



Descarte irregular de resíduos sólidos em manguezais: uma revisão sistemática

Gabriel Rodrigues de Sá¹
Keeze Montalvão Fonseca da Silva²
Robson Gomes Do Nascimento³

Resumo

O descarte irregular de resíduos sólidos compromete a integridade dos manguezais e os serviços ecossistêmicos dos quais dependem populações costeiras. Este estudo analisou os tipos e as fontes de resíduos, os impactos ecológicos e socioambientais documentados e as medidas de mitigação propostas na literatura. Realizou-se uma revisão sistemática com síntese narrativa, relatada conforme o PRISMA 2020. Foram consultadas as bases Scopus e Web of Science, com recorte de 2015 a 2025 e inclusão de artigos em português, inglês ou espanhol. Dos 547 registros identificados, 35 estudos compuseram a síntese. Os resultados mostram predomínio de plásticos de uso cotidiano e materiais associados à pesca. A arquitetura radicular favorece a retenção e a permanência desses itens, enquanto microplásticos alcançam sedimentos, água e organismos. Os efeitos descritos incluem recobrimento do solo, redução do desempenho da vegetação sob altas cargas, ingestão pela fauna e alteração das comunidades microbianas. As evidências diretas sobre saúde humana e perdas socioeconômicas ainda são limitadas. A mitigação exige controle das fontes terrestres e marinhas, infraestrutura de coleta, responsabilidade compartilhada, monitoramento padronizado e participação comunitária. Conclui-se que a limpeza local é necessária, mas insuficiente quando desacompanhada de prevenção e governança integrada.

Palavras-chave: Poluição plástica; Serviços ecossistêmicos; Vulnerabilidade socioambiental; Gestão costeira; Educação ambiental.

Improper solid waste disposal in mangroves: a systematic review

Abstract

Improper solid waste disposal threatens mangrove integrity and the ecosystem services on which coastal populations depend. This study analyzed waste types and sources, documented ecological and socio-environmental impacts, and mitigation measures proposed in the literature. A systematic review with narrative synthesis was conducted and reported in

¹ Gabriel Rodrigues de Sá — Formação principal: Letras – Português, Universidade Federal de Sergipe; Brasil; instituição e função: Universidade Federal de Sergipe, mestrando; e-mail: rodrigues.iurdmix@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2745-6598>; Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2588575060735072>.

² Keeze Montalvão Fonseca da Silva — Formação principal: Serviço Social; Brasil; titulação e vínculo acadêmico: mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe; instituição e cargo/função profissional: doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente na Universidade Federal de Sergipe; e-mail: keezefonseca@yahoo.com.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2111-2960>; Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1267146840187041>.

³ Robson Gomes Do Nascimento — Formação principal: Engenheiro de Pesca; país: Brasil; instituição e cargo/função profissional: UNICAFES NACIONAL, Assessor de Aquicultura; e-mail: robson.gomes.aquicultura79@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1060-6573>; Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8821435635258471>.

accordance with PRISMA 2020. Scopus and Web of Science were searched for studies published from 2015 to 2025 in English, Portuguese, or Spanish. Of 547 records identified, 35 studies were included in the synthesis. Everyday plastic items and fishing-related materials predominated. Mangrove root architecture promotes the retention and long-term persistence of debris, while microplastics occur in sediments, water, and organisms. Reported effects include soil coverage, reduced vegetation performance under high debris loads, ingestion by fauna, and shifts in microbial communities. Direct evidence of human health effects and socioeconomic losses remains limited. Effective mitigation requires control of land- and sea-based sources, adequate collection infrastructure, shared responsibility, standardized monitoring, and community participation. Local cleanups are necessary but insufficient unless combined with prevention and integrated governance.

Keywords: Plastic pollution; Ecosystem services; Socio-environmental vulnerability; Coastal management; Environmental education.

1 Introdução

Os manguezais ocupam a interface entre os ambientes terrestre e marinho e sustentam processos ecológicos essenciais à pesca, à proteção costeira e ao armazenamento de carbono. Sua vegetação adaptada à salinidade e ao regime de marés oferece abrigo, alimentação e áreas de reprodução para diferentes espécies. Ao mesmo tempo, a proximidade de rios, centros urbanos, portos e zonas de pesca expõe esses ecossistemas a fluxos contínuos de resíduos gerados em terra e no mar (Martin; Almahasheer; Duarte, 2019; MMA, 2024).

No Brasil, os manguezais são Áreas de Preservação Permanente (APP), nos termos do Código Florestal, e integram as prioridades do Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil (ProManguezal) (Brasil, 2012; Brasil, 2024). Essa proteção jurídica, contudo, não impede a entrada de resíduos quando a coleta urbana é insuficiente, a drenagem transporta materiais descartados nas cidades e as atividades costeiras perdem ou abandonam artefatos. O problema, portanto, ultrapassa os limites da área protegida e envolve saneamento, consumo, fiscalização e desigualdade territorial.

