal sterols as sewage contamination indicators in Brazilian mangroves. *Marine Pollution Bulletin*, 165, 2021.

Attademo FLN, Balensiefer DC, Freire ACB, Sousa GP, Cunha FAGC, Luna FO. Debris ingestion by the

- Antillean Manatee (*Trichechus manatus manatus*). *Marine Pollution Bulletin*, 101(1): 284-287, 2015.
- Attademo FLN et al. Guia de Itens Alimentares de Peixe-Boi-Marinho [Internet]. Brasília: ICMBio; 2022. 68 p. Disponível em <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.icmbio.gov.br/cma/images/stories/Publica%C3%A7%C3%B5es/Guia\_de\_Itens\_Alimentares\_de\_Peixe-Boi-Marinho\_publica%C3%A7%C3%A3o\_digital\_compressed.pdf>
- Balensiefer DC. Three Decades of Antillean Manatee (*Trichechus manatus manatus*) Stranding Along the Brazilian Coast. *Tropical Conservation Science*, 10: 1-9, 2017.
- Barbier EB, Hacker SD, Kennedy C, Koch EW, Stier AC, Silliman BR. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2): 169-193, 2011.
- Barcellos D. Phosphorus enriched effluents increase eutrophication risks for mangrove systems in northeastern Brazilian *Marine Pollution Bulletin*, 142: 58-63, 2019.
- Bartkowiak A. Influence of Heavy Metals on Quality of Raw Materials, Animal Products, and Human and Animal Health Status. <https://www.intechopen.com/online-first/80259> Acesso em: 28/03/2022.
- Baudo R, Giesy J, Muntau H. 1990. Sediments: Chemistry and Toxicity of in-place Pollutants. CRC Press, 424p.
- Belarmino PHP, Silva SM, Rufener MC, Araújo MCB. Resíduos sólidos em manguezal no rio Potengi (Natal/RN, Brasil): relação com a localização e usos. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 14(3): 447-457, 2014.
- Best RC, Teixeira DM. Notas sobre a distribuição e "status" aparente dos peixes-boi (Mammalia: Sirenia) nas costas amapaenses brasileiras. *Boletim da Fundação Brasileira para Conservação da Natureza*, 17: 41-47, 1982.
- Bijsterveldt CEJ et al. Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastic on mangrove growth, stress response and survival. *Science of the Total Environment*, 756: 143826, 2021.
- Bonde RK, Aguirre AA, Powell J. Manatees as Sentinels of Marine Ecosystem Health: Are They the 2000-pound Canaries?. *EcoHealth* 1: 255-262, 2004.
- Boori MS, Amaro VE. A Remote Sensing Approach for Vulnerability and Environmental Change in Apodi Valley Region, Northeast Brazil. *International Journal of Geological and Environmental Engineering*, 5(2): 93-103, 2011.
- Bouillon S et al. 2008. Mangrove production and carbon sinks: a revision of global budget estimates. *Global Biogeochem*, 22, GB2013.
- Brasil. 1981. Lei nº 6.902 de 27 de abril de 1981. *Diário Oficial da União*. <www.planalto.gov.br/ccivil\_03/leis/l6902.htm> Acesso em: 25/03/2022.
- Brasil. 1998. Lei nº 9.905 de 12 de fevereiro de 1998. *Diário Oficial da União*. <www.planalto.gov.br/ccivil\_03/leis/l9605.htm> Acesso em: 18/07/2022.
- Brasil. 2007. Decreto Federal nº 6.040 de 07 de fevereiro de 2007. *Diário Oficial da União*. <www.planalto.gov.br/ccivil\_03/leis/l6040.htm> Acesso em: 18/07/2022.
- Brasil. 2012. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. *Diário Oficial da União*. <www.planalto.gov.br/ccivil\_03/leis/l12651.htm> Acesso em: 27/03/2022.
- Brasil. 2019. Projeto de Lei 108/19. Câmara dos Deputados. <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2190563> Acesso em: 31/03/2022.
