



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE

MARINA ROCHA DE CARVALHO

AVALIAÇÃO DE MICROPLÁSTICO NO TRATO DIGESTÓRIO DE ESPÉCIES DE
PEIXES NO ENTORNO DO COMPLEXO PORTUÁRIO DO ITAQUI, SÃO LUÍS –
MA

São Luís - MA

2025

MARINA ROCHA DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO DE MICROPLÁSTICO NO TRATO DIGESTÓRIO DE ESPÉCIES DE
PEIXES NO ENTORNO DO COMPLEXO PORTUÁRIO DO ITAQUI, SÃO LUÍS –
MA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador(a): Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro

Coorientador(a): Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes Silva

São Luís - MA

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Carvalho, Marina Rocha de.

AVALIAÇÃO DE MICROPLÁSTICO NO TRATO DIGESTÓRIO DE
ESPÉCIES DE PEIXES NO ENTORNO DO COMPLEXO PORTUÁRIO DO
ITAQUI, SÃO LUÍS MA / Marina Rocha de Carvalho. - 2025.
54 p.

Coorientador(a) 1: Marcelo Henrique Lopes Silva.

Orientador(a): Antonio Carlos Leal de Castro.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís, 2025.

1. Plásticos. 2. Contaminação. 3. Poluição
Ambiental. I. Castro, Antonio Carlos Leal de. II. Silva,
Marcelo Henrique Lopes. III. Título.

MARINA ROCHA DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO DE MICROPLÁSTICO NO TRATO DIGESTÓRIO DE ESPÉCIES DE
PEIXES NO ENTORNO DO COMPLEXO PORTUÁRIO DO ITAQUI, SÃO LUÍS –
MA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovado(a) em: 28 de Março de 2025

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro – Orientador
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Victor Elias Mouchrek Filho
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dra. Katiene Regia Silva Sousa
Instituto Federal do Maranhão

RESUMO

A dissertação buscou analisar a presença de microplásticos no trato digestório de três espécies de peixes — *Sciades herzbergii* (bagre guribu), *Cynoscion acoupa* (pescada amarela) e *Mugil curema* (tainha sajuba) — considerando a relação entre a contaminação ambiental e os impactos à biodiversidade, ao funcionamento dos ecossistemas e à saúde humana. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os plásticos, destacando que esses materiais sintéticos, derivados da polimerização de monômeros provenientes do petróleo e gás, têm causado sérios problemas ambientais. Fragmentos plásticos, como os microplásticos (MPs), definidos como partículas com tamanho entre 1 µm e 5 mm, foram identificados como contaminantes emergentes nos ecossistemas aquáticos, especialmente marinhos. Tais partículas podem ser ingeridas, inaladas ou absorvidas por organismos, levando à bioacumulação e gerando efeitos letais e subletais, como lesões, bloqueios digestivos, disfunções reprodutivas e até alterações genéticas. A pesquisa incluiu também a elaboração de um artigo científico que abordou a ocorrência de MPs em peixes pertencentes a diferentes níveis tróficos, revelando que todas as amostras analisadas apresentaram microplásticos em seus tratos digestórios. Ressaltou-se ainda a importância do monitoramento contínuo desses contaminantes, bem como a necessidade de políticas públicas eficazes, ações educativas e de conscientização ambiental, associando o tema aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), de forma a promover a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida das populações que dependem diretamente dos recursos pesqueiros.

Palavras-chave: Plásticos. Contaminação. Poluição ambiental.

ABSTRACT

The dissertation aimed to analyze the presence of microplastics in the digestive tracts of three fish species — *Sciades herzbergii* (Pemecou sea catfish), *Cynoscion acoupa* (Acoupa weakfish), and *Mugil curema* (white mullet)— considering the relationship between environmental contamination and its impacts on biodiversity, ecosystem functioning, and human health. Initially, a literature review on plastics was conducted, highlighting that these synthetic materials, derived from the polymerization of petroleum and gas-based monomers, have caused serious environmental problems. Plastic fragments, such as microplastics (MPs), defined as particles ranging from 1 μm to 5 mm in size, have been identified as emerging contaminants in aquatic ecosystems, especially in marine environments. These particles can be ingested, inhaled, or absorbed by organisms, leading to bioaccumulation and causing lethal and sublethal effects, such as lesions, digestive tract blockages, reproductive dysfunctions, and even genetic alterations. The research also included the preparation of a scientific article that addressed the occurrence of MPs in fish from different trophic levels, revealing that all analyzed samples contained microplastics in their digestive systems. The study emphasized the importance of continuous monitoring of these contaminants, as well as the need for effective public policies, educational actions, and environmental awareness initiatives. The theme was also linked to the Sustainable Development Goals (SDGs), aiming to promote environmental preservation and improve the quality of life of populations that directly depend on fishery resources.

Keywords: Plastics. Contamination. Environmental pollution.

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, a Deus, aos meus pais, Bartolomeu e Ana e meus irmãos Bartolomeu Neto e Caroline, cujo apoio incondicional e incentivo constante ao longo da minha trajetória acadêmica foram fundamentais para o meu crescimento. Agradeço também ao meu namorado, Adler, que esteve ao meu lado em todos os momentos dessa trajetória. Seu apoio, motivação e o suporte emocional que me ofereceu foram fundamentais para que eu seguisse em frente, superando os desafios ao longo deste processo. Agradeço aos meus cachorrinhos, Luffy e Nami, que sempre me acompanharam, especialmente a Luffy, que foi meu fiel companheiro desde o início da graduação até os últimos dias de sua vida, durante os quais esteve ao meu lado com seu carinho e lealdade.

Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Antonio Carlos, cuja dedicação e excelência como professor foram essenciais. Ele sempre esteve disponível para esclarecer minhas dúvidas e oferecer orientações valiosas, contribuindo significativamente para o desenvolvimento desta dissertação. Agradeço também ao meu coorientador Marcelo Henrique, pelo apoio desde a monografia e na dissertação. Agradeço ainda aos meus amigos Alef Fontinele e Luana Dias, que se mostraram sempre dispostos a me ajudar, seja na revisão de textos ou na realização de análises necessárias, um apoio essencial.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, ainda que não mencionados diretamente. Sem o apoio de cada um de vocês, essa dissertação não teria sido concluída, e eu não teria alcançado o amadurecimento necessário para conquistar o título de mestre.

Muito obrigada a todos!

“Para Luffy, meu eterno anjinho.”

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO.....	8
II. CAPÍTULO I.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 O Uso do Plástico no Mundo.....	12
MICROPLÁSTICOS.....	14
2 CONSUMO DE MICROPLÁSTICOS E ODS	17
3 A POPULAÇÃO RIBEIRINHA E O CONSUMO DA PESCA LOCAL POTENCIALMENTE CONTAMINADA	20
REFERENCIAS	21
III. CAPÍTULO II.....	7
2. Material and Methods.....	8
2.1. Study area	8
Sampling	9
Quality control assurance.....	9
Data analysis	10
3. Results	11
4. Discussion	17
5. Conclusion.....	20
IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
APÊNDICES	28
ANEXOS.....	29

I. INTRODUÇÃO

Os plásticos são vistos atualmente como um dos tipos de contaminante ambiental de maior interesse nos sistemas aquáticos, especialmente no ambiente marinho. Eles podem ter diferentes tamanhos e apresentar em seus compostos outros contaminantes incorporados intencionalmente durante o processo de manufatura ou durante sua permanência no ambiente, constituindo um crescente risco de exposição de agentes tóxicos para a biota (Kılıç et al., 2022).

A poluição por plásticos nos oceanos, revela-se uma questão persistente, uma vez que o descarte indiscriminado desse resíduo ocorre há décadas, comprometendo a saúde humana e animal, economias locais, segurança alimentar e, ainda, tensionando as relações internacionais, dado que o oceano tem a capacidade de transportar o plástico por longas distâncias (Scoton, 2021).

Os impactos da poluição plástica foram reconhecidos logo após o início da produção em massa, contudo, foi necessário um longo período para que gerassem interesse tanto no âmbito científico quanto político (Villarrubia-Gómez, 2024). Embora a atenção voltada para esse problema tenha crescido de maneira considerável na última década, evidências apontam para o agravamento da situação (Stoett et al., 2024). A ampla distribuição dos resíduos plásticos exige grande esforço para detectar seu acúmulo em diversos nichos ambientais, assim como para avaliar os riscos potenciais para a fauna e a saúde humana (Khedre, 2024).

Conforme Turner (2020), no ambiente natural, os plásticos apresentam alta persistência, podendo levar centenas ou até milhares de anos para se degradarem. A perdurabilidade desse poluente na natureza faz com que os detritos plásticos se degradem continuamente em partículas menores (microplásticos - MPs), por meio de processos físico-químicos ou biológicos no ambiente (Omoregie, 2023).

Partículas plásticas com tamanho entre 1 μm a 5 mm são definidos como micoplásticos (Frias, 2019; Kiliç, 2024). Os MPs podem ser liberados diretamente no ambiente por meio de processos industriais e de fabricação que utilizam microesferas na produção de produtos de cuidados pessoais, ou indiretamente como resultado de abrasão, intemperismo e fragmentação de detritos plásticos macroscópicos no ambiente (Martins, 2023). A disponibilidade de MPs no ambiente causa a facilidade de absorção dos animais que são facilmente consumidos por espécies marinhas e terrestres (Ansar, 2024), incluindo animais como peixes, mexilhões, caranguejos e galinhas. Nestas circunstâncias, a ingestão humana desse poluente é quase inevitável, como evidenciado em investigações recentes que relatam a presença de vários tipos

de microplásticos nas fezes humanas, indicando que eles entraram no corpo por meio do consumo de alimentos e água (Cavichiolo, 2025).

Micro e nanoplásticos podem ser acidental e deliberadamente ingeridos por peixes. Estudos laboratoriais indicam que micro e nanoplásticos podem causar vários efeitos negativos em peixes: danos físicos, alteração no metabolismo lipídico, alteração no comportamento, bem como citotoxicidade (Jovanovic, 2017)

Assim, analisar o conteúdo estomacal de peixes continua sendo a principal abordagem para o estudo da ecologia trófica (Bennemann, 2006). Os MPs são comumente ingeridos e absorvidos passivamente por numerosos peixes, com padrões de ingestão frequentemente relacionados a características individuais (por exemplo, tamanho do corpo, nível trófico), onde suas preferências alimentares e características dietéticas podem influenciar significativamente a ingestão desses contaminantes (Parker et al., 2021, Mallik et al., 2024).

No presente estudo, investigam-se as espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares, para avaliar potenciais efeitos tóxicos da ingestão de microplásticos no trato digestório. As espécies selecionadas foram *Sciades herzbergii* (bagre guribu), *Cynoscion acoupa* (pescada amarela) e *Mugil curema* (tainha), capturadas no ambiente estuarino sob influência do distrito industrial e do complexo portuário do município de São Luís.

O *Sciades herzbergii* (Siluriformes: Ariidae) é amplamente distribuído na região norte da Amazônia, sendo um peixe bentônico abundante na costa do Maranhão, onde é popularmente conhecido como bagre guribu e integra a dieta da população ribeirinha local (Torres, 2024). Seus hábitos alimentares são onívoros, alimentando-se principalmente de matéria orgânica em decomposição, embora também consuma pequenos peixes, crustáceos e invertebrados bentônicos (Curty, 2024). Por outro lado, *Cynoscion acoupa* (Perciformes: Sciaenidae), conhecida como pescada amarela, é uma espécie demersal que habita águas rasas tropicais e subtropicais da costa atlântica da América do Sul, demonstrando tolerância às águas salobras. Trata-se de um peixe carnívoro, que se alimenta predominantemente de pequenos peixes, crustáceos e outros organismos marinhos menores (Mourão, 2009). Por fim, a espécie estudada *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae), conhecida como tainha, é um peixe detritívoro. A maioria das espécies dessa família é eurihalina, sendo capaz de se deslocar livremente entre águas salinas, hipersalinas e águas doces (Pinheiro, 2014).

A relevância desse estudo reside no fato de que as espécies de peixes analisadas possuem grande importância comercial na pesca artesanal do estado e são amplamente

consumidas pela população ribeirinha (Ribeiro et al., 2012). Dessa forma, torna-se essencial a compreensão dos efeitos da ingestão e transferência trófica de microplásticos por organismos biológicos, com sérias implicações na segurança alimentar e saúde humana.

