UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JULIANE BORGES PEREIRA

PANORAMA DA PESQUISA SOBRE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES NO TERRITÓRIO BRASILEIRO E SUA PRESENÇA EM ESPÉCIES DE IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA NO LITORAL DO PARANÁ

MATINHOS

2025

JULIANE BORGES PEREIRA

PANORAMA DA PESQUISA SOBRE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES NO TERRITÓRIO BRASILEIRO E SUA PRESENÇA EM ESPÉCIES DE IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA NO LITORAL DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável, Setor Litoral, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento Territorial Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Diomar Augusto de Quadros

Coorientadora: Profa. Dra. Suzane de Oliveira

MATINHOS

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte
Biblioteca Universidade Federal do Paraná - Setor Litoral

P436p Pereira, Juliane Borges

Panorama da pesquisa sobre microplásticos em peixes no território brasileiro e sua presença em espécies de importância socioeconômica no litoral do Paraná / Juliane Borges Pereira; orientador Dr. Diomar Augusto de Quadros; coorientadora Dra. Suzane de Oliveira. – Matinhos, 2025.

1 recurso online : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná - Setor Litoral, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável.

1. Microplástico. 2. Peixes. 3. Lixo no mar. 4. Poluição ambiental. I. Quadros, Diomar Augusto de. II. Oliveira, Suzane de. III. Título.

CDD – 577.727

Maikon Patrick Garcia CRB-9/1681

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR LITORAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL SUSTENTÁVEL - 40001016081P3

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **JULIANE BORGES PEREIRA**, intitulada: **Panorama da pesquisa sobre microplásticos em peixes no território brasileiro e sua presença em espécies de importância socioeconômica no litoral do Paraná**, sob orientação do Prof. Dr. DIOMAR AUGUSTO DE QUADROS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

MATINHOS, 25 de Março de 2025.

Assinatura Eletrônica
10/04/2025 10:40:01.0
DIOMAR AUGUSTO DE QUADROS
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
23/04/2025 21:53:39.0
CAMILA DOMIT
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
11/04/2025 17:28:23.0
ALLAN PAUL KRELLING
Avaliador Externo (INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
10/04/2025 22:02:56.0
SUZANE DE OLIVEIRA
Coorientador(a) (null)

Dedico esse trabalho para as minhas amadas filhas, Verônica e Isabela, para meu querido companheiro César e para meus pais, que com certeza, teriam muito orgulho de mim nesse momento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço imensamente a minha família; César, Isabela, Verônica e Luciane, que me deram suporte e apoio nesse momento tão importante da minha vida.

Por admirar a imensidão do universo e acreditar em uma energia universal superior, agradeço a Deus por fazer parte desse planeta maravilhoso, chamado Terra.

Agradeço por ter além de colegas de trabalho, amigas maravilhosas como a Ana Christina, Etienne, Mariana e Vera que me incentivaram e me ajudaram nessa trajetória.

Agradeço aos pescadores e trabalhadores do Mercado Municipal de Pescados de Matinhos (Mercado do Peixe), que foram fundamentais nesta pesquisa, que sempre me trataram muito bem e me passaram alguns de seus conhecimentos sobre os peixes e a pesca.

Sou muito grata em poder ter conhecido um pouquinho do fascinante mundo do mar.

Agradeço ao meu orientador e amigo Diomar, que foi muito paciente comigo.

Agradeço a minha coorientadora Suzane, sem ela não estaria nessa pesquisa.

Agradeço a todas as pesquisadoras que vieram antes de mim.

Agradeço as dicas valiosas da professora Camila Domit durante a banca de qualificação e a defesa da dissertação.

Agradeço por ter conhecido professores e pesquisadores nitidamente apaixonados por suas profissões, capazes de nos inspirar e nos encorajar nos caminhos da pesquisa científica.

As professoras, professores e ao secretário João Rafael do PPGDTS, meu muito obrigada.

Agradeço ao professor Allan Paul Krelling pela atenção em avaliar esta dissertação minuciosamente e contribuir com apontamentos enriquecedores para esta pesquisa.