Pneumatóforos, raízes-escoras e ramificações reduzem a mobilidade dos detritos e transformam o manguezal em uma armadilha física. Revisões sobre o tema registram estimativas de retenção de microplásticos entre 11% e 56% em sistemas fluviais específicos; a variação depende da hidrodinâmica, da densidade da vegetação, do tipo de polímero e da proximidade das fontes, o que impede tratar um único percentual como propriedade universal dos manguezais (Luo; Not; Cannicci, 2021; Wang *et al.*, 2023).

A retenção amplia o tempo de exposição da biota. Há registros de microplásticos em peixes, bivalves, água e sedimentos, de comunidades bacterianas distintas sobre partículas

plásticas e de redução do desempenho da vegetação quando o solo fica totalmente recoberto por macroplásticos (Albertin-Santos *et al.*, 2025; Yan *et al.*, 2023; Van Bijsterveldt *et al.*, 2021). Também foram observadas alterações na ocorrência de aves em locais com lixo (Winarni *et al.*, 2022). Esses achados indicam risco ecológico, mas não autorizam, por si sós, inferências diretas sobre doenças humanas ou perdas pesqueiras.

Embora a produção científica tenha crescido, os estudos empregam unidades, compartimentos ambientais, malhas amostrais e técnicas analíticas diferentes. Além disso, os efeitos sociais costumam ser mencionados com mais frequência do que mensurados. Falta, assim, uma síntese que relacione fontes, padrões de acumulação, efeitos documentados, limites da evidência e respostas de gestão. Diante dessa lacuna, formulou-se a seguinte questão: quais são os impactos socioambientais do descarte irregular de resíduos sólidos em manguezais e quais medidas de mitigação são propostas pela literatura científica?

Este estudo tem como objetivo geral analisar os impactos socioambientais do descarte irregular de resíduos sólidos em manguezais por meio de uma revisão sistemática. Como objetivos específicos, busca: identificar os tipos e as fontes de resíduos mais frequentes; examinar os impactos ecológicos e sociais documentados; e sistematizar as medidas de mitigação, gestão e monitoramento propostas pelos estudos. A organização dos resultados segue esses três eixos e acrescenta uma seção dedicada às divergências e lacunas do corpus.

2 Fundamentação teórica

2.1 Resíduos sólidos e dinâmica de retenção nos manguezais

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define resíduo sólido como material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas, nos estados sólido ou semissólido, além de gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades inviabilizem o lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água (Brasil, 2010). A lei estabelece uma hierarquia que prioriza não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento antes da disposição final, além da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Nos manguezais, sacolas, garrafas, embalagens, fragmentos rígidos, poliestireno expandido, cordas, redes e outros artefatos podem chegar pela drenagem urbana, pelos rios, pelas marés e pelas atividades pesqueiras. Levantamentos em diferentes países mostram que os plásticos predominam, embora a composição varie de acordo com o uso do entorno e a

proximidade das fontes (Belarmino *et al.*, 2014; Kesavan *et al.*, 2021; Cavalcante *et al.*, 2024). Essa variação é relevante para a gestão: um local dominado por embalagens urbanas requer intervenções diferentes de outro em que prevalecem apetrechos de pesca.

A arquitetura vegetal retém itens maiores, enquanto partículas pequenas se incorporam ao sedimento e podem ser remobilizadas por marés, tempestades e bioturbação (Martin; Almahasheer; Duarte, 2019; Luo; Not; Cannicci, 2021). Assim, o manguezal não deve ser descrito apenas como um sumidouro definitivo: ele funciona como zona de retenção, transformação e eventual redistribuição. A fragmentação física e biológica ainda converte macroplásticos em partículas menores, de remoção mais difícil.

A exposição da fauna ocorre por contato, emalhe e ingestão. Em manguezais do Atlântico Sudoeste, por exemplo, microplásticos foram identificados em *Atherinella brasiliensis*, o que demonstra a entrada das partículas na biota local (Albertin-Santos *et al.*, 2025). O achado não equivale à demonstração de efeitos toxicológicos ou de risco ao consumidor; essas relações dependem de estudos experimentais e de exposição que ainda são pouco frequentes no corpus.

2.2 Impactos socioambientais e vulnerabilidade das comunidades tradicionais

A poluição por resíduos afeta um ecossistema do qual muitas comunidades retiram alimento, renda e proteção contra eventos costeiros. Materiais acumulados dificultam o acesso a áreas de pesca e coleta, degradam a paisagem e podem elevar o esforço necessário às atividades cotidianas. Entretanto, a literatura revisada mede com maior frequência a abundância de resíduos do que variações de renda, produtividade, segurança alimentar ou saúde. Por isso, impactos sociais plausíveis não devem ser apresentados como relações causais já estabelecidas.