Nessa perspectiva, a dissertação foi estruturada da seguinte forma: I. INTRODUÇÃO, II. CAPÍTULO 1 intitulado “Plásticos, microplásticos e contaminação humana: Uma revisão bibliográfica”, de acordo com as Normas da Revista Seven Publicações Acadêmicas, III. Capítulo 2 intitulado “AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE MICROPLÁSTICO NO TRATO DIGESTÓRIO DE ESPÉCIES DE PEIXES PRESENTES EM DIFERENTES BACIAS HIDROGRÁFICAS DA ILHA DO MARANHÃO” e V. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

II. CAPÍTULO I

Plásticos, microplásticos e contaminação humana: Uma revisão bibliográfica

<https://doi.org/10.56238/sevened2024.018-066>

Marina Rocha de Carvalho

E-mail: marina.carvalho@discente.ufma.br

Graziela Santos Leite

E-mail: graziela.leite@discente.ufma.br

Alef Fontinele Teixeira

E-mail: alef.fontinele@discente.ufma.br

Jamile Gabriela Almeida Silva

E-mail: jamile.almeida@discente.ufma.br

Luana do Nascimento Dias

E-mail: dias.luana@discente.ufma.br

Jackson Rodrigues Mendes

E-mail: jackson.mendes@discente.ufma.br

Danielle de Jesus Silva

E-mail: danielle.js@discente.ufma.br

James Werllen de Jesus Azevedo

E-mail: james.werllen@ufma.br

Suzany Pedrosa Nascimento

E-mail: suzany.pedrosa@discente.ufma.br

Marcelo Henrique Silva Lopes

E-mail: marcelo.silva@ufma.br

Gabriel Estevão Nunes Pereira

E-mail: gabriel.estevao@discente.ufma.br

Antonio Carlos Leal de Castro E-mail:
alec@ufma.br

RESUMO

Plásticos são materiais sintéticos produzidos através da polimerização de monômeros derivados de petróleo ou gás. Os resíduos plásticos causam diversos problemas, afetando o meio ambiente, a vida marinha, a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas. Fragmentos plásticos podem ser ingeridos por várias espécies, ocorrendo registros em sistema digestivo de diversos organismos. Os microplásticos (MPs) incluem pequenas partículas plásticas que variam de 1 µm a 5 mm de tamanho e atualmente são identificadas como um dos contaminantes ambientais emergentes de maior preocupação nos ecossistemas aquáticos, especialmente no meio marinho. Microplásticos podem ser transportados para o interior do organismo por contato dérmico, ingestão, inalação e transferência através da cadeia alimentar. A bioacumulação de MPs pode causar lesões internas e externas, úlceras, bloqueio do trato digestório, entre outros efeitos letais e subletais. Os microplásticos que entram no corpo humano podem conter produtos químicos

que causam câncer, mutações no DNA, efeitos tóxicos na reprodução, disfunção hormonal e afetar vários órgãos. Fontes recorrentes de microplástico para o sistema aquático são lançamento de esgotos, sistemas de drenagem, desgaste de pneus e resíduos plásticos mal gerenciados ou descartados inadequadamente. A contaminação por microplástico gera diminuição dos estoques pesqueiros, influenciando populações que vivem no entorno de ambientes contaminados, como ocorre com a população que reside próximo ao Terminal de Uso Privativo da ALUMAR, São Luís, Maranhão. Assim, pesquisas com microplásticos são de fundamental importância para a melhoria na qualidade de vida da população e do meio ambiente e podem estar associadas a vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Palavras-chave: Poluição ambiental, bioacumulação, Contaminação microplástica.

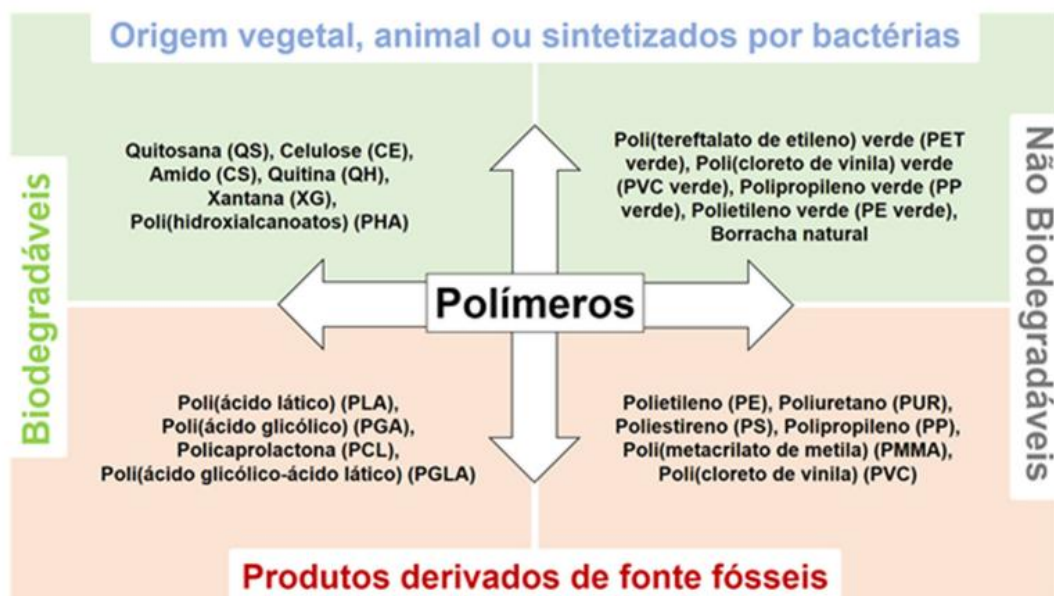
1 INTRODUÇÃO

1.1 O Uso do Plástico no Mundo

Os plásticos são materiais sintéticos produzidos através da polimerização de monômeros derivados de petróleo ou gás, frequentemente acompanhados pela incorporação de diversos aditivos químicos destinados a aprimorar suas propriedades. Esses aditivos contribuem para conferir aos plásticos uma elevada resistência à corrosão, além de reduzirem significativamente sua condutividade térmica e elétrica (Barnes et al., 2009a).

França *et al.* (2022) defende outras formas de classificar os polímeros, como relacionando sua origem e suas propriedades no contexto de serem ou não biodegradáveis (Figura 1). Os polímeros de fontes não renováveis são aqueles que derivam de recursos que não se formam ou se renovam em um curto período, como o exemplo de matérias comerciais de poliestireno (PS), Polietileno (PE) e Polipropileno (PP).

Figura 1. Tipos de polímeros e seu potencial de biodegradação



Fonte: França *et al.* (2022)

Atualmente, os plásticos são identificados como um dos tipos de contaminantes ambientais emergentes de maior preocupação nos ecossistemas aquáticos, especialmente no meio marinho (Giraldez *et al.*, 2020; Da Costa Ribeiro, 2022; Hernandez, 2023). Em 2010, entre 4,8 e 12,7 milhões de toneladas de resíduos plásticos provenientes do continente foram lançados no oceano, representando de 1 a 4% do volume total estimado de resíduos gerados naquele ano e de 2 a 6% do total de resíduos descartados (Jambeck *et al.*, 2015; Mizoguchi, 2019).

De acordo com Eriksen *et al.* (2014), aproximadamente 5 trilhões de peças de plástico estão flutuando nos oceanos, sendo dispersos por correntes marítimas. Uma das consequências desse quadro é a formação da Grande Porção de Lixo do Pacífico (GPLP), uma área onde se estima que haja 79 mil toneladas de lixo plástico em uma extensão de 1,6 milhões de km² (Mizoguchi, 2019).

O Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar do Governo brasileiro assinala que aproximadamente 80% do lixo presente nos oceanos consiste principalmente em plásticos, filtros de cigarro, borrachas, metais, vidros, têxteis e papéis, os quais têm origem nos continentes. Isso sugere que a problemática dos resíduos sólidos está intrinsecamente ligada à má gestão desses materiais.

O crescente uso de plástico foi impulsionado pela pandemia de COVID-19, período que foi marcado pelo consumo exacerbado de materiais plásticos de uso único, como máscaras,

luvas, seringas usadas em vacinação, embalagens e utensílios de delivery (França *et al.*, 2022)

Para mitigar o impacto do plástico no meio ambiente, têm sido exploradas diversas medidas ao longo de décadas, como a estratégia das 4R, que inclui a redução, reutilização, reciclagem e recuperação (Klemeš *et al.*, 2020). A redução implica em uma série de táticas destinadas a diminuir o consumo de produtos plásticos de uso único por parte da população e das empresas, sendo esta abordagem implementada há anos como parte das políticas ambientais em muitos países (Fletcher, 2023).

Segundo a ONU (2023), os resíduos plásticos implicam em diversos problemas para o meio ambiente, causando impactos na vida marinha que abrangem desde danos físicos ou químicos a animais individuais, até efeitos mais abrangentes na biodiversidade e no funcionamento dos ecossistemas. Fragmentos de plástico foram descobertos no sistema digestivo de organismos aquáticos, incluindo todas as espécies de tartarugas marinhas e quase metade das espécies de aves marinhas e mamíferos marinhos pesquisados (Jambeck, 2015; Nelms, 2015; Gall, 2015; Claro, 2019; De Almeida, 2023) . Esse material representa um alto risco, pois se desintegram ao longo do tempo em tamanhos menores, conhecidos como microplásticos e nanoplásticos, que podem ter impactos adversos significativos (Bongini, 2024).

Assim, estratégias para a redução do lixo plástico no ambiente marinho, tornam-se extremamente importantes, pois a poluição plástica afeta processos-chave no ecossistema, bloqueando as trocas gasosas, bem como produz sérios distúrbios que impactam severamente a comunidade biótica, através da ingestão, alojamento no sistema digestivo, alterações fisiológicas e modificações comportamentais.

MICROPLÁSTICOS

Os plásticos podem ser classificados quanto ao tamanho em macroplástico e microplástico. Distingue-se como macroplástico quando possuir um tamanho maior que 25 mm, sendo esse o causador de poluição visual (Derraik, 2002; Gregory, 2009 , Nash, 2009). O macroplástico quando disponível no ambiente é exposto a radiação ultravioleta, temperatura, oxidação, biodegradação, agentes químicos e abrasão física, podendo gerar partículas menores, ou seja, os microplásticos (Athapaththu , 2020).

Os microplásticos incluem todas as pequenas partículas de plástico que variam de 1 µm a 5 mm de tamanho (Frias; Nash, 2019). Por possuir um tamanho muito pequeno são

considerados biodisponíveis, ou seja, disponíveis para a incorporação acidental ou intencional de um organismo (Elías, 2015). Representam um grande grupo de poluidores que são feitos de diferentes materiais e podem apresentar diferentes tamanhos, formas e cores (Kiliç *et al.*, 2022).

O Quadro 1, possibilita identificar as problemáticas dos plásticos e suas subdivisões, incluindo sua detecção e exemplos encontrados no mar.

Quadro 1. Lixo no mar: Detectabilidade

Lixo no Mar: detectabilidade e exemplos	Lixo no Mar: tamanhos					
	Tamanho	Nano (< 1 nm)	Micro (< 5 mm)	Meso (< 2,5 cm)	Macro (< 1 m)	Mega (≥ 1 m)
	Detecção/ Método de Identificação	Necessidade de métodos especiais de detecção, uma vez que as partículas menores não são detectadas por microscópios.	Muitas vezes necessita de microscópios e instrumentação para confirmar que é plástico; itens maiores: visíveis/identificáveis a olho nu.	Visível/identificável a olho nu.	Visível/identificável a olho nu.	Visível/identificável a olho nu.
	Exemplos de Lixo no Mar	Nanofibras de roupas; pó de borracha de desgaste de pneus; nanopartículas em produtos. Ainda não foram detectados como lixo devido a limitações técnicas.	Microesferas em produtos para cuidado pessoal; fragmentação de produtos já existentes (plástico); poliestireno; plástico oriundo de estaleiros; partículas de resíduos de incineração.	Tampas de garrafa; filtros e pontas de cigarro; bolas de plástico; resíduos transportados pelo vento ou carregados por tempestades.	Garrafas de bebida e latas; sacos plásticos; embalagem de alimentos; outras embalagens; talheres descartáveis; lacres de cerveja; linhas, flutuadores e boias de pesca; pneus; tubos; balões; brinquedos;	Redes de pesca e armadilhas abandonadas; cordas; barcos; filmes de plástico; policloreto de vinila (PVC) proveniente de atividades de construção.

					têxteis.	
--	--	--	--	--	----------	--

Fonte: Watkins e Brink (2017).

Poluição por plástico e microplástico são problemas mundiais e sua introdução no meio aquático pode ocorrer de diversas fontes antrópicas. Segundo Zhou (2020) e Khalid *et al.* (2021), as fontes mais recorrentes de microplástico no sistema aquático são esgotos, sistemas de drenagem municipal, desgaste de pneus e resíduos plásticos mal gerenciados ou até mesmo descartados em praias.