- Brockmeyer B. 2011. Dissolved and colloidal organic matter in a tropical lagoon-estuary system surrounded by sugar cane plantations. Tese (Doutorado em Ciências Naturais). Universidade de Hamburgo. 127p.
- Burns KA, Codi S, Duke NC. Gladstone, Australia Field Studies: Weathering and Degradation of Hydrocarbons in Oiled Mangrove and Salt Marsh Sediments With and Without the Application of an Experimental Bioremediation Protocol. *Marine Pollution Bulletin*, 41: 392-402, 2000.
- Carpenter EJ, Smith KL. Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science* 175(4027): 1240-1241, 1972.
- Carpenter SR, Caraco NF, Correll DL, Howarth RW, Sharpley AN, Smith VH. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8: 559-568, 1998.
- Carreira RS, Wagener ALR, Readman JW. Sterols as markers of sewage contamination in a tropical urban estuary (Guanabara Bay, Brazil): space-time variations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60: 587-598, 2004.
- Carreira RS, Araújo MP, Costa TLF, Spörl G, Knoppers BA. Lipids in the sedimentary record as markers of the sources and deposition of organic matter in a tropical Brazilian estuarine-lagoon system. *Marine Chemistry*, 127: 1-11, 2011.
- Cavalcante RM, Sousa FW, Nascimento RF, Silveira ER, Freire GSS. The impact of urbanization on tropical mangroves (Fortaleza, Brazil): Evidence of PAH distribution in sediments. *Journal of Environmental Management*, 91: 328-335, 2009.

- Celis-Hernández O, Ávila E, Ward RD, Rodríguez-Santiago M, Aguirre-Téllez JA. Microplastic distribution in urban vs pristine mangroves: using marine sponges as bioindicators of environmental pollution. *Environment Pollution*, 284: 117391, 2021.
- Chalmin P. The history of plastics: from the Capitol to Tarpeian Rock. *Field Actions Science Reports*, 19: 6-11, 2019.
- Chen C, White PA. The mutagenic hazards of aquatic sediments: a review. *Mutation Research*, 567: 151-225, 2004.
- Chen L, Wang W, Zhang Y, Lin G. Recent progress in mangrove conservation, restoration and research in China. *Journal of Plant Ecology*, 2: 45-54, 2009.
- Chhabra A, Geist H. 2006. Multiple Impacts of Land-Use/Cover Change. In: Lambin EF e Geist H. (orgs.). *LandUse and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. Springer Berlin Heidelberg. 71116p.
- Choi-Lima KF. 2017. Estimativa de abundância e impactos antrópicos sobre o peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*) no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, divisa dos estados do CE e PI. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais). Universidade Federal do Ceará. 125p.
- Ciotti LL. 2012. Isótopos estáveis de carbono e nitrogênio aplicados ao estudo da ecologia trófica do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) no Brasil. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal do Rio Grande. 89p.
- COEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente – CE). 2002. Resolução nº 2 de 27 de março de 2002. <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=277205>> Acesso em: 24/03/2022.
- Costa BGB, Soares TM, Torres RF, Lacerda LD. Mercury Distribution in a Mangrove Tidal Creek Affected by Intensive Shrimp Farming. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 90: 537-541, 2013.
- Covernton GA et al. A Bayesian analysis of the factors determining microplastics ingestion in fishes. *Journal of Hazard Materials*, 413: 125405, 2021.
- Crowley BE, McGoogan KC, Lehman SM. 2012. Edge effects of Foliar Stable Isotope Values in a Madagascan Tropical Dry Forest. *PlosONE*, 7(9): e44538.
- Curtis J, Metheny E, Sergeant SR. 2021. Hydroncarbon Toxicity. *StatPearls*. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499883/>> Acesso em: 14/04/2022.
- da Silva MMN, Medeiros JD, Sousa Junior AM. 2015. ANÁLISE DA BACIA POTIGUAR: um estudo de caso acerca da produção petrolífera. p. 59-63. In: Anais do I Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.