Agradeço a UFPR - Setor Litoral, que me permitiu tirar a licença integral de estudo.

E aos meus queridos amigos de turma, em especial; Tatiane, Adriano, Vanessa, Heloisa, Analu e Lunamar, um muito obrigada ao apoio mútuo e as boas risadas, sentirei saudades.

A todos vocês, meu muito obrigada!

É curioso que o mar, do qual a vida se originou, seja agora ameaçado por atividades de uma espécie de ser vivo. Mas o mar, embora sinistramente alterado, continuará a existir; em vez dele, o que está sob ameaça é a própria vida.

Rachel Carson

RESUMO

A crescente produção e descarte inadequado de plástico têm colocado o Brasil entre os maiores produtores e poluidores desse material no mundo. No ambiente, o plástico se fragmenta em partículas menores, os microplásticos (MPs), tornando-se altamente biodisponíveis e amplamente distribuídos, especialmente nos ecossistemas aquáticos. Sua presença tem sido registrada tanto em ambientes marinhos quanto em sistemas de água doce, despertando preocupação quanto aos possíveis impactos à biota, à saúde ambiental e à segurança alimentar. Diante desse cenário, esta dissertação teve como objetivo investigar a ocorrência de MPs em peixes, com foco em duas frentes principais: uma análise do panorama nacional das pesquisas sobre MPs em peixes capturados na natureza e a identificação da presença de MPs em peixes de importância socioeconômica no litoral paranaense. A primeira etapa consistiu em uma revisão sistemática da produção científica nacional sobre a presença de MPs em peixes de ambientes marinhos, incluindo os estuários e de ambientes de água doce, com base em artigos publicados entre os anos de 2016 a 2024. Foram selecionados 45 estudos finais, onde 62% foram classificados em ambientes marinhos e 38% em ambientes de água doce. Observou-se uma concentração dos estudos na região Nordeste (38%) e uma menor produção na região Centro-Oeste (2%). A metodologia mais empregada foi a inspeção visual para identificação das partículas, sendo fibras e fragmentos os principais tipos registrados, com destaque para as cores azul, transparente e preta. A caracterização dos polímeros foi realizada em pouco mais da metade dos estudos, com uso predominante da técnica de espectroscopia FTIR. Na segunda etapa, foi realizada uma investigação da presença de MPs no trato gastrointestinal (TGI) de três espécies de peixes de importância socioeconômica, comercializados em Matinhos, no litoral do Paraná. Através da digestão química com o reagente KOH, das 101 amostras analisadas, 75,2% continham partículas de MPs, com média de 3,08 ± 3,4 MPs por indivíduo. As fibras transparentes e os fragmentos azuis foram os mais prevalentes. A espécie *Menticirrhus littoralis* apresentou os maiores níveis de contaminação, possivelmente associados ao seu maior porte e volume intestinal. Esses resultados demonstram que os peixes consumidos na região estão expostos à contaminação por MPs, reforçando a necessidade de ampliar os estudos ao longo da costa paranaense e subsidiar políticas públicas voltadas à mitigação da poluição marinha.

Palavras-chave: microplástico; peixes; lixo no mar; poluição ambiental; ODS 14.

ABSTRACT

The increasing production and improper disposal of plastic have placed Brazil among the world's largest producers and polluters of this material. In the environment, plastic breaks down into smaller particles—microplastics (MPs)—which become highly bioavailable and widely distributed, especially in aquatic ecosystems. Their presence has been recorded in both marine and freshwater environments, raising concerns about potential impacts on biota, environmental health, and food security. In this context, this dissertation aimed to investigate the occurrence of MPs in fish, focusing on two main fronts: an analysis of the national research landscape on MPs in wild-caught fish and the identification of MPs in fish of socioeconomic importance along the coast of Paraná. The first stage consisted of a systematic review of Brazilian scientific production on the presence of MPs in fish from marine environments, including estuaries, and from freshwater systems, based on articles published between 2016 and 2024. A total of 45 studies were selected, of which 62% were classified as marine environments and 38% as freshwater environments. A concentration of studies was observed in the Northeast region (38%), with the lowest output in the Central-West region (2%). The most commonly used methodology was visual inspection for particle identification, with fibers and fragments being the most frequently recorded types, particularly in the colors blue, transparent, and black. Polymer characterization was carried out in just over half of the studies, predominantly using FTIR spectroscopy. In the second stage, an investigation was conducted on the presence of MPs in the gastrointestinal tract (GIT) of three fish species of socioeconomic importance sold in Matinhos, on the coast of Paraná. Through chemical digestion using KOH reagent, it was found that 75.2% of the 101 samples analyzed contained MPs, with an average of 3.08 ± 3.4 MPs per individual. Transparent fibers and blue fragments were the most prevalent. The species *Menticirrhus littoralis* showed the highest levels of contamination, possibly associated with its larger size and intestinal volume. These results demonstrate that fish consumed in the region are exposed to MP contamination, highlighting the need to expand studies along the Paraná coast and support public policies aimed at mitigating marine pollution.