Alguns microplásticos são absorvidos pelo organismo na forma de pequenos pellets, que são pequenos grânulos de plásticos que constituem a forma principal com que as resinas plásticas são produzidas e comercializadas (Nobre e Sousa, 2022). Constituem matéria prima nas indústrias de transformação, originando os mais variados objetos, que são produzidos após o seu derretimento e moldagem do produto final (Manzano, 2009) ou em cosméticos (Fendall; Sewell, 2009). Também podem ser liberados por derramamento acidental, como grânulos de plástico virgem (Thompson *et al.*, 2009; Elías, 2015).

Conceitualmente, os microplásticos são partículas plásticas com tamanhos que variam de 1mm a 5mm e classificam-se em duas formas: primários e secundários. Martins (2023) assinala que os primários são oriundos dos processos de transformação dos polímeros ou produtos do desprendimento de materiais que contenham polímeros e sua chegada ao ambiente pode ser de forma voluntária (descarte) ou de forma involuntária (abrasão de itens poliméricos). Segundo Montagner (2021), constituem materiais utilizados na formulação de cosméticos (gliter), produtos de higiene pessoal (esfoliantes, sabonetes e cremes dentais) e também em formato de pellets, um tipo de configuração de matéria prima do plástico.

Já os secundários, originam-se da fragmentação de plásticos maiores como sacos plásticos, garrafas, redes de pesca e atividades agrícolas, como a aplicação de lodo de esgoto, revestimentos de vinil (Nizzetto *et al.*, 2016; Miloložza *et al.*, 2021). Em ambientes dulcícolas, são relatados fontes primárias de MPs como produtos têxteis e cosméticos, equipamentos eletrônicos, abrasão de pneus através da condução, poeira da cidade, construção de estradas e revestimento marítimo (Rezania *et al.*, 2018; Prokic *et al.*, 2019; Miloloza *et al.*, 2021).

MPs chamam atenção do mundo inteiro devido a sua contaminação crônica. Kiliç (2022), afirma que microplásticos transformaram-se em uma grande preocupação para ambientes aquáticos devido a sua concentração intensa. Os microplásticos encontram-se onipresentes no ambiente e são classificados atualmente como contaminantes emergentes (Montagner, 2021). Os potenciais riscos aos seres vivos, bem como os níveis da contaminação em diferentes compartimentos ambientais, precisam ser mais bem elucidados, por isso, essa nova classe tem sido foco de pesquisas no mundo todo.

Tendo em vista essas fontes de contaminação, Brahney (2020), estima que a quantidade de resíduos plásticos no meio ambiente atingirá 11 bilhões de toneladas até 2025, sendo a maioria no ambiente aquático.

2 CONSUMO DE MICROPLÁSTICOS E ODS

Apesar de grande parte dos estudos terem sido direcionados para os macroplásticos ao longo das últimas décadas, observa-se atualmente uma maior preocupação com os plásticos de menores dimensões, que por sua longa permanência no ambiente aquático constitui um crescente risco de exposição de agentes tóxicos para a biota.

A poluição microplástica tornou-se uma questão ambiental global emergente. Um crescente quadro de evidências sinalizam que os microplásticos foram detectados no ambiente aquático, atmosfera, biota e até em humanos, gerando preocupações para a segurança alimentar e saúde humana (Zhang *et al.*, 2022).

Muitos estudos e registros oficiais assinalam que a contaminação por microplásticos em ecossistemas marinhos é causada principalmente por fontes fluviais e terrestres (Gasperi *et al.*, 2014). Transportados do ambiente aquático ou resultantes da decomposição de detritos plásticos maiores (Cole *et al.*, 2011), os microplásticos representam a fração mais abundante e perigosa da poluição plástica marinha (Eriksen *et al.*, 2014). As propriedades físicas das partículas, as condições hidrodinâmicas e a bioincrustação influenciam o destino dos microplásticos e seus

efeitos nos ecossistemas marinhos (Kowalski *et al.*, 2016; Kaiser *et al.*, 2020).

Esse poluente ao ser descartado ao ambiente ficam biodisponíveis aos organismos. Microplásticos podem ser transportados para o interior do organismo pelo contato direto, ou seja, contato dérmico, consumo, inalação e transferência através da cadeia alimentar (Samandra *et al.*, 2022). Islam (2022), declara que a bioacumulação de MPs pode causar lesões internas e externas, úlceras, bloqueio do trato digestório, entre outros efeitos letais e subletais. Aproximadamente 74.000 a 113.000 microplásticos entram no corpo humano anualmente por meio de ingestão calórica e inalação (Mak, 2020; Caixeta., 2022).

Mesmo com poucos relatos sobre seu impacto ao homem, o contato direto a esses polímeros podem desencadear diversas doenças. Wright e Kelly (2017) alertam que muitos dos HOCs são altamente tóxicos, resultando em perturbações endócrinas, efeitos cancerígenos, mutagênicos e imunotóxicos no organismo humano.

Conforme apontado pela ONU (2021), a totalidade do impacto na saúde humana ainda não foi completamente compreendida, uma vez que as pesquisas estão em estágio inicial. No entanto, Almeida (2022) adverte que os microplásticos podem conter produtos químicos prejudiciais que, quando incorporados ao corpo humano, podem causar câncer, mutações no DNA, efeitos tóxicos na reprodução, disrupção hormonal e afetar principalmente órgãos internos como fígado, rins, coração, sistema nervoso e sistema reprodutivo.

Diante desse cenário, foram estabelecidas metas para controlar e mitigar a contaminação global, iniciativa que teve início em 2015 com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Esta agenda compreende os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), os quais abrangem 19 metas e 230 indicadores a serem alcançados ao longo de 15 anos. Apresenta como objetivo principal incentivar a participação e cooperação dos 193 Estados Membros da Assembleia Geral da ONU em questões de importância ambiental, econômica e social (ONU, 2015).

Ao considerar as pesquisas com microplásticos, tendo o objetivo na melhoria da qualidade de vida do homem e do meio ambiente, os objetivos que podem ser associados são: ODS 2, ODS 3, ODS 5, ODS 6, ODS 11, ODS 12 e ODS 14 (Quadro 1).

Quadro 1. Objetivos e metas associados ao desenvolvimento sustentável da zona costeira.

ODS	OBJETIVO	METAS
2. Fome zero e agricultura sustentável	acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição, e promover a agricultura sustentável.	2.1: Até 2030, acabar com a fome e garantir o acesso de todas as pessoas, em particular os pobres e as pessoas em situações vulneráveis, incluindo crianças, a alimentos seguros, nutritivos e suficientes durante todo o ano.
		3.9: Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças causadas por produtos químicos perigosos e poluição e contaminação do ar, água e solo.
3. Saúde e Bem-Estar	assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas as pessoas, em todas as idades.	3.c: Aumentar substancialmente o financiamento da saúde e o recrutamento, desenvolvimento, capacitação e retenção de profissionais de saúde em países em desenvolvimento, especialmente nos países menos desenvolvidos e pequenos estados insulares em desenvolvimento.
		3.d: Reforçar a capacidade de todos os países, em particular os países em desenvolvimento, para alertar, reduzir o risco e gerenciar os riscos da saúde nacional e global.
		3.1: Até 2030, reduzir a taxa global de mortalidade materna para menos de 70 por 100.000 nascidos vivos.
5. Igualdade de Gênero	Alcançar a Igualdade de Gênero e Empoderar Todas as Mulheres e Meninas	5.5: Garantir a participação plena e efetiva das mulheres e a igualdade de oportunidades para liderança em todos os níveis de tomada de decisão na vida política, econômica e pública.
		5.c: Adotar e fortalecer políticas sólidas e legislação aplicável para a promoção da igualdade de gênero e empoderamento de todas as mulheres e meninas em todos os níveis.
	Tornar as Cidades e	11.1: Até 2030, garantir o acesso de todas as pessoas a habitação e serviços básicos adequados e seguros, bem como a melhorar significativamente o transporte público, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade.
		11.3: Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e a capacidade para o planejamento e gestão

11. Cidades e Comunidades Sustentáveis	Assentamentos Humanos Inclusivos, Seguros, Resilientes e Sustentáveis	participativos, integrados e sustentáveis dos assentamentos humanos em todos os países.
		11.6: Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar e gestão de resíduos municipais e de outros tipos de resíduos.
12. Consumo e Produção Sustentáveis	Assegurar padrões de consumo e produção sustentáveis	12.1: Implementar o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com todos os países tomando medidas, e os países desenvolvidos assumindo a liderança, tendo em conta o desenvolvimento e as capacidades dos países em desenvolvimento.
		12.2: Até 2030, alcançar o manejo sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais.

Fonte: Modificado de Nações Unidas Brasil (2023).

3 A POPULAÇÃO RIBEIRINHA E O CONSUMO DA PESCA LOCAL POTENCIALMENTE CONTAMINADA

Conforme divulgado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em sua reportagem sobre o "Dia Mundial do Meio Ambiente" de 2023, estima-se que anualmente entre 19 e 23 milhões de toneladas de resíduos plásticos são despejados em lagos, rios e mares. Essa quantidade equivale aproximadamente ao peso combinado de 2200 Torres Eiffel, o que tem dado abertura para a contaminação de espécies de peixes por todo o mundo.

Segundo Ory *et al.*, (2018), a indústria da pesca e aquicultura vem sendo afetada, pela redução em número de organismos e espécies, gerando perdas econômicas e ecológicas ainda não dimensionadas. O contato direto e constante com MPs gera a diminuição do estoque pesqueiro, influenciando a população que sobrevive no entorno de ambientes contaminado, o que pode estar ocorrendo com a população que reside no entorno do Distrito Industrial de São Luís.

Silva (2012), afirmou que as instalações da ALUMAR atraiu trabalhadores e grileiros e que, a partir dos anos 70, a ocupação se intensificou. Cavalcante (2016), define a área desse complexo como um reduto de conservação dos principais ecossistemas que ainda engloba um sistema de vida dos povos tradicionais, isto é, pescadores artesanais e agroextrativistas.

Assim, o consumo de peixes contaminados por microplásticos no Rio dos Cachorros pode estar sendo realizado pela comunidade do entorno, causando uma grande preocupação,

visto que segundo Santos (2015), cerca de 58% desta população não tem acesso ou possuem dificuldade para acessar serviços de saúde.

REFERENCIAS

ALMEIDA, M. A. A. L. S. Análise semiquantitativa de microplásticos na água de torneira na cidade de Brasília - Distrito Federal. 2021. 61 p. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

ALMEIDA, M. A.; SILVA, I. C. A.; VIEIRA, A. A.; MAIA, A. C. R. PLÁSTICOS NOS AMBIENTES

MARINHOS: uma real ameaça à vida dos mamíferos marinhos. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 15,12,, Anais [...].

Muzambinho: IFSULDEMINAS, 2023. Disponível em:

<https://josif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/view/1652/585> Acesso em: 17 de junho de 2024.

ALVAREZ, L. D. G.; JESUS, F. B.; COSTA, A. P. L.; BASTOS, L. E. F.; SOUSA, D, A. M.; SILVA,

D, G. Efeitos dos microplásticos no meio ambiente: um macroproblema emergente. RECyT, n. 33, p. 100-107, 2020.

ARAUJO, D. G. Avaliação dos efeitos de pellets e polímeros, oxi-biodegradável e hidrossolúvel, em ambientes marinhos utilizando sedimento marcado e mexilhões da espécie *Mytella charruana*. 2022. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

ATHAPATHTHUA, A. M. A. I. K.; THUSHARIA, G. G. N.; Diasa, P. C. B.; ABEYGUNAWARDENAA, A. P.; EGODAUYNANAA, K. P. U. T.; LIYANAGEA, N. P. P.; PITAWALAB, H. M. J. C.; SENEVIRATHNAA, J. D. M. Plastics in surface water of southern coastal belt of Sri Lanka (Northern Indian Ocean): Distribution and characterization by FTIR. Marine pollution bulletin, v. 161, p. 111750, 2020.

BARNES, D. K. A.; GALGANI, F.; THOMPSON, R. C., BARLAZ, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, n. 364, pp. 1985– 1998, 2009a.

BARNES, D. K. A.; GALGANI, F.; THOMPSON, R. C.; BARLAZ, M. Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1526, p. 1973-1976, 2009b.

BRAHNEY, J.; HALLERUD, M.; HEIM, E.; HAHNENBERGER, M.; SUKUMARAN, S. Plastic rain in protected areas of the United States. *Science*, v. 368, n. 6496, p. 1257-1260, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana: Plano de Combate ao Lixo no Mar [recurso eletrônico] / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, Coordenação-Geral de Gerenciamento Costeiro. Brasília, DF: MMA, 2019. 40 p.

BRINK, P. T.; KETTUNEN, M.; WATKINS, E. Expert group on green and circular economy in the outermost regions: final report. For DG Regional and Urban Policy, European Commission, 2017.