- Davias LA, Kornis MS, Breitburg DL. Environmental factors influencing C13 and N15 in three Chesapeake Bay fishes. *ICES Journal of Marine Sciences*, 71(3): 689-702, 2014.
- de Almeida LG. 2010. Caracterização das áreas de pesca artesanal de lagosta na Praia da Redonda, Icapuí, Ceará. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). Universidade Federal do Ceará. 93p.
- Diniz MTM, Vasconcelos FP. Condicionantes naturais à produção de sal marinho no Brasil. *Revista Mercator*, 16: 16013, 2017.
- Diniz MTM. 2013. Condicionantes socioeconômicos à produção de sal marinho no Brasil: as particularidades da principal região produtora. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará. 227p.
- Duke NC et al. A world without mangroves? *Science*, 317: 41-42, 2007.
- EcologyBrasil. 2022. Campo de Macau-Bacia Portuguesa: Projeto de Descomissionamento da Plataforma Aratum PART2 e dos seus Sistemas Submarinos Associados. Disponível em <[https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/arq/ppdi/pdi\\_-conceitual-da-plataforma-aratum-part2.pdf](https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/arq/ppdi/pdi_-conceitual-da-plataforma-aratum-part2.pdf)> Acesso em 10/03/2023.
- Ferreira AC, Lacerda LD. Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. *Ocean and Coastal Management*, 125: 38-46, 2016.
- Ferreira AC, Alencar CERD, Bezerra LEA. Interrelationships among ecological factors of brachyuran crabs, trees and soil in mangrove community assemblage in Northeast Brazil. *Community Ecology*, 20(3): 277-290, 2019.
- Franco I, Araújo ARDAR, Franke CR. Aspectos Socioambientais da Aquicultura na Região do Baixo São Francisco, Sergipe, Brasil. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 14(7): 7-25, 2018.
- Frena M, Bataglion GA, Tonietto AE, Eberlin MN, Alexandre MR, Madureira LAS. Assessment of anthropogenic contamination with sterol markers in surface sediments of a tropical estuary (Itajaí-Açu, Brazil). *Science of the Total Environment*, 544: 432-438, 2016.
- GFRFB (Governo Federal da República Federativa do Brasil). 2014. <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/investimentos/acessos-portuarios>> Acesso em: 05/04/2022.
- Giarrizzo T et al. Amazonia: The new frontier for plastic pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 17(6): 309-310, 2019.

- Godoy MDP, Meireles AJA, Lacerda LD. Mangrove response to land use change in estuaries along the semiarid coast of Ceará. *Brazilian Journal of Oceanography*, 34: 524-533, 2018.
- Guimarães AS, Travassos P, Souza Filho PWME, Gonçalves FD, Costa F. Impact of aquaculture on mangrove areas in the northern Pernambuco Coast (Brazil) using remote sensing and geographic information system. *Aquaculture Research*, 41(6): 828-838, 2010.
- Hayashi SN, Souza-Filho PWM, Nascimento WR Jr, Fernandes MEB. The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast. *PLoS ONE*, 14(6): e0217754, 2019.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Pesquisa da Pecuária Municipal – Produção da aquicultura, por tipo de produto. <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940>> Acesso em 18/07/2022.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Pesquisa da Indústria anual – PIA – produto por Estado. <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/pesquisa/10061/60058>.> Acesso em 19/07/2022.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2014. Plano de Manejo Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape e Área de Relevante Interesse Ecológico de Manguezais da Foz do Rio Mamanguape. Plano de Manejo. 349p.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2017. Plano de Manejo da Reserva Extrativista Marinha de Cururupu. <[https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/marinho/lista-de-ucs/resex-de-crurupu/arquivos/plano\\_de\\_manejo\\_da\\_resex\\_marinha\\_de\\_cururupu\\_resumo.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/marinho/lista-de-ucs/resex-de-crurupu/arquivos/plano_de_manejo_da_resex_marinha_de_cururupu_resumo.pdf)> Acesso em: 18/07/2022.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018a. Atlas dos Manguezais do Brasil. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 176p.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018b. Plano de Ação Nacional para a Conservação do Peixe-boi marinho. <<https://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/planos-de-acao/9327-plano-de-acao-nacional-para-a-conservacao-peixe-boi-marinho>> Acesso em: 12/04/2022.