Keywords: microplastic; fish; marine litter; environmental pollution; SDG 14.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ILUSTRAÇÃO REPRESENTATIVA DE FONTES DE POLUIÇÃO QUE CHEGAM AOS AMBIENTES AQUÁTICOS, CONTENDO METAIS PESADOS E MPS ORIGINADOS PELA DEGRADAÇÃO POR AÇÃO ULTRA VIOLETA (UV). A INGESTÃO DESSES POLUENTES POR PEIXES A IOMAGNIFICAÇÃO E A PESCA 26

FIGURA 2: NÚMERO DE PESQUISAS PUBLICADAS POR ANO ENTRE 2016 E 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE MARINHOS, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 38

FIGURA 3: NÚMERO DE PESQUISAS POR PERIÓDICOS, PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 38

FIGURA 4: NÚMERO DE PESQUISAS POR REGIÃO E NÚMERO DE PESQUISAS EM ESTUÁRIOS, PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 39

FIGURA 5: TIPOS DE METODOLOGIA UTILIZADAS NAS PESQUISAS PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 39

FIGURA 6: NÚMERO DE PESQUISAS PUBLICADAS POR ANO ENTRE 2017 E 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 41

FIGURA 7: NÚMERO DE PESQUISAS POR PERIÓDICOS, PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2017 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 42

FIGURA 8: NÚMERO DE PESQUISAS PUBLICADAS POR REGIÃO BRASILEIRA, ENTRE OS ANOS DE 2017 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 42

FIGURA 9: TIPOS DE METODOLOGIA UTILIZADAS NAS PESQUISAS PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 43

FIGURA 10: NÚMERO TOTAL DE PUBLICAÇÕES ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE

AMBIENTE DE ÁGUA DOCE E MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 45

FIGURA 11: REVISTAS COM MAIORES PUBLICAÇÕES DE ARTIGOS PUBLICADOS NO BRASIL, ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE E MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 46

FIGURA 12: DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE ARTIGOS PUBLICADOS NO BRASIL, ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL. À ESQUERDA O PERCENUAL DE ARTIGOS DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHO. À DIREITA, O PERCENTUAL DE ARTIGOS NO AMBIENTE MARINHO (EM ESTUÁRIOS E REGIÃO COSTEIRA) 47

FIGURA 13: DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE ARTIGOS PUBLICADOS POR REGIÃO BRASILEIRA, ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHA, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 47

FIGURA 14: NÚMERO DE ARTIGOS PUBLICADOS POR REGIÃO BRASILEIRA, ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHA, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 48

FIGURA 15: A DIREITA PERCENTUAL DE METODOLOGIA DE ANÁLISE DE QUANTIFICAÇÃO DE MPS UTILIZADAS EM PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHA, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL. A ESQUERDA, PERCENTUAL DE MÉTODO DE DIGESTÃO 49

FIGURA 16: PERCENTUAL DE METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS, UTILIZADAS EM PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHA, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 50

FIGURA 17: NÚMERO DE ARTIGOS EM QUE AS CORES DE MPS FORAM ENCONTRADAS NAS PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHA, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 50