CAIXETA, D.; MORAIS, E. Panorama mundial de produção de plástico e estratégias de degradação. *Enciclopedia Biosfera*, v. 19, n. 39, 2022.

CAVALCANTE, L. P. A. Estudo da qualidade físico-química e microbiológica das águas do rio dos cachorros na comunidade do taim. 2016. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

CLARO, F.; FOSSI, M. C.; IOAKEIMIDIS, C.; BAINI, M.; LUSHER, A. L.; MCFEE, W.; GALGANI, F. Tools and constraints in monitoring interactions between marine litter and megafauna: Insights from case studies around the world. *Marine Pollution Bulletin*, v. 141, n 1,

p. 47–160, 2019.

COLE, M.; LINDEQUE, P.; HALSBAND, C.; GALLOWAY, T.S. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, v. 62, n. 12, p. 2588-2597, 2011.

DERRAIK, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, v. 44, n. 9, p. 842-852, 2002.

ELÍAS, R. Mar del plástico: una revisión del plástico en el mar. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, n. 27, 83-105 p. 2015.

ERIKSEN, M.; LEBRETON L. C. M.; CARSON, H. S.; THIEL, M. ; MOORE, C. J.; BORERRO, J.

C.; GALGANI, F.; RYAN, P. G.; REISSER, J. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS one*, v. 9, n. 12, p. e111913, 2014.

FENDALL, L. S.; SEWELL, M. A. Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine pollution bulletin*, v. 58, n. 8, p. 1225-1228, 2009.

FLETCHER, S.; MARCH, A. L. A.; ROBERTS, K.; SHIRIAN, Y.; CANALS, L. M.; CAIRNS, A.;

LEFORT, P.; MESO, A.; RAINE, A. D.; SMAGADI, A.; STONE, S.; TONDA, E.; FUENTE, J.;

KOSKELLA, J.; BOVE, A. T.; BOON, E.; BASS, A. Turning off the Tap: How the world can end plastic pollution and create a circular economy. United Nations Environment Programme, 2023.

FRANÇA, D.; CHIREGATO, C. G.; ULRICH, G. D.; VELOSO, H. B.; MESSA, L. L.; ANGELO, L.

M.; PEREIRA, T. S.; FAEZ, R. As faces do plástico: uma proposta de aula sobre sustentabilidade. São Paulo-SP: *Revista Quím. nova escola*, v. 43, n. 3, p. 277-286, 2022.

FRIAS, J. P. G. L.; NASH, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine pollution bulletin*, v. 138, p. 145-147, 2019.

GALL, S. C.; THOMPSON, R. C. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, v. 92, n. 1, p. 170–179, 2015.

GASPERI, J.; DRIS, R.; BONIN, T.; ROCHER, V.; TASSIN, B. Assessment of floating plastic debris in surface water along the Seine River. *Environmental pollution*, v. 195, p. 163-166, 2014.

GREGORY, M. R. Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical transactions of the royal society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1526, 2009.

HEIP, C.; HUMMEL, H.; AVESAATH, P. V.; APPELTANS, W.; ARVANITIDIS, C.; ASPDEN, R.; AUSTEN, M.; BOERO, F.; BOUMA, T.J.; BOXSHALL, G.; BUCHHOLZ, F.; CROWE, T.; DELANEY, A.; DEPREZ, T.; EMBLOW, C.; FERAL, J.P.; GASOL, J.M.; GOODAY, A.; HARDER, J.; IANORA, A.; KRABERG, A.; MACKENZIE, B.; OJAVEER, H.; PATERSON, D.; RUMOHR, H.; SCHIEDEK, D.; SOKOLOWSKI, A.; SOMERFIELD, P.; SOUSA PINTO, I.; VINCX, M.;

WEŚŁAWSKI, J.M.; NASH, R. *Marine biodiversity and ecosystem functioning*. Dublin: Printbase, 2009. 100 p.

HERNANDES, C. C. G. COVID e meio ambiente: levantamento bibliográfico de aspectos ambientais no contexto da pandemia. 2023. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2023.

fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, n. 364, pp. 1985– 1998, 2009a.

ISLAM, T.; LI, Y.; ROB, M.M.; CHENG, H. Microplastic pollution in Bangladesh: research and management needs. *Environmental Pollution*, v. 308, p. 119697, 2022.

JAMBECK J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, v. 347, p. 768 771, feb. 2015.

KAISER, D.; KOWALSKI, N.; WANIEK, J. J. Effects of biofouling on the sinking behavior of microplastics. *Environmental research letters*, v. 12, n. 12, p. 124003, 2017.

KHALID, N.; AQEEL, M.; NORMAN, A.; HASHEM, M.; MOSTAFA, Y. S.; ALHAITHLOUL, H.

A. S.; ALGHANEM, S. M. Linking effects of microplastics to ecological impacts in marine environments. *Chemosphere*, v. 264, p. 128541, 2021.

KILIÇ, E.; YÜCEL, N.; ŞAHUTOĞLU, S. M. First record of microplastic occurrence at the commercial fish from Orontes River. *Environmental Pollution*, v. 307, p. 119576, 2022.

KLEMEŠ, J. J.; FAN, Y. V.; TAN, R. R.; JIANG, P. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 127, p. 109883, 2020.

KOWALSKI, N.; REICHARDT, A. M.; WANIEK, J. J. Sinking rates of microplastics and potential implications of their alteration by physical, biological, and chemical factors. *Marine pollution bulletin*, v. 109, n. 1, p. 310-319, 2016.

MAK, C. W.; TSANG, Y. Y.; LEUNG, M. M. L.; FANG, J. K. H.; CHAN, K. M. Microplastics from effluents of sewage treatment works and stormwater discharging into the Victoria Harbor, Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, v. 157, p. 111181, 2020.

MANZANO, A. B. Distribuição, taxa de entrada, composição química e identificação de fontes de grânulos plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil. 2009. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências)

- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MARTINS, G. R.; RODRIGUES, E. J. R; TAVARES, M. I. B. Revisão da literatura sobre os eventos de degradação e adsorção em microplásticos primários e secundários. CIS-Conjecturas Inter Studies, v. 23, n. 1, p. 368-390, 2023.

MILOLOŽA, M.; BULE, K.; UKIĆ, Š.; CVETNIĆ, M.; BOLANČA, T.; KUŠIĆ, H.; BULATOVIĆ, V. O.; GRGIĆ, D. K. Ecotoxicological determination of microplastic toxicity on algae *Chlorella* sp.: response surface modeling approach. Water, Air, & Soil Pollution, v. 232, p. 1-16, 2021.

MILOLOŽA, M.; CVETNIĆ, M.; GRGIĆ, D. K.; BULATOVIĆ, V. O.; UKIĆ, S.; ROGOŠIĆ, M.; DIONYSIOU, D. D.; KUŠIĆ, H.; BOLANČA, T. GRGIC . Biotreatment strategies for the removal of microplastics from freshwater systems. A review. Environmental chemistry letters, v. 20, n. 2, p. 1377- 1402, 2022.

MIZOGUCHI, I. H. Os desafios do plástico e cenários para o futuro. 2019. 69 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

MONTAGNER, C. C.; DIAS, M. A.; PAIVA, E. M.; VIDAL, C. Microplastics: environmental occurrence and analytical challenges. Química Nova, v. 44, p. 1328-1352, 2021.

NELMS, S. E.; DUCAN, E . M.; BRODERICK, A. C.; GALLOWAY, T. S; GODFREY, M. H; HAMANN, M. LINDEQUE, P. K, DODLEY, B. J. Plastic and marine turtles: a review and call for research. ICES Journal of Marine Science, v. 73, n. 2, p. 165-181, 2016.

NIZZETTO, Luca; FUTTER, Martyn; LANGAAS, Sindre. Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? Environmental Science & Technology, v. 50, n. 20, p. 10777-10779, 2016.

NOBRE, A.; SOUSA, D. Microplásticos: um Mega problema. Correio do Minho, v. 10, p. 23, 2022.

ONU Brasil - Organização das Nações Unidas Nações Unidas do Brasil. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> Acesso em: 14 de abril de 2024

ONU - Organização das Nações Unidas. Dia do meio ambiente: solutions to plastic pollution. 2023. Disponível em: <https://www.un.org/en/observances/environment-day> . Acesso em: 23 de Maio de 2014.

ONU - Organização das Nações Unidas. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development; Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015.

ORY, N. C.; GALLARDO, C.; LENZ, M.; THIEL, M. Capture, swallowing, and egestion of microplastics by a planktivorous juvenile fish. *Environmental pollution*, v. 240, p. 566-573, 2018.

PROKIĆ, M. D.; RADOVANOVIĆ, T. B.; GAVRIĆ, J. P.; FAGGIO, C. Ecotoxicological effects of microplastics: Examination of biomarkers, current state and future perspectives. *TrAC Trends in analytical chemistry*, v. 111, p. 37-46, 2019.

REZANIA, S.; PARK, J.; DIN, M. F. M.; TAIB, S. M.; TALAIEKHOZANI, A.; YADAV, K. K.; KAMYAB, H. Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: A review of recent studies. *Marine pollution bulletin*, v. 133, p. 191-208, 2018.

RIBEIRO, R. F. C. Efeitos de nanoplásticos, isoladamente e em mistura com dicromato de potássio, no crescimento da microalga *Chlorella vulgaris*. 2022. 71 p. Dissertação (Mestrado em Toxicologia e Contaminação Ambientais) – Universidade do Porto, Porto, 2022.

SAMANDRA, S.; JOHNSTON, J. M.; JAEGER, J. E.; SYMONS, B.; XIE, S.; CURRELL, M.; ELLIS, A. V.; CLARKE, B. O. Microplastic contamination of an unconfined groundwater aquifer in Victoria, Australia. *Science of the Total Environment*, v. 802, p. 149727, 2022.

SANTOS, D. C. C. Bacia Hidrográfica do Rio Dos Cachorros: população, saúde e ambiente. 2015. 89 p. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2015.

SILVA, P. R. M. E. Estudo da potabilidade das águas do poços artesianos, cacimba e caixas d'água com levantamento sócio-econômico e ambiental da comunidade do Taim. Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA, 2012.

TARDIM, Ana Carolyna Chagas; ALMADA, Eliliane Vasconcelos Corrêa. O impacto da pandemia de COVID-19 na geração de resíduos sólidos. Meio Ambiente (Brasil), v. 4, n. 2, 2022.

WRIGHT, S. L.; KELLY, F. J. Plastic and human health: a micro issue?. Environmental science & technology, v. 51, n. 12, p. 6634-6647, 2017.

ZHANG, Y.; WU, H.; XU, L.; LIU, H.; AN, L. Promising indicators for monitoring microplastic pollution. Marine Pollution Bulletin, v. 182, p. 113952, 2022.

ZHOU, G.; WANG, Q.; ZHANG, J.; LI, Q.; WANG, Y.; WANG, M.; HUANG, X. Distribution and characteristics of microplastics in urban waters of seven cities in the Tuojiang River basin, China. Environmental Research, v. 189, p. 109893, 2020.

III. CAPÍTULO II

ASSESSMENT OF MICROPLASTICS IN THE DIGESTIVE TRACT OF SPECIES OF FISHES AROUND THE ITAQUI PORT COMPLEX, SÃO LUÍS, STATE OF MARANHÃO, BRAZIL

Carvalho, M. R.^a, Teixeira, A. F.^{ab}, Dias, L. N.^{ab}, Nascimento, S. P.^b, Azevedo, J. W. J.^{ab}, Silva, M. H. L.^{ab}, Castro, A. C. L.^{abc}

^a Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, Brazil.

^b Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, Brazil.

^c Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, Brazil.

Abstract

Microplastics are particles with sizes less than 5 mm found in the environment in the form of fibers of diverse colors, pellets, and fragments from a variety of sources related to human activities. The ingestion of these contaminants is the object of broad discussions on the harm caused to humans and other animals, especially aquatic organisms. The aim of the present study was to investigate the occurrence of microplastics in three fish species belonging to different trophic levels: *Sciades herzbergii* (Pemecou sea catfish), *Cynoscion acoupa* (Acoupa weakfish), and *Mugil curema* (white mullet). One hundred eleven specimens were analyzed. Processing of the samples consisted of the dissolution of the soft tissues of the digestive tract in 10% potassium hydroxide solution, followed by filtration and examination under an optical microscope. Microplastics were found in 100% of the individuals analyzed, with a greater presence of the contaminant in the dry season and in females. These findings are of considerable importance to the environmental monitoring of the coastal community and the city of São Luís in the state of Maranhão, Brazil.

Keywords: Contamination, Plastic, Food Safety, Aquatic Pollution, Environmental Monitoring, Aquatic Ecosystem.