- Instituto Socioambiental. 2023. Programa de Monitoramento de Áreas Protegidas. Disponível em <<https://uc.socioambiental.org/mapa>> Acesso em 08/03/2023.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 1993. Oil and Gas Exploration and Production in Mangrove Areas. *E&P Forum*. 47p.
- Ivar do Sul JA, Costa MF. Plastic pollution risks in an estuarine Conservation Unit. *Journal of Coastal Research*, 65(1): 48-53, 2013.
- Jablonski S, Filet M. Coastal management in Brazil – A political riddle. *Ocean Coast Management*, 51: 536-543, 2008.
- Jauković ZD, Grujić SD, Matic IV, Laušević MD. Determination of sterols and steroid hormones in surface water and wastewater using liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-mass spectrometry. *Microchemical Journal*, 135: 39-47, 2017.
- Jézéque R et al. Assessment of oil weathering and impact in mangrove ecosystem: PRISME Experiment. *International Oil Spill Conference Proceedings*, 2017(1): 634-656, 2017.
- Kabata-Pendias A, Pendias H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. 3rd ed. CRC Press LLC. 331p.
- Karami A, Golieskardi A, Ho YB, Larat V, Salamatinia B. Microplastics in eviscerated flesh and excised 119 organs of dried fish. *Scientific Reports*, 7: 5473, 2017.
- Kidd KA, Blanchfield PJ, Mills KH, Flick RW. Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen. *PNAS*, 104: 8897-8901, 2007.
- Kingston PF. Long-term Environmental Impact of Oil Spills. *Spill Science & Technology Bulletin*, 7: 53-61, 2002.
- Knoppers B, Kjerfve B, Carmouze JP. Trophic state and water turn-over time in six choked coastal lagoons in Brazil. *Biogeochemistry*, 14: 149-166, 1991.
- Lacerda LD. 2002. Mangrove Ecosystems: Function and Management. Springer Verlag. 298p.
- Lacerda LD. Inputs of nitrogen and phosphorus to estuaries of northeastern Brazil from intensive shrimp farming. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 10(2): 13-27, 2006.
- Lacerda LD, Santos JA, Madrid RM. Copper emission factors from intensive shrimp aquaculture. *Marine Pollution Bulletin*, 52: 1823-1826, 2006.
- Lacerda LD, Menezes MOT, Molisani MM. Changes in mangrove extension at the Pacoti River estuary, CE, NE Brazil due to regional environmental changes between 1958 and 2004. *Biota Neotropica*, 7(3): 67-72, 2007.
- Lacerda LD, Soares TM, Costa BGB, Godoy MDP. Mercury emission factors from intensive shrimp aquaculture and its relative importance to the Jaguaribe River Estuary. NE Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87: 657-661, 2011.
- Lambin EF, Meyfroidt P. 2014. Trends in Global Land-Use Competition. In: Seto KC, Reenberg A. *Rethinking*



- Global Land Use in an Urban Era. Strungmann Forum Reports. 1122p.
- Latif R, Malek M, Mirmonsef H. Cadmium and lead accumulation in three endogeic earthworm species. *Bulletin of Environmental Contaminants and Toxicology*, 90(4): 456-459, 2013.
- León-Cañedo JA, Alarcón-Silvas SG, Fierro-Sañudo JF, Mariscal Lagarda MM, Díaz-Valdés T, Páez-Osuna F. Assessment of environmental loads of Cu and Zn from intensive inland shrimp aquaculture. *Environment Monitoring and Assessment*, 189: 69-77, 2017.
- Lima RP, Alvite CMC, Vergara-Parente JE. Protocolo de reintrodução de peixes-bois-marinhos no Brasil. São Luís: Editora IBAMA/MA & Instituto Chico Mendes, 62p, 2007.