FIGURA 18: UM ESPÉCIME *DE M. AMERICANUS* DURANTE O PROCEDIMENTO LABORATORIAL DE ANÁLISE DE AVALIAÇÃO DE PRESENÇA DE MPS EM SEU TRATO GASTROINTESTINAL 78

FIGURA 19: UM ESPÉCIME DE *M. LITTORALIS* DURANTE O PROCEDIMENTO LABORATORIAL PARA ANÁLISE DE AVALIAÇÃO DE PRESENÇA DE MPS EM SEU TRATO GASTROINTESTINAL.....79

FIGURA 20: UM ESPÉCIME DE *L. BREVICEPS* DURANTE O PROCEDIMENTO LABORATORIAL PARA ANÁLISE DE AVALIAÇÃO DE PRESENÇA MPS EM SEU TRATO GASTROINTESTINAL.....80

FIGURA 21: IMAGENS DO MERCADO MUNICIPAL DE PESCADOS DE MATINHOS; À ESQUERDA, IMAGEM AÉREA DA FRENTE DO MERCADO (A); À DIREITA, IMAGEM RETIRADA DA PARTE INTERNA DO MERCADO (NA ÁREA DE VISCERAÇÃO E LIMPEZA), ONDE SE PODE VER OS BARCOS UTILIZADOS PELOS PESCADORES ARTESANAIS 83

FIGURA 22: IMAGEM DO MATERIAL PRÉ-FILTRADO, APÓS DIGESTÃO QUÍMICA, PREPARADO PARA AVALIAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO VISUAL DE MPS 84

FIGURA 23: IMAGEM DO MATERIAL EM FILTRO DE FIBRA DE VIDRO, APÓS DIGESTÃO QUÍMICA E FILTRADO EM BOMBA À VÁCUO, PREPARADO PARA AVALIAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO VISUAL DE MPS.....84

FIGURA 24: GRÁFICO DE BARRAS DOS VALORES MÉDIOS DE MPS ($MP.ind^{-1}$) ENCONTRADO NAS ESPÉCIES (EIXO X); M. AMERICANUS (BET), L. BREVICEPS (OVE) E M. LITTORALIS (PAPA) COM REPRESENTAÇÃO DO ERRO PADRÃO 87

FIGURA 25: IMAGENS DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS ENCONTRADAS NAS ESPÉCIES *M. AMERICANUS*, *M. LITTORALIS*, *L. BREVICEPS.* (A) FIBRA TRANSPARENTE EM PRÉ-FILTRO, (B) FRAGMENTO VERDE (PRÉ-FILTRO), (C) FIBRA PRETA NO FILTRO E (D) FRAGMENTO AZUL NO FILTRO.....88

FIGURA 26: NÚMERO TOTAL DAS CORES DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FIBRAS (GRÁFICO DE BARRAS SUPERIOR) E NÚMERO TOTAL DAS CORES DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FRAGMENTOS (GRÁFICO DE BARRAS INFERIOR) IDENTIFICADAS NAS ESPÉCIES M. AMERICANUS, M. LITTORALIS E L. BREVICEPS 89

FIGURA 27: MATRIZ DE CORRELAÇÃO DA ESPÉCIE M. LITTORALIS QUE APRESENTA CORRELAÇÃO POSITIVA MODERADA E SIGNIFICATIVA, DE QUANTIDADE DE MPS (EIXO Y) COM COMPRIMENTO (EIXO X).....90

LISTA DE MAPAS

MAPA 1: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA APROXIMADA DAS PESQUISAS PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 40

MAPA 2: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA APROXIMADA DAS PESQUISAS PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2017 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 44

MAPA 3: LOCALIZAÇÃO DO LITORAL DO PARANÁ, COM A INDICAÇÃO GEOGRÁFICA DO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, ESTUÁRIO DE GUARATUBA E DO MERCADO MUNICIPAL DE PESCADOS (MERCADO DO PEIXE), DO MUNICÍPIO DE MATINHOS- PR, BRASIL 81

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: PRINCIPAIS POLÍMEROS PRODUZIDOS NO MUNDO E EXEMPLOS DE ALGUMAS DE SUAS APLICAÇÕES 23