O estudo realizado na Baía de Gazi, no Quênia, relacionou a distribuição dos plásticos a restrições de gestão e a práticas econômicas locais, além de registrar disposição comunitária para participar de soluções (Pelsmaekers *et al.*, 2025). O resultado mostra que os moradores não podem ser reduzidos à condição de fontes de poluição: eles também produzem conhecimento territorial, identificam pontos de entrada e participam da conservação.

A vulnerabilidade é agravada quando populações dependentes do manguezal recebem os custos ambientais de cadeias de produção e consumo sobre as quais exercem pouco controle. No Brasil, as baixas taxas de reciclagem e o descarte irregular de grandes volumes de plástico indicam um problema estrutural, que não pode ser transferido apenas ao

comportamento individual (Fraga Filho, 2025). A análise socioambiental requer, portanto, considerar acesso à coleta, capacidade institucional, responsabilidade empresarial e participação social.

2.3 Mitigação, governança e educação ambiental

A mitigação deve combinar prevenção na fonte e intervenção nos locais de acúmulo. A PNRS oferece base para reduzir a geração, ampliar a coleta seletiva e responsabilizar fabricantes, distribuidores, comerciantes, consumidores e poder público (Brasil, 2010). Mais recentemente, o sistema de logística reversa de embalagens plásticas reforçou instrumentos de recuperação e reciclagem (Brasil, 2025). A eficácia dessas medidas depende de metas verificáveis, infraestrutura e coordenação entre municípios, bacias hidrográficas e zonas costeiras.

Ações de limpeza removem riscos imediatos, mas atuam no fim do fluxo e precisam evitar danos às raízes e à fauna. Barreiras em canais, manejo da drenagem, pontos de entrega, coleta regular em comunidades costeiras e recepção de apetrechos de pesca reduzem a entrada. Protocolos padronizados de monitoramento permitem identificar fontes, comparar períodos e avaliar resultados, em vez de contabilizar apenas eventos de mobilização (Li *et al.*, 2021).

A educação ambiental, prevista na Política Nacional de Educação Ambiental, deve fortalecer a compreensão crítica dos problemas e a participação nas decisões (Brasil, 1999). Campanhas isoladas, contudo, não substituem serviços de coleta, fiscalização e alternativas acessíveis de descarte. Experiências comunitárias ganham consistência quando o conhecimento local orienta o diagnóstico e quando as instituições oferecem continuidade, recursos e retorno sobre os resultados (Pelsmaekers *et al.*, 2025).

3 Metodologia

Esta pesquisa consiste em uma revisão sistemática da literatura com síntese narrativa. O relato foi organizado conforme a diretriz PRISMA 2020, que orienta a transparência na identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos (Page *et al.*, 2021). A pergunta foi estruturada pela estratégia PCC, do inglês *Population, Concept and Context* (População, Conceito e Contexto), empregada para delimitar uma questão ampla, sem intervenção ou comparador (Munn *et al.*, 2018). No Quadro 1, apresentam-se os componentes da estratégia e os descritores operacionais.

Quadro 1 – Estratégia PCC para formulação da pergunta de pesquisa

Componente	Delimitação	Descritores operacionais
População	Ecossistemas de manguezal	mangrove; mangrove ecosystem
Conceito	Resíduos e descarte irregular	solid waste; waste dumping; litter; garbage; illegal disposal
Contexto	Impactos ecológicos e socioambientais	impact; degradation; pollution; contamination

Fonte: Elaborado pelos autores.

A busca foi realizada entre março e abril de 2026 nas bases Scopus e Web of Science. A expressão utilizada, com adaptações aos campos e à sintaxe de cada base, foi: ("mangrove" OR "mangrove ecosystem") AND ("solid waste" OR "waste dumping" OR "litter" OR "garbage" OR "illegal disposal") AND ("impact" OR "degradation" OR "pollution" OR "contamination"). Aplicaram-se os filtros de publicação entre 2015 e 2025, idiomas português, inglês ou espanhol e tipo documental. O recorte inicial em 2015 permitiu examinar a produção da década mais recente contemplada pelo protocolo. Os critérios definidos antes da triagem constam no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios de inclusão e exclusão

Tipo	Critério
Inclusão	Publicação entre 2015 e 2025.
Inclusão	Objeto de estudo relacionado a ecossistemas de manguezal.
Inclusão	Abordagem de resíduos sólidos, lixo marinho, detritos antrópicos ou poluição plástica.
Inclusão	Artigo original ou revisão de literatura com texto completo.
Inclusão	Texto em português, inglês ou espanhol.
Exclusão	Publicação fora do período ou em outro tipo documental.
Exclusão	Estudo sem foco em manguezais ou sem relação com resíduos sólidos.
Exclusão	Poluente sem relação com descarte de resíduos ou texto completo indisponível.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram identificados 547 registros: 288 na Scopus e 259 na Web of Science. A remoção de 294 duplicatas e a organização da triagem foram realizadas no Rayyan (Ouzzani *et al.*, 2016), resultando em 253 registros únicos. Após a leitura de títulos e resumos, 209 registros foram excluídos e 44 seguiram para leitura integral. Nessa etapa, nove textos foram excluídos: cinco por estarem fora do tema, dois por estarem fora do recorte temporal e dois porque o texto completo não estava disponível. A síntese final reuniu 35 estudos. A Figura 1 apresenta o fluxo completo.