- Lima RP, Paludo D, Soavinski RJ, Silva KG, Oliveira EMA. Levantamento da distribuição, ocorrência e status de conservação do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus, 1758) no litoral nordeste do Brasil. *Natural Resources*, 1: 41-57, 2011.
- Lima MDO, Schwamborn R, Borges JCG, Marmontel M, Costa AF, Schettini CAF et al. Aerial survey of manatees, dolphins and sea turtles off northeastern Brazil: Correlations with coastal features and human activities. *Biological Conservation*, 161: 91-100, 2013.
- Lima TBB, Silva MRF, Carvalho RG. Artisanal fishing, shrimp farming and mangroves: perspectives on the Federal Law nº 12651/2012 and the use of “apicum” and “salgado” areas in Canguaretama/RN, Brazil. *Sociedade e Natureza*, 31: 1-11, 2019.
- Lin P, Zhang YH, Yang ZW. Conservation and ecological restoration of mangrove forests on Xiamen coast. *Natural Sciences Education*, 1: 1-6, 2005.
- Liu X, Liu H, Chen L, Wang X. Ecological interception effect of mangrove on microplastics. *Journal of Hazardous Materials*, 423: 127-131, 2022.
- Luna FO et al. Ocorrência do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) no litoral norte do Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 23: 37-49, 2008.
- Luna FO, Passavante JZO. 2010a. Projeto Peixe-boi/ICMBio: 30 anos de conservação de uma espécie ameaçada. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 108p.
- Luna FO, Araújo JP, Oliveira EM, Hage LM, Passavante JZO. Distribuição do peixe-boi-marinho, *Trichechus manatus manatus*, no litoral norte do Brasil. *Arquivos de Ciência do Mar*, 43(2): 79-86, 2010b.
- Luna FO, Balensiefer DC, Fragoso AB, Stephano A, Attademo FLN. 2018. *Trichechus manatus* Linnaeus, 1758, p. 103-109. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (orgs). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II – Mamíferos. ICMBio/MMA. 625p.
- Ma H, Pu S, Liu S, Bai Y, Mandal S, Xing B. Microplastics in aquatic environments: toxicity to trigger ecological consequences. *Environment Pollution*, 261: 114089, 2020.
- Machado R, Oliveira LR, Montealegre-Quijano S. Incidental catch of South American sea lion in a pair trawl off southern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, 10(1): 43-47, 2015.
- Maciel-Souza MC, Macrae A, Volpon AGT, Ferreira PS, Mendonça-Hagler LC. Chemical and microbiological characterization of mangrove sediments after a large oil-spill in Guanabara Bay/RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37(3): 262-266, 2006.
- Magalhães KM, Barros KVS, Lima MCS, Rocha-Barreira CA, Rosa Filho JS, Soares MO. Oil spill + COVID-19: A disastrous year for Brazilian seagrass conservation. *Science of Total Environment*, 764: 142872, 2021.
- Maghsodian Z, Sanati AM, Ramavandi B, Ghasemi A, Sorial GA. Microplastics accumulation in sediments and *Periophthalmus waltoni* fish, mangrove forests in southern Iran. *Chemosphere*, 264: 128543, 2021.
- Magris RA, Barreto R. Mapping and assessment of protection of mangrove habitats in Brazil. *Pan American Journal of Aquatic Science*, 5(4): 546-556, 2010.
- Magris RA, Giarrizzo T. Mysterious oil spill in the Atlantic Ocean threatens marine biodiversity and local people in Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 153 (110961), 2020.
- Marins RV, Paula Filho FJ, Eschrique LA, Lacerda LD. Anthropogenic sources and distribution of phosphorus in sediments from the Jaguaribe River estuary, NE, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71(3): 673-678, 2011.
- Marins RV, Lacerda LD, Araújo ICS, Fonseca LV, Silva ATF. Phosphorus and suspended matter retention in mangroves affected by shrimp farm effluents in NE Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(3): e20200758, 2020.