QUADRO 2: CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS E ALIMENTARES DAS ESPÉCIES M. AMERICANUS, M. LITTORALIS E LARIMUS BREVICEPS, ENCONTRADAS NO LITORAL PARANAENSE, QUE APRESENTARAM MPS EM SEUS SISTEMAS DIGESTÓRIOS 91

QUADRO SUPLEMENTAR 1: PANORAMA DAS PESQUISAS RELACIONADAS A PRESENÇA DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTE MARINHO CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 54

QUADRO SUPLEMENTAR 2: PANORAMA DAS PESQUISAS RELACIONADAS A PRESENÇA DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 64

QUADRO SUPLEMENTAR 3: RELAÇÃO DE ESPÉCIES DE PEIXES DE AMBIENTES MARINHOS E DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, ENCONTRADOS EM PESQUISAS RELACIONADAS A PRESENÇA DE MPS EM PEIXES CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL 71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DADOS BIOMÉTRICOS DAS ESPÉCIES M. AMERICANUS (BET), M. LITTORALIS (PAPA) E L. BREVICEPS (OVE). NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS (n); COMP. (CM) = VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO EM CM; PESO TOTAL DO INDIVÍDUO (G) E PESO DO TGI (G) COM DESVIO PADRÃO (DP) EM CAD 86

TABELA 2: FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA FO (%) DE MPS POR ESPÉCIE; MÉDIA DE MPS POR INDIVÍDUO COM DESVIO PADRÃO (MP.IND-1 ± DP). MÉDIA DE MPS POR ESPÉCIE (MP/SP ± DP) 87

TABELA 3: QUANTIDADE (N) DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FIBRAS E QUANTIDADE (N) DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FRAGMENTOS ENCONTRADAS NAS ESPÉCIES M. AMERICANUS, M. LITTORALIS, L. BREVICEPS E TOTAL POR ESPÉCIE; E PERCENTAGEM (%) DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FIBRAS E PERCENTAGEM (%) DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FRAGMENTOS ENCONTRADAS NAS ESPÉCIES M. AMERICANUS, M. LITTORALIS, L. BREVICEPS E TOTAL POR ESPÉCIE..... 88

TABELA 4: MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE OS PARÂMETROS BIOMÉTRICOS COMPRIMENTO (cm); PESO (g), PESO DO TGI (g) E A QUANTIDADE DE MPS NAS ESPÉCIES M. AMERICANUS, M. LITTORALIS E L. BREVICEPS (* P < .05)..... 90

LISTA DE SIGLAS

ATR	Attenuated total reflectance
CEP	Complexo Estuarino de Paranaguá
CSV	Comma Separated Values
EVA	Etileno-acetato de vinil
EVOH	Álcool etileno vinílico
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LDIR	Laser Diode Resonance
MPs	Microplástico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OM	Optical microscopy
ONU	Organização das Nações Unidas
PA	Poliamida
PBD	Borracha de polibutadieno
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PES	Poliéster
PEsT	Tereftalato de poliéster
PET	Tereftalato de polietileno
POPs	Poluentes orgânicos persistentes
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PU	Poliuretano
PVA	Álcool polivinilico
PVC	Policloreto de polivinila
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SBR	Borracha de estireno-butadieno
SCUBA	Self-Contained Underwater Breathing Apparatus
SEM	Scanning Electron Microscopy