1. Introduction

Plastics are widely used on a global scale and constitute a continuous presence in the daily lives of millions of people. The term "plastics" encompasses the characteristics of plasticity and a variety of synthetic organic polymers predominantly derived from petroleum (García-Regalado; Herrera; Almeda, 2024).

The associated environmental problem is due to the low degradation rate of plastics, which can take hundreds of years (Barceló; Pico, 2019). Plastics break down into fragments and generate pollution in the form of microplastics (MPs), which are defined as particles measuring between 100 nm and 5 mm (Adaro *et al.*, 2024).

Determining the effects of MPs in aquatic environments is necessary due to the consumption of seafood by the population, which can pose harm to human health (Siddique, 2024). The assimilation of MPs in the bodily systems of marine fishes is directly related to the extent of environmental contamination and the quantity of available food sources (Siddique *et al.*, 2022).

The city of São Luís – capital of the state of Maranhão, Brazil – has intense port activities and a high population density (Pinheiro-Sousa *et al.*, 2021). These two aspects exert an influence on the Cachorros River, where the local community depends on fishing for subsistence. The investigation of microplastics in this location is needed to assess the impact on fish species and possible human contamination in river communities.

Therefore, the aim of the present study was to identify the presence of microplastics in *Sciades herzbergii* (Pemecou sea catfish), which is a demersal omnivorous, abundant in shallow coastal waters with a muddy bottom, *Cynoscion acoupa* (Acoupa weakfish), which is a piscivore of the family *Sciaenidae* found in tropical and subtropical waters of the Atlantic coast of South America, and *Mugil curema* (white mullet), which is a widely distributed coastal pelagic fish with detritivorous habits (Araujo, 1988; Matos and Lucena, 2006; Carvalho, 2024). These species are found in marine and estuarine environments, have high commercial value (Isaac, 1995), and occupy different trophic levels, reflecting potential contamination by MPs in distinct compartments of the aquatic environment.

2. Material and Methods

2.1. Study area

The study was conducted in the area of influence of the Itaqui Port Complex, specifically in tidal channels located in the Coqueiros Strait and Cachorros River in the central region of the Gulf of Maranhão (Figure 1). Coqueiros Strait is a vast natural channel 16 km in length that connects Arraial Bay to São Marcos Bay and separates São Luís Island from Tauá-Mirim Island (Porto, 1983). Cachorros River empties into Coqueiros Strait after running its 7.38-km course. The region has tidal ranges that reach up to seven meters, which results in the significant invasion of marine waters onto the mainland (Fushimi; Oliveira, 2020), causing the formation of broad expanses of muddy sediments, on which a dense belt of mangroves develops, predominating along the banks of the estuarine environment (Castro, 1986). The area is also strongly impacted by the Industrial District of São Luís, which is home to more than 100 large, medium-sized, and small enterprises, and occupies approximately 28.39% of the area of the city of São Luís (Ferreira et al., 2024).

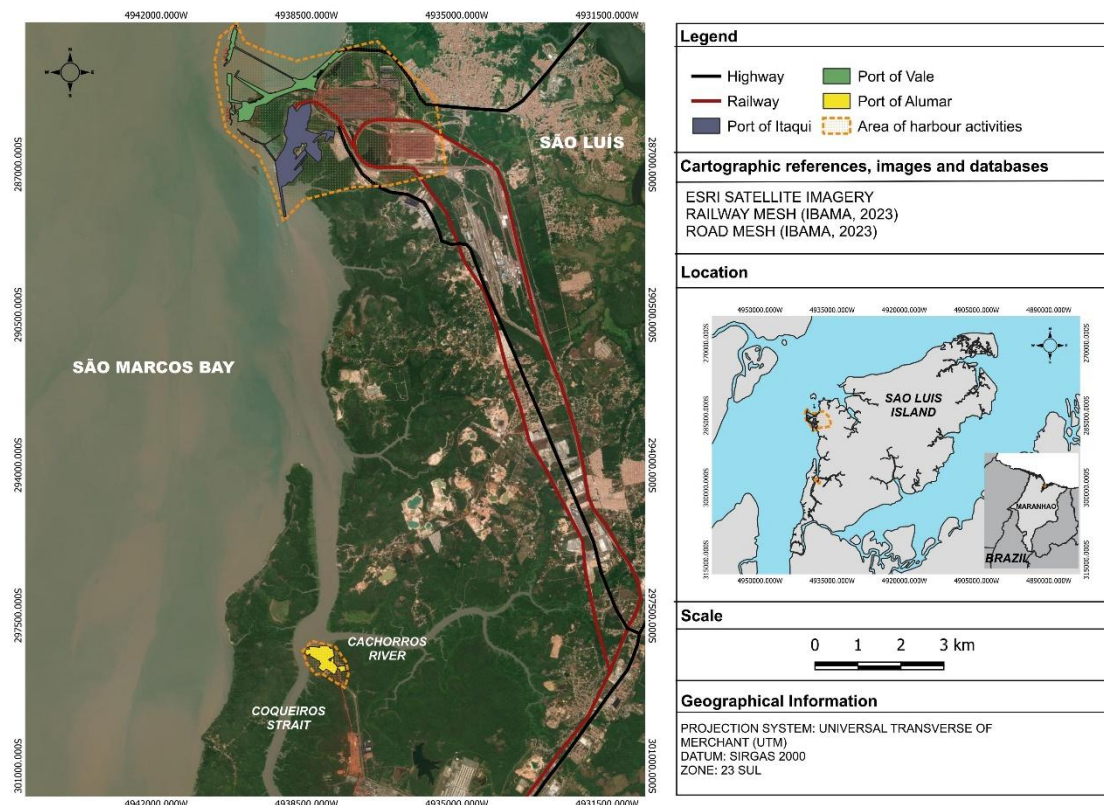


Figure 1. Map of Maranhão Island, highlighting São Marcos Bay, Cachorros River, Coqueiros Strait and areas of harbour activities.

Sampling

Sampling was performed in the rainy (June/2023) and dry (December/2023) periods in tidal channels located in the area of influence of the São Luís Port Complex. Specimens of *Sciades herzbergii*, *Cynoscion acoupa*, and *Mugil curema* were caught during each collection using netting with 35-mm mesh between opposite knots and with a length ranging from 40 to 50 meters. Sampling took place during neap tide with a standard fishing effort of six hours, covering the entire cycle of the ebb tide. During the first sampling, 20 *Sciades herzbergii*, 20 *Cynoscion acoupa*, and 11 *Mugil curema* were collected. In the second sampling, 20 specimens of each species were collected, totaling 111 fish. After capture, the specimens were packed in ice chests and sent to the Laboratory of Ichthyology and Fishery Resources (LABIRPesq) of the Federal University of Maranhão.

Quality control assurance

Prior to work with the captured specimens, the laboratory was carefully prepared

to avoid the contamination of the samples, involving cleaning with alcohol and the avoidance of contact with plastic. The room was kept closed at all times, restricting the entrance and exit of individuals. The researchers exclusively wore 100% cotton clothing and lab coats. All materials with the potential for contamination, especially those made of plastic, were removed from the laboratory, ensuring that only metal materials were used. All benches and utensils, such as tweezers, scissors, scalpels, glass jars, and trays, were cleaned with distilled water, followed by disinfection with 70% alcohol. Thus, the laboratory was duly prepared for the removal of the digestive tract of the specimens.

Data processing

In the laboratory, the specimens were thawed until reaching room temperature, followed by biometric measurements (size and weight). A longitudinal incision was made in the ventral region for the removal of digestive tract and subsequent gonadal classification, following the method established by Vazzoler (1996).

For the processing of samples, the method described by Dhimmer (2017) and Foekema (2013) was applied, with specific adjustments. Each digestive tract was weighed individually and then placed into glass recipients previously sterilized with distilled water and alcohol. The digestion procedure consisted of the dissolution of soft tissues using a 10% potassium hydroxide solution. The solution was placed into the glass recipients, which were then covered with aluminum foil.

After a period of seven days of dissolution, the samples were filtered with the aid of vacuum pump in a GF-3 Macherey-Nagel glass microfilter (0.6 μ m). The filters were dried in a laboratory oven at 60°C for 24 hours, followed by examination with the aid of an ocular magnifying glass and optical microscope. Most MPs encountered were photographed and documented.

Data analysis

All data were entered onto spreadsheets of Microsoft Office Excel (version 2021) for comparisons of size, weight, and the presence of MPs. Fish health was investigated using Fulton's condition factor, with changes. This method relates weight and length and is demonstrated in Equation 1, in which K is the condition factor, W is total weight in grams, and L is length in centimeters (NASH *et al.*, 2006).

Equation 1: Fulton's condition factor

$$K = \frac{W}{L^3}$$

Fulton's condition factor is used to indicate fish health. A K value of 1 indicates a healthy fish, $K < 1$ indicates underweight, and $K > 1$ indicates overweight (Vries *et al.*, 2020). Equation 2 was used to adapt this factor to one of the species of interest (*Sciades herzbergii*):

$$SH = \frac{(HI.K + LO.K)}{2}$$

in which SH is the condition factor of the Pemecou sea catfish, HI.K is the highest K value and LO.K is the lowest K.

Values above and below the healthy value found for SH were considered indicative of overweight and underweight individuals, respectively. After the differentiation proposed by the Fulton methods, each species was subdivided into two groups taking into consideration the health state and concentration of microplastics. The division of the groups was performed based on the first specimen considered healthy. The following condition factors were adopted: $K = 0.80$ for the Pemecou sea catfish, $K = 0.89$ for the Acoupa weakfish, and $K = 1.00$ for the white mullet. Thus, it was possible to investigate the association between the physical condition of the fishes and the concentration of microplastics. The Student's t-test and Analysis of Variance (ANOVA) were used for data with normal distribution and nonparametric tests (Mann-Whitney and Kruskal-Wallis) were used for data with non-normal distribution for the comparison of quantities of MPs among the individuals analyzed and their morphometric characteristics as a function of sex and seasonality. All data were treated with the aid of the PAST free software.

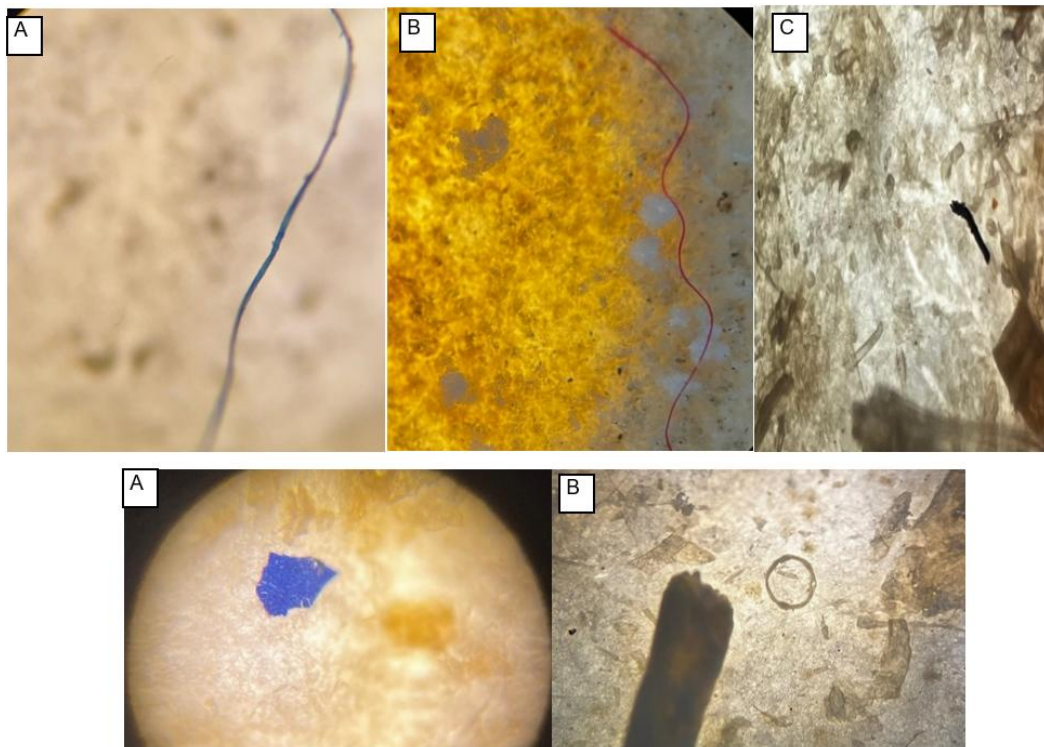
3. Results

Microplastics (MPs) were identified in all specimens analyzed. The MPs were classified as fibers (blue, black, and red), fragments, and pellets (Figures 2 and 3).