- McCaughey RD et al. Marine seismic surveys: a study of environmental implications. *APPEA J.*, 40: 692-708, 2000.
- Medeiros IDS et al. Spatiotemporal dynamics of mangrove forest and association with strandings of Antillean manatee (*Trichechus manatus*) calves in Paraíba, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 101(3): 503-510, 2021.
- Meirelles ACO. Mortality of the Antillean manatee, *Trichechus manatus manatus*, in Ceará State, north-

- eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88: 1133-1137, 2008.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2008. Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil. Relatório Técnico.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2022. Portaria 148, de 07 de junho de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>.
- Moore CJ, Moore SL, Leecaster MK, Weisberg SB. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific central gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12): 1297-1300, 2001.
- Murphy PP, Bates TS, Curl Jr. HC, Feely RA, Burguer RS. The transport and fate of a particulate hydrocarbon in an urban fjord-like estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*, 27: 461-482, 1988.
- Naidoo G, Hiralal O, Naidoo Y. Hypersalinity effects on leaf ultrastructure and physiology in the mangrove *Avicennia marina*. *Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(9): 814-820, 2011.
- Nehemia A, Chen M, Kochzius M, Dehair F, Brion N. Ecological impact of salt farming in mangroves on the habitat and food sources of *Austruca occidentalis* and *Littoraria subvittata*. *Environmental Law Alliance Worldwide*, 111, 2019.
- Normande IC, Malhado ACM, Reid J, Viana Júnior PC, Savaget PVS, Correia RA et al. Post-release monitoring of Antillean manatees: an assessment of the Brazilian rehabilitation and release programme. *Animal Conservation*, 19: 235-246, 2016.
- Norris BK, Mullarney JC, Bryan KR, Henderson SM. The effect of pneumatophore density on turbulence: a field study in a *Sonneratia* dominated mangrove forest. *Continental Shelf Research*, 147(03): 114-127, 2017.
- Oliveira EHC et al. Karyotypical Confirmation of Natural Hybridization between Two Manatee Species, *Trichechus manatus* and *Trichechus inunguis*. *Life*, 12(5): 616, 2022.
- Organização das Nações Unidas. (2021) Challenges – 10 Ocean Decade Challenges for Collective Impact. Disponível em: <https://www.oceandecade.org/challenges/>
- Paiva Jr LH, Luna FO, Attademo FLN, Costa AF, Davis RAH, Siciliano S. An infant West Indian manatee born contaminated by metals: A direct effect of the 2019-2020 oil spill in northeastern Brazil? *Sirenews*, (75): 10-13, 2022.
- Pelage L, Domalain G, Lira AS, Travassos P, Frédo T. Coastal Land Use in Northeast Brazil: Mangrove Coverage Evolution Over Three Decades. *Tropical Conservation Science*, 12: 1-15, 2019.
- Peterson BJ. Stable isotopes as tracers of organic matter input and transfer in benthic food webs: A review. *Acta Oecologia*, 20: 479-487, 1999.
- United Nations Development Programme. 2013. Effective Conservation and Sustainable Use of Mangrove Ecosystems in Brazil (PIMS 3280). Relatório Técnico. 166p.
- Precht WF, Gintert BE, Robbar ML, Fura R, Van Woesik. Unprecedented Disease-Related Coral Mortality in Southeastern Florida. *Scientific Reports*, 6: 31374, 2016.
- Queiroz HM et al. Nitrogen mineralization and eutrophication risks in mangroves receiving shrimp farming effluents. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 34941-34950, 2020.
- Radostits OM, Gay CC, Blood DC, Hinchcliff KW. 2002. Doenças causadas por substâncias químicas inorgânicas e produtos químicos utilizados nas fazendas, 1417-1471. In: Radostits OM, Gay CC, Blood DC, Hinchcliff KW (eds). *Clínica Veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos*. Guanabara Koogan, 2400p.