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO GERAL**	**17**
2	**REVISÃO DE LITERATURA**	**22**
2.1	DO PLÁSTICO AO MICROPLÁSTICO	22
2.2	MPs NOS AMBIENTES AQUÁTICOS E NOS PEIXES	24
2.3	PEIXES COMO BIOINDICADORES E SENTINELAS	26
2.4	ODS 14 E A DÉCADA DO OCEANO	28
3	**PANORAMA DA PESQUISA SOBRE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES NO TERRITÓRIO BRASILEIRO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**	**32**
3.1	INTRODUÇÃO	33
3.2	METODOLOGIA	35
3.3	RESULTADOS	37
3.3.1	Panorama das pesquisas relacionadas a presença de MPs em peixes de ambiente de ambiente marinho, capturados na natureza, no Brasil	37
3.3.2	Panorama das pesquisas relacionadas a presença de MPs em peixes de água doce, capturados na natureza, no Brasil	41
3.4	DISCUSSÃO	44
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
	QUADRO SUPLEMENTAR 1- Panorama das pesquisas relacionadas a presença de MPs em peixes de ambiente marinho, capturados na natureza, no Brasil	54
	QUADRO SUPLEMENTAR 2- Panorama das pesquisas relacionadas a presença de MPs em peixes de ambiente de água doce, capturados na natureza, no Brasil	64
	QUADRO SUPLEMENTAR 3 - Relação de espécies de peixes de ambientes marinhos e de ambientes de água doce, encontrados em pesquisas relacionadas a presença de MPs em peixes capturados na natureza, no Brasil	71
4	**CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA NO LITORAL DO PARANÁ**	**75**
4.1	INTRODUÇÃO	76
4.2	METODOLOGIA	80
4.2.1	Área de estudo	80
4.2.2	Coleta de amostras e procedimentos laboratoriais	82
4.2.3	Controle de contaminação	84
4.2.4	Análise dos dados	85
4.3	RESULTADOS	85
4.4	DISCUSSÃO	90
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
5	**CONCLUSÃO FINAL**	**95**
	REFERÊNCIAS	99

1 INTRODUÇÃO GERAL

Com o aumento dos padrões de consumo da população mundial, intensificaram-se os processos de extração dos recursos naturais, acelerando sua escassez e evidenciando que os limites do planeta são esgotáveis. A crise ambiental torna-se particularmente evidente a partir da década de 1960, como reflexo de uma irracionalidade ecológica associada aos padrões dominantes de produção e consumo, marcando os limites do crescimento econômico. Nesse contexto, o livro Primavera Silenciosa, de Rachel Carson, provoca um impacto profundo no pensamento ambiental, contribuindo para a consolidação da consciência ecológica e o aparecimento de diversos movimentos da sociedade com o objetivo de refletir, debater e propor soluções para as questões ambientais do planeta (Leff, 2011; Sachs, 2002; Silvestre, 2013).

A partir da organização dos movimentos dos grupos ambientalistas e com o aumento crescente da preocupação dos impactos ambientais devido ao crescimento econômico desenfreado, iniciam discussões de um outro modo de desenvolvimento, que esteja voltado para um modelo endógeno, que seja autossuficiente e que esteja em harmonia com a natureza. Chamado de Ecodesenvolvimento e posteriormente de Desenvolvimento Sustentável, compreende que não apenas os fatores ambientais e econômicos devem ser considerados, mas os aspectos sociais, culturais e espaciais devem caminhar de forma integrada e harmônica (Leff, 2011; Sachs, 2002).

Após a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), os países-membros integrantes da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), assinam em setembro de 2015 o documento intitulado “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” (Roma, 2019). A agenda 2030 é um plano de ação global, voltado às pessoas, ao planeta e ao futuro, composto por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas que orientam a criação e implementação de políticas públicas capazes de conduzir os países rumo ao desenvolvimento sustentável (Brasil, 2016; Roma, 2019).

A Agenda 2030 apresenta a preocupação com o esgotamento dos recursos naturais, com as mudanças climáticas e com o aumento da temperatura global e todos os impactos que esses fatores podem ocasionar, principalmente em países costeiros. Os ODS representam o eixo central da Agenda orientando as ações nas dimensões econômica, social e ambiental e sabendo que o oceano é de grande importância para a manutenção da vida em todo o planeta, o ODS 14 “Vida na Água: Conservação e Uso Sustentável dos Oceanos, dos Mares e dos Recursos Marinhos para o Desenvolvimento Sustentável” é um tema contemporâneo, que aborda a

sustentabilidade ambiental, sendo de grande importância para a agenda global oceânica (Andrade *et al*., 2023; Brasil, 2016; Ipea, 2018).