Figure 2. Fiber-type microplastics found in fishes caught in Cachorros River. A – blue fiber, B – red fiber,

144

C – black fiber, , D – Fragment and E– Pellet

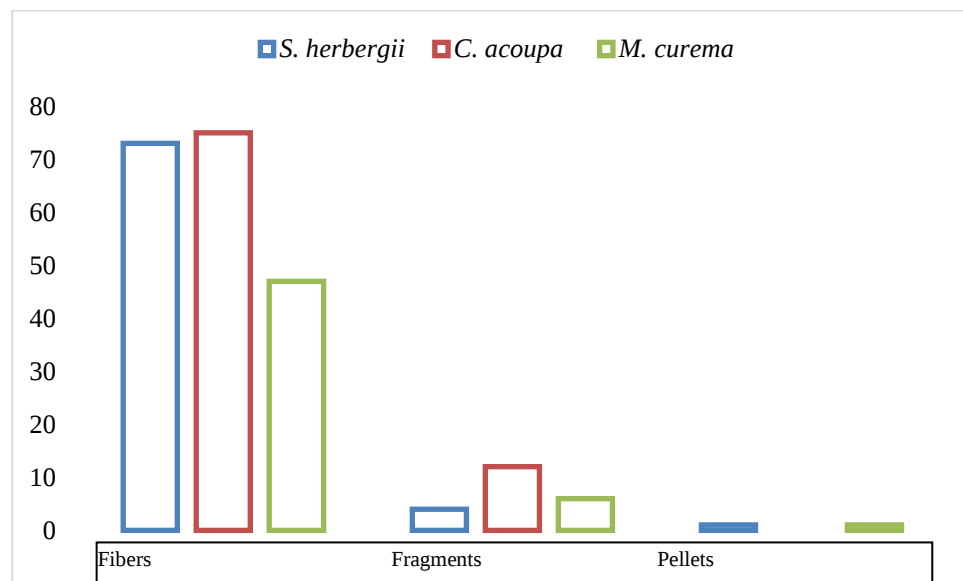


145

146

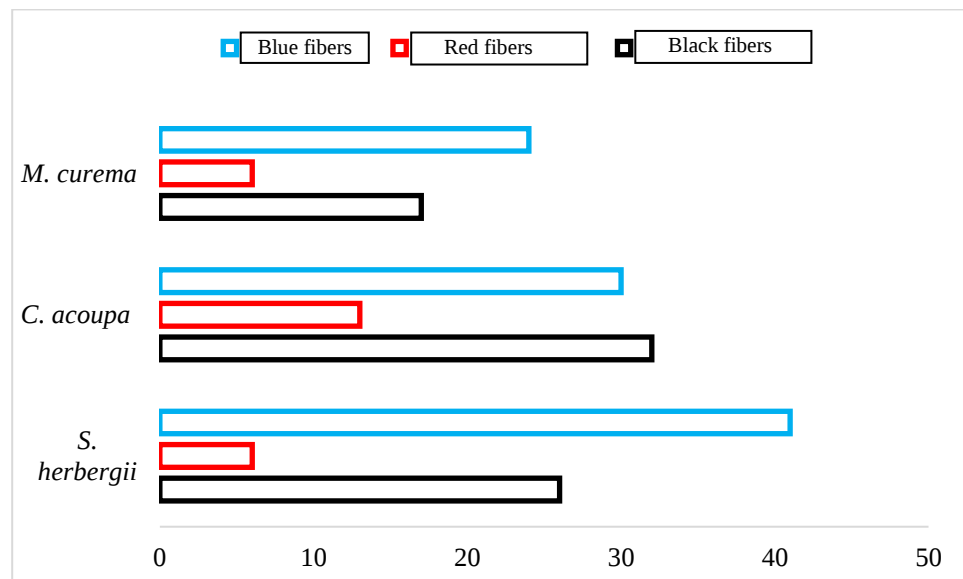
147 A total of 219 MPs were identified during the first sampling campaign and 351
 148 were identified during the second campaign. In the rainy period, 78 MPs were found in
 149 *S. herzbergii*, 94% of which were identified as fibers, with a predominance of blue fibers
 150 (56%), followed by black fibers (36%) and red fibers (8%), 5% were identified as
 151 fragments, and 1% were pellets (Figures 3 and 4).

152 Figure 3. Quantity of microplastics found in digestive tract of *Sciades herzbergii*, *Cynoscion acoupa*, and
Mugil curema caught in June 2023 in Cachorros River, São Luís, Maranhão, Brazil



153

Figure 4. Quantity of fibers found in digestive tract of *Sciades herzbergii*, *Cynoscion acoupa*, and *Mugil curema* caught in June 2023 in Cachorros River, São Luís, Maranhão, Brazil



A greater quantity of fibers was also found in the dry season (100 fibers), accounting for 69.62% of all MPs. Among the fibers, 58.18% were blue, 28.18% were black, and 13.63% were red. Among all MPs found, 28% were fragments and 1.9% were pellets (Figures 5 and 6).

Figure 5. Quantity of microplastics found in digestive tract of *Sciades herzbergii*, *Cynoscion acoupa*, and *Mugil curema* caught in December 2023 in Cachorros River, São Luís, Maranhão, Brazil

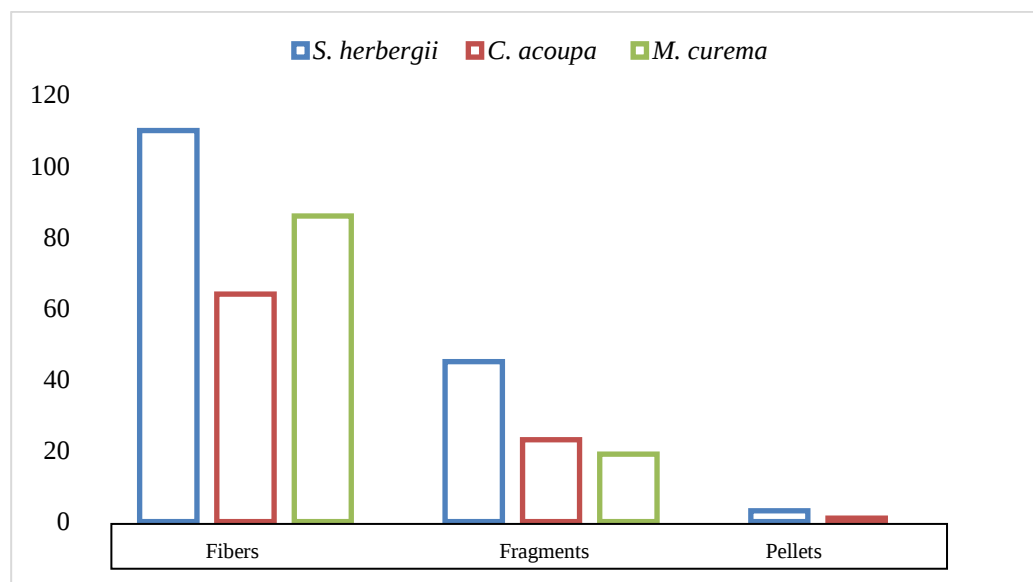
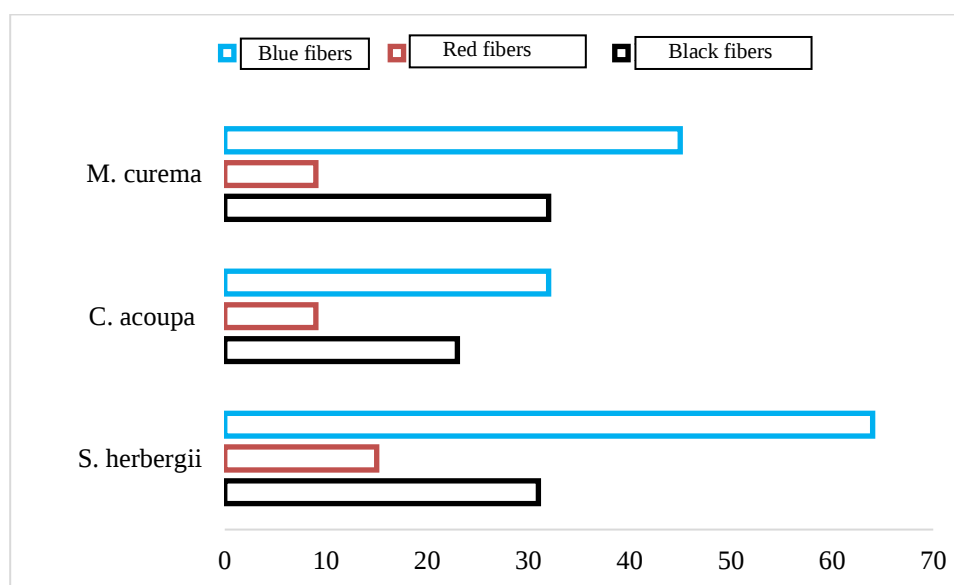


Figure 6. Quantity of fibers found in digestive tract of *Sciades herzbergii*, *Cynoscion acoupa*, and *Mugil*

167 *curema* caught in December 2023 in Cachorros River, São Luís, Maranhão, Brazil



168

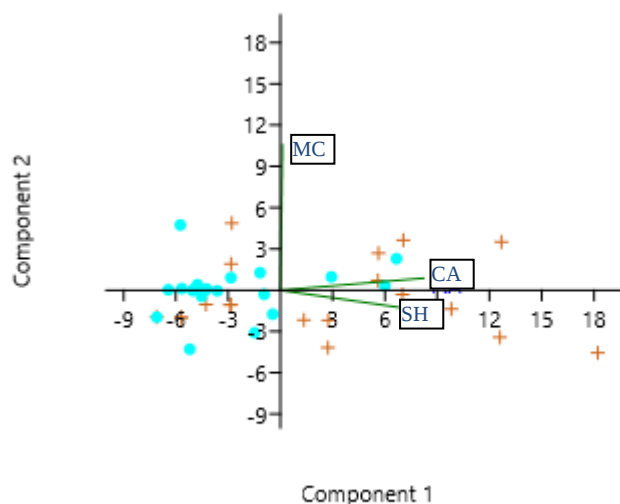
169 For *S. herbergii*, a significant increase in the quantity of microplastics was found
 170 from the rainy period (total MPs = 78) to the dry season (total MPs = 158). The t-test
 171 revealed a statistically significant difference in the concentration of MPs in the specimens
 172 between the rainy and dry seasons ($t = 3.2614$; $p = 0.0031$), confirming a greater
 173 concentration of MPs in the dry period for this species.

174 In *C. acoupa*, 87 MPs were recorded during the first sampling campaign, 86% of
 175 which were fibers and 14% were fragments. No pellets were found in this species in the
 176 rainy period. Among the fibers, 43% were black, 40% were blue, and 17% were red.
 177 Eighty-eight MPs were identified during the second campaign, 72.73% of which were
 178 classified as fibers (50% blue fibers, 35.94% black fibers, and 14.07% red fibers), 26.14%
 179 were classified as fragments, and 1.14% were pellets. No significant difference in the
 180 concentration of MPs was found in this species between the dry and rainy periods ($U =$
 181 152.5 ; $p=0.1995$).

182 In specimens of *M. curema*, 54 MPs were identified during the first campaign,
 183 87% of which were fibers, 11% were fragments, and 2% remained in the form of pellets.
 184 Among the fibers, 51% were classified as blue, 36% were black, and 13% were red. One
 185 hundred five MPs were found in the second campaign, 81.90% of which were fibers
 186 (52.33% blue, 37.21% black, and 10.47% red) and 18.10% were fragments. No pellets
 187 were found in this species in the dry period and no significant difference in the
 188 concentration of MPs was found between the dry and rainy periods in this species ($U =$
 189 103.5 ; $p=0.802$).

Multivariate analysis with the use of ordination and the employment of principal component analysis (PCA) revealed a greater concentration of MPs in the dry period compared to the rainy period considering all MPs found. Species with a greater quantity of MPs compared to the others were identified, as demonstrated by ANOSIM ($p = 0.0143$; $R = 0.1197$). The application of SIMPER analysis (dissimilarity = 66.66%) revealed that the groups of means with the greatest difference were those of the white mullet in both seasons and the *Acoupa* weakfish and *Pemecou* sea catfish in the dry season, demonstrating a strong relationship between the presence of MPs and the dry season.

Figure 7. PCA demonstrating affinity of species with dry and rainy periods M.C = *Mugil curema*, C.A = *Cynoscion acoupa*, S.H = *Sciades herzbergii*.



The biometric data of the three species caught during the first campaign are displayed in detail in Table 1. For *S. herzbergii*, 90% of the individuals were females and only 10% were males, with 60% classified as adults and 40% juveniles. For *C. Acoupa*, 95% of the individuals were females and only 5% were males, with the majority (80%) juveniles and the remaining 20% adults. For *M. curema*, 18.18% were identified as females, an equal proportion was identified as males, and the sex of the remaining specimens was not identified, with 27.27% classified as juveniles and 9.09% as adults, whereas 63.64% could not be categorized.