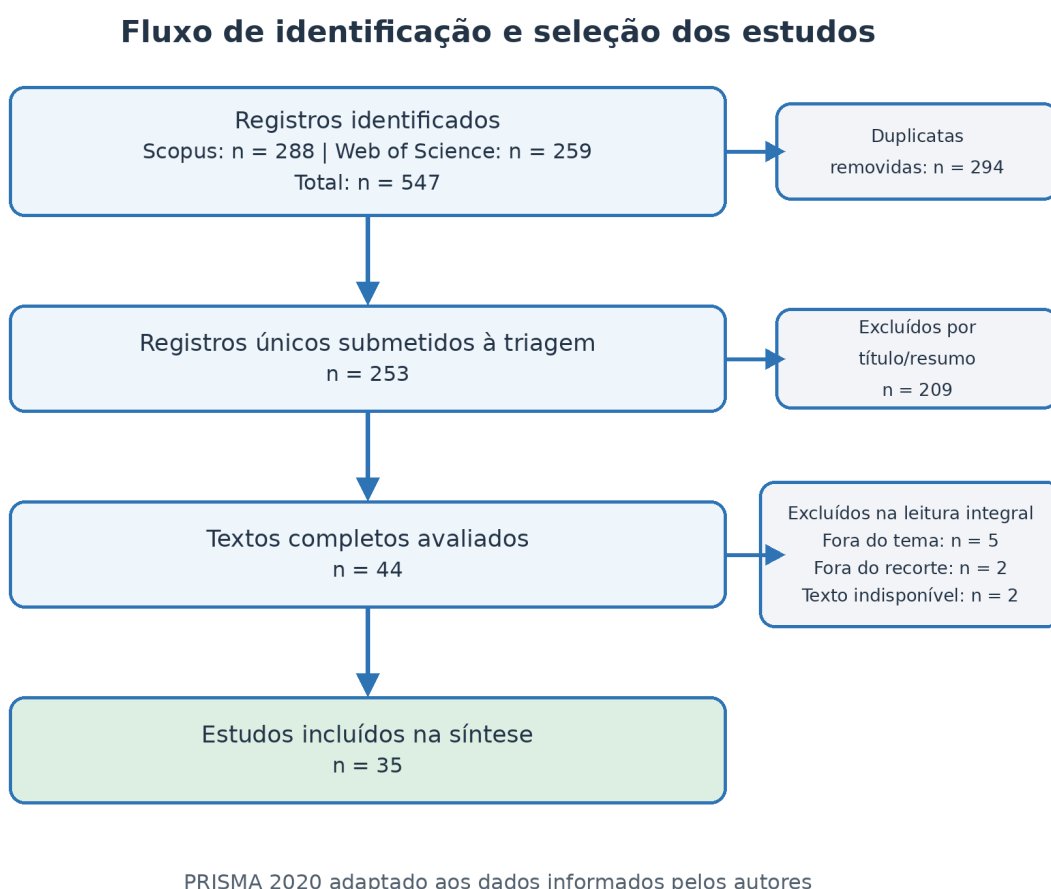


Figura 1 – Fluxo de identificação e seleção dos estudos

Fonte: Elaborado pelos autores com base no PRISMA 2020.

A extração considerou autoria, ano, localização, compartimento ambiental, delineamento, tipo e fonte dos resíduos, unidade de medida, impactos relatados e recomendações. Os achados foram agrupados em quatro eixos: tipos, fontes e distribuição; impactos ecológicos e socioambientais; mitigação, gestão e monitoramento; e divergências, lacunas e limites da evidência.

A qualidade metodológica foi examinada com os instrumentos de avaliação crítica do JBI adequados a cada delineamento e, para as revisões sistemáticas, com o AMSTAR 2 (Aromataris *et al.*, 2024; Shea *et al.*, 2017). A avaliação não foi convertida em um escore agregado nem utilizada como critério de exclusão; suas respostas orientaram a leitura cautelosa dos achados e a explicitação de limitações de desenho e inferência. A diversidade de delineamentos, escalas espaciais, matrizes amostradas e unidades de medida inviabilizou a combinação quantitativa; por essa razão, não se realizou meta-análise.