- Rau GH, Sweeney RE, Kaplan IR, Mearns AJ, Young DR. Differences in animal C13 and N15, and D abundance between polluted and unpolluted coastal sites: Likely indicators of sewage uptake by a marine food web. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 13: 7701-707, 1981.
- Richardson SD, Ternes TA. Water analysis: emerging contaminants and current issues. *Analytical Chemistry*, 83(12): 4616-4648, 2011.
- Rocha RM, Camara MR. 1992. Prediction, monitoring and management of detrimental algal blooms on solar saltworks, p.657-660. In: 7th International Symposium on Salt.
- Rocha RM, Costa DFS, Lucena Filho MA. 2009. Tropical solar saltworks – influence and challenges in the coexistence with traditional populations in the Brazilian northeast region, p.167. In: Proceedings of the 2nd International Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks (CEISSA 2009).
- Rocha IP, Barbosa M, Nogueira J. O Censo da Carcinicultura Nacional em 2011. *Revista ABCC*, 15(1), 2013.
- Rochman CM et al. Anthropogenic debris in seafood: Plastic 127 debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*, 5: 14340, 2015.

- Roger CS, Ramos-Scharrón CE. Assessing Effects of Sediment Delivery to Coral Reefs: A Caribbean Watershed Perspective. *Frontiers Marine Science*, 8: 773968, 2022.
- Rumbeiha WK, Braselton WE, Donch D. A retrospective study on the disappearance of blood lead in cattle with accidental lead toxicosis. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 13: 373-378, 2001.
- Sá TD, Sousa RR, Rocha IRCB, Lima GC, Costa FHF. Brackish shrimp farming in Northeastern Brazil: the environmental and socioeconomic impacts and sustainability. *Natural Resources Research*, 4: 538-550, 2013.
- Sanders CJ et al. Elevated rates of organic carbon, nitrogen, and phosphorus accumulation in a highly impacted mangrove wetland. *Geophysics Research Letters*, 41: 2475-2480, 2014.
- Santos CNC, Vilar JWC, Oliveira ACC. The Brazilian Forestry Code – the shrimp farming and the social and environmental impacts in Indiaroba/SE. In: Encontro Nacional de Geografia Agrária – ajuste espacial x soberania(s): a multiplicidade das lutas e estratégias de reprodução no campo. Sergipe, 2016.
- Santos FR et al. Influence of anthropogenic activities and risk assessment on protected mangrove forest using traditional and emerging molecular markers (Ceará coast, northeastern Brazil). *Science of the Total Environment*, 656: 877-888, 2019.
- Satarug S et al. A global perspective on cadmium pollution and toxicity in a non-occupationally exposed population. *Toxicology Letters*, 137(1): 65-83, 2003.
- Schaeffer-Novelli Y. Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum. *Caribbean Ecological Research*, 2000.
- Schaeffer-Novelli Y, Cintrón-Molero G, Molero G, Soares ML, De-Rosa MMPT. Brazilian mangroves. *Aquatic Ecosystems Health Management*, 3: 561-570, 2000.
- Schaeffer-Novelli Y, Rovai AS, Coelho-Jr C., Manghini RP, Almeida R. Alguns impactos do PL 30/2011 sobre os manguezais brasileiros. In: Souza G. Brasília: SOS Mata Atlântica. Comitê Brasil, 2012, p. 18-27.
- Schmidt AJ, Bemvenuti CE, Diele K. Sobre a definição da zona de apicum e sua importância ecológica para populações de caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763). *Boletim Técnico Científico*, 19(1): 9-25, 2013.
- Seltenrich N. New link in the food chain? Marine plastic pollution and seafood safety. *Environment Health Perspectives*, 123: A34, 2015.
- Silva CAR, Rainbow PS, Smith BD. Biomonitoring of trace metal contamination in the Potengi estuary, Natal (Brazil), using the oyster *Crassostrea rhizophorae*, a local food source. *Water Research*, 35: 4072-4078, 2001.