Table 1. Biometric data of *Sciades herzbergii*, *Cynoscion acoupa*, and *Mugil curema* caught in June 2023 in Cachorros River, São Luís, Maranhão, Brazil, (Lt: total length; Wt: total weight; Wd: weight of digestive

tract)

Species	Lt (cm)			Wt (g)			Wd (g)		
	mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max
<i>Sciades herzbergii</i>	24.8	21.5	32.3	120.57	67.52	264.21	5.14	1.84	9.84
<i>Cynoscion acoupa</i>	33.4	25.3	50.6	357.58	146.56	1022.45	7.40	2.96	15.37
<i>Mugil curema</i>	17.7	13.8	23.3	59.69	25.18	126.55	1.54	0.39	2.87

Females also predominated in the second sampling campaign. For *S. herzbergii*, 65% were females and 35% were males, with 5% juveniles and 95% adults. For *C. acoupa*, 72.7% were identified as females and 27.3% were males, with 54.5% juveniles and 45.5% adults. For *M. curema*, 25% were females, 45% were males, and 30% were not identified, with 60% juveniles, 10% adults, and 30% not identified (Table 2).

Table 2. Biometric data of *Sciades herzbergii*, *Cynoscion acoupa*, and *Mugil curema* caught in December 2023 in Cachorros River, São Luís, Maranhão, Brazil, (Lt: total length; Wt: total weight; Wd: weight of digestive tract)

Species	Lt (cm)			Wt (g)			Wd (g)		
	mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max
<i>Sciades herzbergii</i>	33.7	21.9	42.9	371.97	195.02	686.24	12.15	4.4	29.99
<i>Cynoscion acoupa</i>	36.3	14.5	47.5	432.84	29.90	784.20	8.55	1.03	34.85
<i>Mugil curema</i>	23.5	21.3	26.5	127.30	91.89	171.53	4.29	1.46	7.76

Among the specimens of *S. herbergii*, no significant difference in the concentration of MPs was found between males and females ($U = 933,5$; $p = 0.8443$) and no significant difference was found in males between the rainy and dry seasons ($U = 27$; $p = 0.0833$). In contrast, a significant difference between seasons was found for females ($U = 448$; $p = 0.0415$), with a greater concentration of MPs in the digestive tract in the dry period. Moreover, a greater concentration of MPs was found in the digestive tract of females in a more advanced gonadal stage ($U = 17$; $p = 0.003$).

For *C. acoupa*, a comparison of the concentration of MPs in males in the different

seasons was not feasible due to the small number of males. In females, no significant difference was found between the dry and rainy periods ($U = 103.5$; $p = 0.2861$). Likewise, no significant difference was found in the concentration of MPs between sexes, as the number of males was insufficient for a reliable analysis ($U = 106$; $p = 0.7465$).

For *M. curema*, the comparison of concentration of MPs between seasons was not possible due to the difficulty in identifying the gonadal stage in the majority of specimens collected. Moreover, no significant difference was found in the concentration of MPs between males and females ($U = 32$; $p = 0.58$).

In terms of fish health determined using Fulton's condition factor (K) during the first sampling campaign, 80% of the *S. herzegii* specimens were classified as underweight, 15% were classified as overweight, and only 5% were classified as healthy. For *C. acoupa*, 80% of the individuals were classified as underweight, 15% were healthy, and 5% were overweight. For *M. curema*, 55% of the specimens were healthy, 36% were underweight, and 9% were overweight.

In the second sampling campaign, 90% of the *S. herzegii* specimens were classified as underweight, 5% were classified as overweight, and 5% were considered healthy. For *C. acoupa*, 90% were classified as underweight, 10% were classified as overweight, and no individuals were considered healthy. For *M. curema*, 75% of the specimens were underweight, 36% were healthy, and 5% were overweight.

The statistical analysis indicated that individuals of *S. herbergii* with greater weight had greater concentrations of MPs ($T = 3.18$; $p = 0.03$). A similar result was found in *C. acoupa*, suggesting that heavier individuals accumulate a greater concentration of MPs ($U = 28$; $p = 0.00623$). However, this relationship was not confirmed in *M. curema*, as no significant difference was found ($U = 111$; $p = 0.91854$).

No significant difference in the concentration of MPs was found among the three species ($H = 2.974$; $p = 0.2214$).

4. Discussion

The presence of microplastics (MPs) in all specimens analyzed is a cause of concern with regards to the health of organisms in the environment studied and the consumers of these fishes. This result demonstrates the significant prevalence of these pollutants in the environment, which have been detected in practically all environmental compartments investigated, such as the air, soil, water, and living beings (Dar, 2025). According to Villarrubia-Gómez (2024), more than 11,000 million tons of virgin plastics – composed

of resins, fiber, and fossil fuel additives – were produced between 1950 and 2022, with at least 70% of this production occurring in the period between 2000 and 2022.

Fibers were the predominant type of microplastic found in the present study, most of which were blue, followed in decreasing order by black and red. This is a common finding in studies on microplastics in fishes. Patidar (2024) investigated the presence of microplastics in the gastrointestinal tract of freshwater fishes and found similar proportions of fibers. Studying tunas, Musa (2025) demonstrated a predominance of fibers in the specimens analyzed, accounting for 92% of all MPs encountered. The presence of this type of microplastic in the environment is so common that it is the only type found in some studies, such as that conducted by Santonicola (2024) involving three commercial fish species from the Tyrrhenian Sea, in which exclusively this type of microplastic was found. This occurs due to the origin of this type of microplastic, with the release of fibers from clothes after washing, mask materials as well as the loss of fibers from fishing nets, cables, cages, and other materials used during marine fishing (Li et al., 2023). Thus, fibers constitute the most produced type of microplastic throughout the world due to being a material that has already been modified and is in its marketed form.

However, MPs in the form of fragments and pellets are also quite abundant due to their sources. Polypropylene (PP) and polyethylene (PET) are used in the production of plastic bottles. PP is used to fabricate bottle tops and straws and PET is used to fabricate plastic films, which easily break up into small fragments and are the main materials dispersed in the environment due to the lack of adequate treatment of solid waste (Abbasi, 2023). The low percentage of pellets in the present investigation is compatible with findings described in previous studies in other areas. Analyzing the effects of the ingestion of microplastics in freshwater fishes of the Thames River, United Kingdom, Horton (2018) found a similar distribution – 75% fibers, followed by 22.7% fragments and 2.3% pellets.

During the development of the present study, a greater concentration of MPs was found in the dry period, especially in *S. herbergii*. Carvalho (2025) also found a greater concentration of these pollutants in the dry season in this species, which is explained by its feeding habits. As a fish that feeds on organisms and products on the bottom of rivers, the scarcity of precipitation during the dry period favors the accumulation of MPs in the sediment, resulting in the ingestion of the pollutant. Thus, the greater accumulation found

in *S. herbergii* may be attributed to its benthonic behavior, as its main sources of food are organisms located on the bottom, where MPs tend to accumulate (Ferri Ibañez, 2024). Indeed, Liu (2023) found that the abundance of MPs in the digestive tract of fishes is positively correlated with the abundance in the sediment. Mallik (2025) demonstrated that, due to the fact that the diet of these fishes is mainly composed of shrimps, algae, fishes, and zooplankton, MPs can account for 4.83% of the material ingested, which is quite worrisome, as these materials offer no nutrients.

The greater concentration of MPs in older females may be explained by the phenomenon of biomagnification due to a longer period of life and the gradual accumulation of these materials. This result is consistent with data described Silva (2024), who found the presence of MPs in *Hoplias malabaricus* at a greater concentration in more advanced stages of life. According to Wu (2025), the contamination of the digestive tract with MPs can have an adverse effect on reproductive processes, leading to a decreased production of eggs.

The greater presence of MPs in individuals with greater weight was confirmed in two species (*S. herbergii* and *C. acoupa*) and is due to the greater accumulation of these materials in the stomach resulting from the longer period of life. According to Melo (2024), this phenomenon occurs due to trophic transfer, leading to contamination and accumulation in the organisms involved. Despite this, no significant difference in the concentration of MPs was found among the three species, which may be explained by the fact that contamination is common in various species of fishes irrespective of their feeding habits. The ingestion of the material by organisms is likely influenced by the abundance of MPs in the environment as well as the specific ecological characteristics of each species, although such relationships have rarely been investigated (Lusher et al., 2013; McNeish et al., 2018; Benaires, 2025).

The presence of microplastics in all specimens analyzed is compatible with the results of previous studies, which have shown that the level of pollution in marine sediments is positively correlated with the degree of regional economic development and human activities (Liu et al., 2023). As an area of intense human activity, Cachorros River is located near the private ALUMAR Port and surrounding riverside communities, which are more urbanized due to the proximity of port activities. Moreover, high densities of MPs on the continental shelf of the Amazon are attributed to the proximity of large coastal cities in the region and the dumping of waste into large river basins that empty into the

Atlantic (Rani-Borges et al., 2022; Goddijn-Murphy, 2025). Under such circumstances, contamination constitutes a serious problem for fish stocks, as ingested MPs have the capacity to accumulate in the gastrointestinal tract, causing obstruction, which makes digestion difficult, reduces the appetite, and damages the intestinal mucosa.

The literature indicates that contamination can also affect intestinal permeability, cause inflammation and, simultaneously, consume lipopolysaccharides, increasing the abundance of proteobacteria in fishes, besides compromising the immune, digestive, and reproductive systems. Even with low levels of prolonged exposure in aquatic environments, the presence of MPs is considered harmful to fish, causing serious physiological and behavioral disorders, and can even cause death (Alomar, 2021; Liu et al., 2023; Bhat, 2024; Chen, 2024).

The potential harmful effects of MPs to human health also raise considerable concern due to the bioaccumulation process (Jamal, 2025), since MPs pass through the digestive system and are absorbed by body tissues, resulting in direct contamination by fishes. This is a significant problem, as contact with these pollutants considerably increases the chances of affected individuals developing cancer (Mello, 2025).

5. Conclusion

This study highlighted microplastic contamination in three different species located near a port complex, demonstrating the presence of this contaminant on three trophic levels of the food chain. A greater concentration of MPs was found in the dry season, especially in females. These results raise concerns, indicating the dissemination of this material throughout the environment, which compromises both fish stocks and the communities that depend on fishing activities. The contamination identified reflects a polluted environment, which requires the implementation of adequate measures to ensure a clean, safe space for animals and humans. The persistent chronic contamination by microplastics constitutes an increasing challenge. Despite the existence of public policies directed at reductions in the use of plastic materials through recycling, such policies are not yet sufficient to mitigate the quantity of plastics accumulated in the environment. Improper discard continues to be the major cause of the dispersion of this material, as demonstrated by the results of the present study, which revealed that most particles found in the environment were fibers, mainly originating from clothes and plastic bags.

References

- ABBASI, Ali; SADEGHI, Parvin; ABADI, Zahra Taghizadeh Rahmat. Characterization of microplastics in digestive tract of commercial fish species from the Oman Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 197, p. 115769, 2023.
- ADARO, M. E.; RONDA, A. C. Natural filters of marine microplastic pollution: implications for plants and submerged environments. *Environmental Advances*, v. 16, 2024. doi: 10.1016/j.envadv.2024.100535
- ALOMAR, Carme et al. Microplastic ingestion in reared aquaculture fish: biological responses to low-density polyethylene controlled diets in *Sparus aurata*. **Environmental Pollution**, v. 280, p. 116960, 2021.
- BENAIRES, Kenney D.; YAP-DEJETO, Leni G.; PARILLA, Richard B. Microplastics in commercially sold fish in a coastal city of the Philippine Islands, Western Pacific. **Regional Studies in Marine Science**, v. 82, p. 104025, 2025.
- BHAT, Raja Aadil Hussain; SIDIQ, M. Junaid; ALTINOK, Ilhan. Impact of microplastics and nanoplastics on fish health and reproduction. **Aquaculture**, p. 741037, 2024.
- CARVALHO, Karla; WIDMER, Walter; LIRA, Claudia. Metodologias para quantificação de microplásticos nas águas do rio Cubatão do Sul, Palhoça-Santa Catarina. *Estrabão*, v. 2, p. 210 219, 2021.
- CARVALHO, Marina Rocha de et al. Presence of Microplastics in *Sciades Herzbergii* (Bloch, 1794) Captured in Harbor Areas of the Amazon Coast, Maranhão, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 215, p. 117862, 2025.
- CHEN, Yuxin et al. Impacts of microplastic ingestion on fish communities in Haizhou Bay, China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 480, p. 136067, 2024.
- DAR, Mohd Ashraf et al. Microplastic pollution: A global perspective in surface waters, microbial degradation, and corresponding mechanism. **Marine Pollution Bulletin**, v. 210, p. 117344, 2025.
- FERREIRA, Érika Pereira et al. Alterações na dinâmica territorial do distrito industrial de São Luís–MA e os impactos no modo de vida das comunidades tradicionais.