4 Resultados e discussão

Os 35 estudos incluídos convergem ao reconhecer os manguezais como zonas de retenção de resíduos, mas diferem quanto às matrizes analisadas, ao desenho amostral e às unidades de medida. Parte do corpus quantifica itens na superfície; outra parte mede massa por área, partículas por quilograma de sedimento ou ocorrência em organismos. Assim, valores absolutos não foram comparados como se representassem a mesma variável. A discussão a seguir privilegia padrões recorrentes, contrastes entre contextos e limites de inferência.

4.1 Tipos, fontes e distribuição dos resíduos

O plástico foi o material predominante nos diferentes contextos, sobretudo na forma de sacolas, garrafas, embalagens alimentícias, fragmentos, poliestireno expandido, cordas e redes. A composição revela duas fontes principais: fluxos terrestres associados ao consumo, à coleta insuficiente e à drenagem urbana; e fluxos marinhos ligados à pesca, à navegação e ao turismo (De *et al.*, 2023; Okuku *et al.*, 2023; Cavalcante *et al.*, 2024). A predominância de um grupo varia conforme o uso do entorno, razão pela qual a tipologia do resíduo funciona como indício, mas não como prova isolada, de sua origem.

A síntese global de Deakin *et al.* (2025) estimou $23,73 \pm 8,80$ itens de macroplástico por metro quadrado e $1.122,98 \pm 150,17$ partículas de microplástico por quilograma de sedimento. Os valores condensam estudos heterogêneos e devem ser lidos como ordem de grandeza, não como padrão aplicável a todo manguezal. Na costa amazônica brasileira, Mendes *et al.* (2025) encontraram $0,89 \pm 0,11$ kg/m² nos manguezais e $0,10 \pm 0,02$ kg/m² em praias adjacentes. A diferença dentro do mesmo estudo fortalece a hipótese de que a estrutura vegetal favorece a retenção.

A comparação entre ambientes abertos e vegetados é coerente com o mecanismo descrito por Martin, Almahasheer e Duarte (2019) e Luo, Not e Cannicci (2021): raízes e

troncos reduzem o transporte dos itens e criam pontos de aprisionamento. Wang *et al.* (2023) reuniram estimativas de interceptação entre 11% e 56% em sistemas fluviais específicos. A amplitude do intervalo mostra que hidrodinâmica, densidade da vegetação e propriedades das partículas modulam o processo; portanto, o limite superior não representa uma capacidade geral de retenção.

O acúmulo também apresenta forte componente espacial. Áreas urbanizadas ou próximas a desembocaduras tendem a receber maior aporte do que trechos remotos, embora os desenhos de estudo nem sempre permitam isolar o efeito da urbanização (Kesavan *et al.*, 2021; Wu *et al.*, 2022; Palacios Peñaranda *et al.*, 2025). No interior do ecossistema, itens leves podem alcançar zonas intermediárias, materiais mais densos permanecem próximos à margem terrestre e artefatos de pesca se concentram junto à entrada marinha (Okuku *et al.*, 2023). Eventos extremos ainda redistribuem detritos entre praias, dunas e manguezais (Garcés-Ordóñez; Saldarriaga-Vélez; Espinosa-Díaz, 2021; Portz *et al.*, 2022).

Os microplásticos foram observados em sedimentos, água e biota, o que evidencia circulação entre compartimentos. A abundância sazonal, entretanto, não segue uma direção única. Chuvas podem aumentar o carreamento continental, enquanto períodos secos podem concentrar partículas em sistemas com menor diluição ou favorecer a deposição. Os resultados de Albertin-Santos *et al.* (2025) e Menezes *et al.* (2025) mostram que a interpretação da sazonalidade depende do compartimento amostrado e da dinâmica local.

4.2 Impactos ecológicos e socioambientais

A presença de microplásticos em organismos é uma das evidências mais consistentes de exposição. Menezes *et al.* (2025) registraram 7.806 partículas distribuídas entre sedimento, água superficial e bivalves em dois sistemas do Espírito Santo. Albertin-Santos *et al.* (2025) identificaram 175 partículas em 111 exemplares de *Atherinella brasiliensis*. Esses estudos demonstram ocorrência e ingestão, mas não mediram, por si, dano oxidativo, alteração genética ou efeito sobre consumidores humanos.

Yan *et al.* (2023) observaram que microplásticos presentes no sedimento abrigavam comunidades bacterianas distintas e mais complexas do que as do material adjacente, incluindo grupos associados a doenças humanas. O resultado sustenta a existência de uma plastisfera no manguezal e indica um risco potencial de dispersão microbiana. Não demonstra, contudo, transmissão de patógenos ou adoecimento de populações expostas.

Para a vegetação, o experimento de Van Bijsterveldt *et al.* (2021) oferece evidência mais direta do que os levantamentos observacionais. A cobertura total do solo por macroplásticos reduziu o índice de área foliar e a sobrevivência em seis semanas, enquanto a cobertura parcial foi mais tolerada e induziu respostas de crescimento dos pneumatóforos. O contraste sugere uma relação dependente da carga e do recobrimento, sem autorizar a afirmação de que qualquer quantidade de resíduo produz mortalidade imediata.