Para promover a ciência oceânica e fortalecer a cooperação entre os países em relação a restauração, conservação e uso sustentável do oceano, em 2017 a ONU proclama a Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável – a chamada Década do Oceano (Unesco, 2019; Xavier; Leonel; Turra, 2022). A iniciativa está alinhada a Agenda 2030 e busca não apenas abordar os 17 ODS, mas também intensificar os esforços para o cumprimento das metas específicas do ODS 14 relacionadas à poluição marinha, a proteção e restauração dos ecossistemas marinhos, ao combate à acidificação do oceano e a promoção de atividades pesqueiras sustentáveis (Christofoletti *et al.* 2021; Turra, 2021).

Em relação à poluição marinha, o lixo no mar — entendido como a poluição por resíduos sólidos encontrados nos oceanos — é um dos grandes problemas ambientais enfrentados atualmente em todo o mundo. Ele está presente desde as zonas costeiras até o mar profundo, sendo resultado de décadas de descarte direto ou indireto de resíduos nos oceanos (PEMALM, 2021). O lixo no mar causa sérios riscos e impactos em todo o ambiente marinho e em todos que dele dependem. É composto principalmente por itens plásticos que, devido às características como durabilidade e flutuabilidade, permanecem por longos períodos no ambiente oceânico (Gall; Thompson, 2015; UNEP, 2016).

Como parte da poluição plástica, destacam-se os microplásticos (MPs); definidos como partículas plásticas com tamanho inferior a 5 mm, são encontrados em todos os oceanos e considerados como um dos principais poluentes marinhos, pois devido ao seu tamanho diminuto, facilidade de dispersão e persistência no ambiente são considerados como contaminantes emergentes (Martins; Pompêo, 2022; Queiroz, 2022). Os MPs são classificados de acordo com a sua origem; quando são produzidos intencionalmente como os pellets e as microesferas, são chamados de MPs primários e quando surgem através da fragmentação ou intemperismo dos plásticos maiores são classificados como MPs secundários (Gesamp, 2015).

A ingestão e ou adsorção de MPs pode provocar uma série de efeitos adversos em diversos níveis de organização biológica, desde alterações em comunidades ecológicas até danos em níveis orgânicos. Esses efeitos variam de acordo com a concentração dos MPs nos organismos e da sua interação com outros contaminantes (Ruijter *et al.*, 2020). Entre os impactos mais comuns observados em organismos aquáticos estão danos físicos, como obstrução do trato digestivo, sufocamento e estresse, que podem levar à sensação de saciedade e, consequentemente, à redução na ingestão de alimentos. Já os efeitos fisiológicos resultam, em grande parte, da liberação de aditivos químicos presentes nos plásticos, como estabilizantes,

corantes e plastificantes, podendo causar alterações hormonais, distúrbios reprodutivos, interferências no crescimento e na produção de enzimas (Montagner *et al.,* 2021; Straub; Hirsh; Burkhardt-Holm, 2017). Diante desses impactos, cresce a preocupação global sobre a presença e os efeitos dos MPs em ecossistemas aquáticos, inclusive em países com vastos recursos hídricos e com zonas costeiras.

No contexto brasileiro, a complexidade ambiental é amplificada devido a sua localização geográfica e da extensão da sua costa litorânea, o Brasil engloba uma grande gama de ambientes, onde os recursos naturais são muito variados e abrigam diversas espécies (Scherer; Sanches; Negreiros, 2010). Dos vinte e sete estados brasileiros, dezessete são costeiros, abrangendo cerca de 443 municípios litorâneos - dos quais 280 estão de fronte para o mar. Estima-se que mais de 25% da população brasileira resida nessas áreas, o que ocasiona forte pressão ao meio ambiente e aos recursos naturais que ali se encontram (IBGE, 2021; Ipea, 2019).

Além da extensa costa marinha, o Brasil concentra um dos maiores reservatórios de água doce do mundo. Existe uma diversidade extraordinária de peixes no país e esses vertebrados cumprem múltiplas funções, tanto ecossistêmicas como o de gerar benefícios para as sociedades humanas; são fontes de alimento e de recursos financeiros - contribuindo com a diminuição da fome e da pobreza em muitas regiões do país – além de contribuir em aspectos relacionados ao turismo, a cultura de comunidades tradicionais e na conservação da biodiversidade (Pelicice *et al.*, 2023; Setti *et al.*, 2000). Mas algumas atividades humanas podem causar impactos direto ou indireto na diversidade dos peixes, gerando problemas econômicos, sociais, ambientais e de segurança alimentar (Tregidgo *et al.*, 2020).