- 391 OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, v. 22, n. 3, p. e3848-
392 e3848, 2024.
- 393 FERRI IBÁÑEZ, Mireia. Microplásticos como vector de transferencia de hidrocarburos
394 en ostra japonesa (*Magallana gigas*). 2024.
- 395 FRIAS, João PGL; NASH, Roisin. Microplastics: Finding a consensus on the definition.
396 Marine pollution bulletin, v. 138, p. 145-147, 2019.
- 397 GARCÍA-REGALADO, Andrea; HERRERA, Alicia; ALMEDA, Rodrigo. Microplastic
398 and mesoplastic pollution in surface waters and beaches of the Canary Islands: A review.
399 Marine Pollution Bulletin, v. 201, p. 116230, 2024.
- 400 GODDIJN-MURPHY, Lonneke; WOOLF, David; JAMES, Neil A. Patterns and trends
401 in marine microplastics density distributions using a long-term, global, field
402 database. **Marine Pollution Bulletin**, v. 212, p. 117528, 2025.
- 403 HORTON, Alice A. et al. Microplastics in commercial marine fish species in the UK—A
404 case study in the River Thames and the River Stour (East Anglia) estuaries. **Science of**
405 **the Total Environment**, v. 915, p. 170170, 2024.
- 406 HORTON, Alice A. et al. The influence of exposure and physiology on microplastic
407 ingestion by the freshwater fish *Rutilus rutilus* (roach) in the River Thames,
408 UK. **Environmental Pollution**, v. 236, p. 188-194, 2018.
- 409 ISAAC, Victoria J.; BARTHEM, Ronaldo Borges. Os Recursos pesqueiros da Amazônia
410 brasileira. 1995.
- 411 JAMAL, Nilima Tuz et al. Microplastic contamination in some popular seafood fish
412 species from the northern Bay of Bengal and possible consumer risk assessment. **Food**
413 **Control**, v. 171, p. 111114, 2025.
- 414 KARBALAEI, Samaneh et al. Abundance and characteristics of microplastics in
415 commercial marine fish from Malaysia. Marine pollution bulletin, v. 148, p. 5- 15, 2019.
- 416 LI, Yifei et al. Review of research on migration, distribution, biological effects, and
417 analytical methods of microfibers in the environment. **Science of the Total**
418 **Environment**, v. 855, p. 158922, 2023.

- LIU, Ming-Jian et al. Characteristics of microplastic pollution in golden pompano (Trachinotus ovatus) aquaculture areas and the relationship between colonized-microbiota on microplastics and intestinal microflora. **Science of The Total Environment**, v. 856, p. 159180, 2023.
- LUSHER, Amy L.; MCHUGH, Matthew; THOMPSON, Richard C. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. **Marine pollution bulletin**, v. 67, n. 1-2, p. 94-99, 2013.
- MALLIK, Abhijit et al. Study of feeding biology and diet-associated microplastic contamination in selected creek fishes of northeastern Arabian Sea: A multi-species approach. **Marine Pollution Bulletin**, v. 190, p. 114875, 2023.
- MARKIC, Ana et al. Plastic ingestion by marine fish in the wild. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 50, n. 7, p. 657-697, 2020.
- MARTIN, Jeannie Miller et al. Comparing quantity of marine debris to loggerhead sea turtle (Caretta caretta) nesting and non-nesting emergence activity on Jekyll Island, Georgia, USA. **Marine pollution bulletin**, v. 139, p. 1-5, 2019.
- MCNEISH, R. E. et al. Microplastic in riverine fish is connected to species traits. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 11639, 2018.
- MELLO, Luiza C. et al. Assessment of cancer and dietary risks in commercially valuable marine organisms in coast of a region of future exploration (Equatorial South Atlantic). **Journal of Environmental Management**, v. 367, p. 121991, 2024.
- MUSA, Syafiq M. et al. Toxic tuna tales: Tracing microplastic pathways in mackerel tuna (Euthynnus affinis), longtail tuna (Thunnus tonggol), and bullet tuna (Auxis rochei). **Marine Pollution Bulletin**, v. 212, p. 117584, 2025.
- NEMATOLLAHI, Mohammad Javad et al. Microplastic fibers in the gut of highly consumed fish species from the southern Caspian Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 168, p. 112461, 2021.
- OJC OBSERVATÓRIO DE JUSTIÇA E CONSERVAÇÃO. O impacto de um porto. Disponível em: <https://justicaeco.com.br/o-impacto-de-um-porto-2/>. Acesso em: 22 jun. 2022.

- OLIVATTO, Glaucia P. et al. Microplastic contamination in surface waters in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine pollution bulletin*, v. 139, p. 157-162, 2019.
- PATIDAR, Kalpana et al. Investigation of microplastic contamination in the gastrointestinal tract of fish: A comparative study of various freshwater species. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 136, p. 103760, 2024.
- PINHEIRO-SOUSA, D. B.; SOARES, S. H. C.; TORRES, H. S.; JESUS, W. B.; OLIVEIRA, S. R. S.; BASTOS, W. R.; RIBEIRO, C. A. O.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Sediment contaminant levels and multibiomarker approach to assess the health of catfish *Sciades herzbergii* in a harbor from the northern Brazilian Amazon. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 208, p. 111540, 2021.
- RANI-BORGES, Bárbara et al. Expressive biofragmentation of polystyrene microplastics by the amphipod *Hyaella azteca*. **Available at SSRN 4206912**, 2022.
- SANTONICOLA, Serena et al. Detection of fibrous microplastics and natural microfibers in fish species (*Engraulis encrasicolus*, *Mullus barbatus* and *Merluccius merluccius*) for human consumption from the Tyrrhenian sea. *Chemosphere*, v. 363, p. 142778, 2024.
- Siddique, M.A.M., Uddin, A., Rahman, S.M.A., Rahman, M., Islam, M.S., Kibria, G., 2022. Microplastics in an anadromous national fish, Hilsa shad *Tenualosa ilisha* from the Bay of Bengal, Bangladesh. *Mar. Pollut. Bull.* 174, 113236.
- SIDDIQUE, Mohammad Abdul Momin et al. Does the mouth size influence microplastic ingestion in fishes?. *Marine Pollution Bulletin*, v. 198, p. 115861, 2024.
- SILVA, Adriana Araújo et al. Análise quali-quantitativa de microplásticos no trato gastrointestinal de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) no reservatório Moxotó-Submédio São Francisco–BA. *Revista Foco*, v. 17, n. 12, p. e7082-e7082, 2024.
- VILLARRUBIA-GÓMEZ, Patricia et al. Plastics pollution exacerbates the impacts of all planetary boundaries. **One Earth**, v. 7, n. 12, p. 2119-2138, 2024.
- WU, Di et al. Female zebrafish are more affected than males under polystyrene microplastics exposure. **Journal of Hazardous Materials**, v. 482, p. 136616, 2025.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSAR, Sana Syed et al. Microplastics distribution and potential health implications of food and food products. **Journal of Food Composition and Analysis**, p. 107098, 2024.

BENNEMANN, Sirlei Terezinha; CASATTI, Lilian; OLIVEIRA, Deise Cristiane de. Alimentação de peixes: proposta para análise de itens registrados em conteúdos gástricos. **Biota Neotropica**, v. 6, 2006.

CAVICHIOLO, Rafael Gustavo. **Lixo Humano ou Humano Lixo: colapso anunciado de um modo de vida**. Editora Dialética, 2025.

CURTY, Adriana Favacho et al. Caracterização dos microplásticos ambientais presentes nos sedimentos inconsolidados das águas costeiras de 9 praias do litoral do Rio de Janeiro, Brasil. 2024.

DO PLÁSTICO, Atlas. Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos. **Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll**, 2020.

KHEDRE, Azza M. et al. Abundance and risk assessment of microplastics in water, sediment, and aquatic insects of the Nile River. **Chemosphere**, v. 353, p. 141557, 2024.

KILIÇ, Ece. Abundance and ecological risk of microplastics in commercial fish species from northeastern Mediterranean Sea. **Environmental Pollution**, v. 363, p. 125252, 2024.

MALLIK, Abhijit et al. Diet characteristics of tidal creek-associated fishes of the northeastern Arabian Sea with special reference to microplastic ingestion. **Chemosphere**, v. 363, p. 142886, 2024.

MALLIK, Abhijit et al. Study of feeding biology and diet-associated microplastic contamination in selected creek fishes of northeastern Arabian Sea: A multi-species approach. **Marine Pollution Bulletin**, v. 190, p. 114875, 2023.

MARTINS, Gustavo Reis; DA ROCHA RODRIGUES, Elton Jorge; TAVARES, Maria Inês Bruno. Revisão da literatura sobre os eventos de degradação e adsorção em microplásticos primários e secundários. **Conjecturas**, v. 23, n. 1, p. 368-390, 2023.

MOURÃO, Keila Renata Moreira et al. Sistema de produção pesqueira pescada amarela-*Cynoscion acoupa* Lacépede (1802): um estudo de caso no litoral nordeste do Pará-Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 3, p. 497-511, 2009.

OMOREGIE, Isibor Patrick; OSAGIE, Agbontaen David; ORITSEWEYINMI, Onwaeze Ogochukwu. Crustacean nanochitosan-based bioremediation of nanoplastic-polluted aquatic habitat: A review pursuant to SDG 6. **Scientific African**, v. 21, p. e01881, 2023.

PINHEIRO, Maria do Socorro Saraiva; GOITEIN, Roberto. Estrutura de uma população e aspectos biológicos de *Mugil curema valenciennes*, 1836 (Pisces, Mugilidae), em um manguezal da Raposa, Brasil. 2014.

POSSATTO, Fernanda Eria. Ecologia alimentar nas diferentes fases ontogenéticas de *Cathorops spixii*, *C. agassizii*, e *Sciades herzbergii* (Actinopterygii Ariidae). 2010.

RIBEIRO, E. B.; ALMEIDA, Z. S.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Hábito alimentar do bagre *Sciades herzbergii* (Siluriformes, Ariidae) da Ilha dos Caranguejos, Maranhão, Brasil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 64, p. 1761-1765, 2012.

SCOTON, Samira; DE CASTRO CORRÊA, Gabriela; PÉREZ, Daniel Vidal. A Poluição oceânica por plástico e as políticas públicas brasileiras relacionadas ao objetivo de desenvolvimento sustentável 14. **Revista da EGN**, v. 27, n. 3, p. 537-574, 2021.

STOETT, Peter et al. Global plastic pollution, sustainable development, and plastic justice. **World Development**, v. 184, p. 106756, 2024.

TORRES, Hetty Salvino et al. Trace elements and multibiomarkers in *Sciades herzbergii* (Pisces, Ariidae) for monitoring port areas on the north coast of the Amazon, Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 77, p. 103656, 2024.

TURNER, Andrew; FILELLA, Montserrat. The influence of additives on the fate of plastics in the marine environment, exemplified with barium sulphate. **Marine pollution bulletin**, v. 158,

p. 111352, 2020.

VILLARRUBIA-GÓMEZ, Patricia et al. Plastics pollution exacerbates the impacts of all planetary boundaries. **One Earth**, v. 7, n. 12, p. 2119-2138, 2024.

APÊNDICES

Modelo de Quadro-Sumário das Normas da Revista

Artigo 1: Plásticos, Microplásticos e contaminação humana: Uma revisão bibliográfica	
Revista	Seven: Editora acadêmica
ISBN	978-65-85932-14-1
DOI	https://doi.org/10.56238/sevened2024.018-066
Fator de impacto	
Meio de divulgação	Site oficial
Periodicidade	Contínuo
Site	https://sevenpublicacoes.com.br/editora/publishingcompany
Diretrizes para autores	
Qualis CAPES	B2
Indexadores	
Artigo 2: ASSESSMENT OF MICROPLASTICS IN THE DIGESTIVE TRACT OF SPECIES OF FISHES AROUND THE ITAQUI PORT COMPLEX, SÃO LUÍS, STATE OF MARANHÃO, BRAZIL	
Revista	Environmental Pollution
ISSN	1873-6424
DOI	
Fator de impacto	7,6
Meio de divulgação	Plataforma ScienceDirect
Periodicidade	Mensal
Site	https://www.sciencedirect.com/journal/marine-pollution-bulletin
Diretrizes para autores	https://www.sciencedirect.com/journal/environmental-pollution/publish/guide-for-authors
Qualis CAPES	A1
Indexadores	Scopus, Medline, Science Citation Index Expanded (SCIE), SCImago Journal Rank (SJR), SNIP

ANEXOS

1) E-mail com a submissão na Revista