Na fauna, Winarni *et al.* (2022) não registraram *Mycteria cinerea* nos pontos em que havia lixo, associação compatível com perda de qualidade do habitat, mas que pode coexistir com outros fatores locais. Obonaga *et al.* (2025), por sua vez, identificaram 19 táxons capazes de bioerodir plásticos. Essa fragmentação não constitui remoção natural: ela transfere o material para frações menores e potencialmente mais dispersíveis.

As consequências sociais permanecem menos quantificadas. Em Gazi, entrevistas e observações relacionaram a poluição a limitações de gestão e a atividades econômicas, ao mesmo tempo que mostraram interesse em soluções comunitárias (Pelsmaekers *et al.*, 2025). Para o Brasil, o diagnóstico de Fraga Filho (2025) aponta taxas oficiais próximas de 4% para a reciclagem de resíduos sólidos e de 1% para plásticos, além de mais de 2,4 milhões de toneladas descartadas irregularmente por ano. O quadro ajuda a explicar a pressão sobre zonas costeiras, mas não substitui estudos locais sobre renda, pesca, saúde e percepção de risco.

4.3 Medidas de mitigação, gestão e monitoramento

As medidas propostas convergem em uma hierarquia: prevenir a geração e a entrada; interceptar fluxos antes que atinjam o manguezal; remover acúmulos de forma segura; e monitorar a recuperação. Li *et al.* (2021) destacam a necessidade de protocolos de monitoramento que mantenham categorias, unidades e faixas de tamanho comparáveis. De *et al.* (2023) e Mendes *et al.* (2025) reforçam o controle de fontes urbanas e a intervenção nos corredores fluviais.

Áreas protegidas contribuem para fiscalização e restrição de atividades, mas não bloqueiam entradas externas. No estudo de Al-Tarshi, Dobretsov e Gallardo (2024), o local protegido apresentou o menor valor de microplásticos no sedimento entre as áreas comparadas. Como o desenho foi observacional e os pontos diferiam em urbanização e hidrodinâmica, o resultado não isola um efeito causal da proteção. A principal implicação é que unidades de conservação precisam articular-se à gestão de bacias, drenagem e cidades.

No contexto brasileiro, a PNRS e a logística reversa de embalagens plásticas oferecem instrumentos para a responsabilidade compartilhada e a recuperação de materiais (Brasil, 2010; Brasil, 2025). Sua aplicação em territórios costeiros requer coleta regular, pontos de entrega, integração de catadores, recepção de apetrechos de pesca e indicadores que permitam acompanhar redução de entrada, não apenas volume retirado em mutirões.

A participação comunitária melhora a identificação de fontes e a continuidade do monitoramento, desde que não transfira aos moradores a responsabilidade exclusiva por um problema sistêmico. Pelsmaekers *et al.* (2025) mostram potencial para soluções construídas localmente. A educação ambiental deve acompanhar infraestrutura, fiscalização, comunicação de resultados e canais efetivos de participação; sem essas condições, campanhas pontuais tendem a produzir efeitos limitados.

4.4 Divergências, lacunas e limites da evidência

Os sedimentos registram a presença de plásticos ao longo do tempo, mas não formam necessariamente um arquivo estratigráfico imóvel. Cordova *et al.* (2023) encontraram partículas em camadas com mais de 80 anos e discutiram a possibilidade de perturbação e infiltração. Andoy *et al.* (2025) também demonstraram distribuição vertical influenciada por processos sedimentares e bioturbação. Por isso, profundidade e idade da camada não devem ser convertidas automaticamente em uma cronologia linear da poluição.

A ausência de efeito estatisticamente significativo em um levantamento transversal também não equivale à ausência de risco. Vorsatz *et al.* (2025) não identificaram relação significativa entre a acumulação de detritos e a diversidade de caranguejos e gastrópodes nos pontos amostrados em Hong Kong. O resultado pode refletir tolerância, faixa de exposição, escala amostral ou variáveis não controladas; não comprova resiliência de longo prazo nem um limiar universal.

As principais lacunas são metodológicas e temáticas. Faltam protocolos comparáveis para macro, micro e nanoplásticos; séries temporais capazes de separar sazonalidade de tendência; experimentos sobre vegetação e fauna; e estudos sobre efeitos no carbono do solo (Luo; Not; Cannicci, 2021; Wang *et al.*, 2023; Deakin *et al.*, 2025). Também são escassas as medições diretas de impactos sobre renda, segurança alimentar e saúde. Essa assimetria explica por que a evidência ecológica é mais robusta do que a socioeconômica.