- Silva CAR, Rainbow PS, Smith BD. Biomonitoring of trace metal contamination in mangrove-lined Brazilian coastal systems using oyster *Crassostrea rhizophorae*: comparative study of regions affected by oil, salt pond and shrimp farming activities. *Hydrobiologia* 501: 199-206, 2003.
- Soares TCM, Coutinho DA, Lacerda LD, Moraes MO, Rebelo MF. Mercury accumulation and metallothionein expression from aquafeeds by *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931 under intensive aquaculture conditions. *Brazilian Journal of Biology*, 71: 131-137, 2011.
- Soares MO, Teixeira CEP, Bezerra LEA, Rossi S, Tavares T, Cavalcante RM. Brazil oil spill response: Time for coordination. *Science*, 367(6474), 2020.
- Sojinu SO, Sonibare OO, Ekundayo O, Zeng EY. Science of the Total environment assessing anthropogenic contamination in surface sediments of Niger Delta, Nigeria with fecal sterols and n -alkanes as indicators. *Science of Total Environment*, 441: 89-96, 2012.
- Sosa-Villalobos C, Castañeda-Chávez MR, Amaro-Espejo IA, Galaviz-Villa I, Lango-Reynoso F. Diagnosis of the current state of aquaculture production systems with regard to the environment in México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44: 193-201, 2016.
- Statista. 2020. Production of processed plastics in Brazil from 2010 to 2019. <<https://www.statista.com/statistics/486298/processed-plastics-production-in-brazil/>> Acesso em: 06/04/2022.
- Swarup D et al. Changes in plasma hormones profile and liver function in cows naturally exposed to lead and cadmium around different industrial areas. *Research in Veterinary Science*, 82: 16-21, 2007.
- Takahashi MA, Nishida AK. Traditional knowledge and variations in capture techniques used for blue land crab (*Cardisoma guanhumi*, L. 1825) along the coast of Paraíba, Brazil. *Acta Scientiarum*, 40: e37743, 2018.
- Theron AJ, Tintinger GR, Anderson R. Harmful interactions of non-essential heavy metals with cells of the innate immune system. *Clinical Toxicology*, 2012: 1-10, 2012.
- Thirulogachandar AME, Rajeswari M, Ramya S. Assessment of heavy metals in Gallus and their impact on humans. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4: 1-8, 2014.
- Thompson RC et al. Lost at sea: Where is all the plastic? *Science*, 304(5672): 838, 2004.

- Trainer VI, Baden DG. High affinity binding of red tide neurotoxins to marine mammal brain. *Aquatic Toxicology* 46: 139-148, 1999.
- Unica (Brazilian Sugar Cane Industry Association). 2010. Brazilian sugar cane production. <<http://english.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>> Acesso em: 27/03/2022.
- Valiela I, Cole ML. Comparative evidence that salt marshes and mangroves may protect seagrass meadows from land-derived nitrogen loads. *Ecosystems*, 5: 92-102, 2002.
- Wang G et al. Endocrine disrupting chemicals in New Orleans surface waters and Mississippi sound sediments. *Journal of Environmental Monitoring*, 14: 1353-1364, 2012.
- Ward R, Burnside N, Joyce C, Sepp K. Importance of microtopography in determining plant community distribution in Baltic coastal wetlands. *Journal of Coastal Research*, 32: 1062-1070, 2016.
- Worthy GA. Nutrition and energetics. In: Dierauf LA, Gulland FMD. *Marine Mammal Medicine*. Boca Raton: CRC Press; 2001. p.791-827.
- Zagatto PA, Bertolotti E. *Ecotoxicologia Aquática – princípios e aplicações*. Rima. 478p., 2006.
- Zhang Z, Ren N, Kannan K, Nan J, Liu L, Ma W. Occurrence of endocrine disrupting phenols and estrogens in water and sediment of the Songhua river, northeastern China. *Archives of Environment Contamination and Toxicology*, 66(3): 361-369, 2014.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Fluxo Contínuo e Seção Temática:

Planos de Ação Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção  
n.4, 2023

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886