A própria revisão apresenta limites. A busca concentrou-se em duas bases, três idiomas e no período de 2015 a 2025. A heterogeneidade impediu meta-análise, e a ausência

de uma classificação agregada de risco de viés reduz a possibilidade de hierarquizar a confiança em cada achado. As conclusões devem ser lidas como síntese crítica dos padrões documentados, não como estimativas universais de efeito.

5 Considerações finais

Esta revisão mostrou que os plásticos de uso cotidiano e os materiais associados à pesca predominam entre os resíduos encontrados nos manguezais. Pneumatóforos e raízes-escoras favorecem a retenção de itens maiores, enquanto partículas menores alcançam sedimentos, água e organismos, ampliando a exposição da biota.

Os efeitos mais bem documentados envolvem o recobrimento do solo, a redução do desempenho da vegetação sob cargas elevadas, a ingestão pela fauna e a formação de comunidades microbianas sobre partículas plásticas. As repercussões sociais ainda são pouco mensuradas, sobretudo quanto à renda, à segurança alimentar e à saúde. Por isso, as evidências disponíveis não permitem estabelecer relação causal direta entre a exposição ambiental e o adoecimento humano.

A mitigação requer redução na fonte, coleta adequada, logística reversa, controle dos fluxos transportados por rios e drenagens, além de monitoramento contínuo. A limpeza local oferece uma resposta imediata, mas seus efeitos permanecem limitados sem prevenção e responsabilização institucional. Considerando a heterogeneidade dos estudos analisados, pesquisas futuras devem adotar protocolos comparáveis e integrar indicadores ecológicos e sociais, permitindo avaliar quais intervenções reduzem efetivamente a entrada de resíduos nos manguezais.

6 Agradecimentos

Agradecemos aos professores da disciplina Sociedade, Natureza e Desenvolvimento: Fundamentos/2026.1, Prof. Dr. Albérico Nogueira de Queiroz e Prof. Dr. Cae Rodrigues, pelas contribuições teóricas, reflexões críticas e provocações acadêmicas que possibilitaram o aprofundamento das discussões desenvolvidas neste artigo. As leituras, os debates e as orientações realizados ao longo da disciplina foram fundamentais para ampliar a compreensão sobre as relações entre sociedade, natureza e desenvolvimento e fortalecer a construção crítica e interdisciplinar do trabalho.

Referências bibliográficas

- AL-TARSHI, Mohammed; DOBRETISOV, Sergey; GALLARDO, Waldo. Marine litter and microplastic pollution in mangrove sediments in the Sea of Oman. **Marine Pollution Bulletin**, v. 201, art. 116132, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116132>.
- ALBERTIN-SANTOS, Cândida Juliana et al. Microplastic contamination in *Atherinella brasiliensis*: insights into plastic pollution in mangrove ecosystems of the Southwestern Atlantic. **Regional Studies in Marine Science**, v. 89, art. 104316, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104316>.
- ANDOY, Camille Joy M. et al. Spatial and vertical distribution of microplastics in mangrove sediment in the southern Philippines. **Marine Environmental Research**, v. 209, art. 107223, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107223>.
- AROMATARIS, Edoardo; LOCKWOOD, Craig; PORRITT, Kylie; PILLA, Bianca; JORDAN, Zoe (ed.). **JB I Manual for Evidence Synthesis**. Adelaide: JBI, 2024. Disponível em: <https://synthesismanual.jbi.global/>. Acesso em: 11 ago. 2026.
- BELARMINO, Pedro Henrique P.; SILVA, Sarah Mariana da; RUFENER, Marie-Christine; ARAÚJO, Maria Christina Barbosa de. Resíduos sólidos em manguezal no rio Potengi (Natal, RN, Brasil). **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, p. 447–457, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5894/rgci451>.
- BRASIL. Decreto nº 12.045, de 5 de junho de 2024. Institui o Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 6 jun. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/d12045.htm. Acesso em: 11 ago. 2026.
- BRASIL. Decreto nº 12.688, de 21 de outubro de 2025. Institui o sistema de logística reversa de embalagens de plástico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 out. 2025. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/decreto/d12688.htm. Acesso em: 11 ago. 2026.
- BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 11 ago. 2026.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 11 ago. 2026.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 11 ago. 2026.
- CAVALCANTE, Eduardo dos Reis et al. High levels of anthropogenic litter trapped in a mangrove area under the influence of different uses. **Marine Pollution Bulletin**, v. 200, art. 116045, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116045>.

CORDOVA, Muhammad Reza et al. Microplastics leaving a trace in mangrove sediments ever since they were first manufactured: a study from Indonesia mangroves. **Marine Pollution Bulletin**, v. 195, art. 115517, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115517>.

DE, Kalyan et al. Mangroves in the "Plasticene": high exposure of coastal mangroves to anthropogenic litter pollution along the Central-West coast of India. **Science of the Total Environment**, v. 858, pt. 3, art. 160071, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160071>.

DEAKIN, Katie et al. Plastic pollution in mangrove ecosystems: a global meta-analysis. **Marine Pollution Bulletin**, v. 218, art. 118165, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118165>.

FRAGA FILHO, Carlos Alberto Dutra. Analysis of Brazilian plastic waste management in the global context and case study of the City of Vitória, Espírito Santo. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 32, p. 5645–5684, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35865-4>.

GARCÉS-ORDÓÑEZ, Ostin; SALDARRIAGA-VÉLEZ, Juan F.; ESPINOSA-DÍAZ, Luisa F. Marine litter pollution in mangrove forests from Providencia and Santa Catalina islands, after Hurricane IOTA path in the Colombian Caribbean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 168, art. 112471, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112471>.

KESAVAN, Selvam et al. Anthropogenic pressure on mangrove ecosystems: quantification and source identification of surficial and trapped debris. **Science of the Total Environment**, v. 794, art. 148677, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148677>.

LI, Dong et al. Marine debris in the Beilun Estuary mangrove forest: monitoring, assessment and implications. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 20, art. 10826, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182010826>.

LUO, Ying Y.; NOT, Christelle; CANNICCI, Stefano. Mangroves as unique but understudied traps for anthropogenic marine debris: a review of present information and the way forward. **Environmental Pollution**, v. 271, art. 116291, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116291>.

MARTIN, Cecilia; ALMAHASHEER, Hanan; DUARTE, Carlos M. Mangrove forests as traps for marine litter. **Environmental Pollution**, v. 247, p. 499–508, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.067>.

MENDES, Dayene Santiago et al. Macrolitter pollution in beaches and mangroves on the Brazilian Amazon coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 215, art. 117891, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117891>.

MENEZES, Karina Machado et al. Microplastic contamination in the mangroves of Piraquê-Açu and Piraquê-Mirim rivers, Aracruz (Brazil): an analysis in sediment, water, and biota. **Marine Pollution Bulletin**, v. 214, art. 117696, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117696>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (MMA). Manguezais. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/smc/doceano/ecossistemas-costeiros-e-marinhos/manguezais-1>. Acesso em: 11 ago. 2026.

- MUNN, Zachary et al. Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. **BMC Medical Research Methodology**, v. 18, art. 143, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>.
- OBONAGA, Levy D. et al. Plastic litter is rapidly bioeroded in mangrove forests. **Marine Environmental Research**, v. 207, art. 107027, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107027>.
- OKUKU, E. O. et al. Are tropical mangroves a sink for litter leaking from land- and sea-based sources? Evidence from selected Kenyan mangroves. **Marine Pollution Bulletin**, v. 187, art. 114590, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114590>.
- OUZZANI, Mourad; HAMMADY, Hossam; FEDOROWICZ, Zbys; ELMAGARMID, Ahmed. Rayyan – a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 5, art. 210, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>.
- PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- PALACIOS PEÑARANDA, Martha Lucia et al. Spatial distribution of microplastics in mangrove sediments of a polluted embayment in the Eastern Tropical Pacific. **Air, Soil and Water Research**, v. 18, p. 1–13, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/11786221251381611>.
- PELSMAEKERS, Elissa P. B. et al. Assessing plastic pollution in Kenyan mangroves: distribution, sources, and social impact in Gazi Bay. **Estuaries and Coasts**, v. 48, n. 5, art. 135, p. 1–18, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12237-025-01573-6>.
- PORTZ, Luana et al. Where does marine litter hide? The Providencia and Santa Catalina Island problem, SEAFLOWER Reserve (Colombia). **Science of the Total Environment**, v. 813, art. 151878, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151878>.
- SHEA, Beverley J. et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. **BMJ**, v. 358, art. j4008, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.j4008>.
- VAN BIJSTERVELDT, Celine E. J. et al. Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. **Science of the Total Environment**, v. 756, art. 143826, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143826>.
- VORSATZ, Lyle Dennis et al. Anthropogenic marine debris accumulation and its ecological impact on the highly urbanized mangroves of Hong Kong. **Marine Pollution Bulletin**, v. 211, art. 117447, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117447>.
- WANG, Yijin et al. Role of mangrove forest in interception of microplastics (MPs): challenges, progress, and prospects. **Journal of Hazardous Materials**, v. 445, art. 130636, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130636>.
- WINARNI, Nurul L. et al. Problems in paradise: mangrove bird communities impacted by litter in Jakarta Bay, Indonesia. **Ocean & Coastal Management**, v. 225, art. 106223, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106223>.
- WU, Yinglin et al. Linking human activity to spatial accumulation of microplastics along mangrove coasts. **Science of the Total Environment**, v. 825, art. 154014, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154014>.

YAN, Muting et al. Microplastic pollution and enrichment of distinct microbiota in sediment of mangrove in Zhujiang River estuary, China. **Journal of Oceanology and Limnology**, v. 41, n. 1, p. 215–228, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00343-021-1300-x>.