O aumento da produção e do consumo de plástico pela população, aliado a gestão inadequada de seus resíduos, faz com que esse material seja um dos principais responsáveis pela poluição nos ambientes aquáticos e como consequência, os MPs se tornam cada vez mais abundantes e biodisponíveis para um número maior de organismos vivos. (Alencar *et al*, 2022; Bakir; Rowland; Thopmson, 2014).

A ingestão de MPs por peixes vem sendo relatada em diferentes partes do mundo, desde a década de 1970, configurando-se como um problema ambiental emergente. (Carpenter *et al.*,1972; Fernández-Ojeda, 2021; Law; Thompson, 2014; Ríos *et al.*, 2022). Em muitas partes do território brasileiro há registros da presença de MPs em peixes, tanto em ambientes costeiros como em ambientes de água doce, mas no litoral do estado do Paraná existem estudos sobre detritos plásticos, porém nenhum aborda a presença de MPs em peixes (Andrade *et* al., 2019; Machado *et al.* 2021; Nunes *et al.*, 2021).

Matinhos é um dos sete municípios do litoral do Paraná e está localizado entre dois importantes estuários; o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e o Estuário de Guaratuba, a pesca artesanal desempenha um papel fundamental na dinâmica socioeconômica da cidade, sendo responsável pelo sustento de aproximadamente 300 famílias (Andreoli, 2007; Afonso; Chaves, 2021; IBGE, 2024; Ipardes, 2024). Dentre os principais pescados capturados na região encontra-se a "Mistura", que é composta por espécies de peixes de pequeno porte e baixo valor comercial, também servindo de alimento para a comunidade de pescadores (Quadros; Castro; Costa, 2016).

Os peixes que fazem parte da "Mistura" são capturados acidentalmente em companhia de outros organismos sem interesse econômico, principalmente durante a pesca de arrasto do camarão – essa captura acidental é conhecida como Bycath ou fauna acompanhante – isso ocorre principalmente devido à baixa seletividade das redes de arrasto e como consequência a maior parte dessa fauna acompanhante é descartada morta ou morrendo, por não possuírem interesse econômico ou mesmo por questões legais (Santos; Cattani; Spach, 2016; Vasconcelos Filho *et* al., 2024).

A pesca é uma importante fonte de proteína e renda para as comunidades de pescadores artesanais; além da ameaça que os pescados que fazem parte da "Mistura" correm em relação ao tipo de pesca que são submetidos, a ingestão dos MPs pode ocasionar problemas físicos e fisiológicos nos peixes, acarretando possível mortandade, principalmente em peixes juvenis e consequentemente diminuindo sua oferta. (Bhuyan, 2022; Vasconcelos Filho *et* al., 2024).

Produzir informações sobre a contaminação ambiental gerada por MPs no litoral do Paraná, através da análise de peixes de importância socioeconômica, poderá contribuir com os dados já existentes em outras regiões do país colaborando para o levantamento de monitoramento de poluição ambiental na costa do litoral brasileiro. Frente ao exposto, os objetivos desta pesquisa são:

Objetivo geral: Analisar a contaminação ambiental gerada por microplásticos em peixes no Brasil.

Objetivos específicos:

1) Descrever o panorama das pesquisas produzidas no Brasil, relacionadas à presença de microplásticos em peixes de água doce e marinho, capturados na natureza;

2) Identificar a presença de microplásticos no trato gastrointestinal das espécies que fazem parte da "Mistura"; *Menticirrhus americanus, Menticirrhus littoralis* e *Larimus breviceps* pescadas de modo artesanal e comercializadas no município de Matinhos.

Este estudo compreende a dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Territorial da UFPR. Está organizado em forma das seguintes seções: introdução geral, revisão de literatura e dois artigos que serão submetidos a periódicos científicos. A introdução geral apresenta as circunstâncias para chegar ao problema de pesquisa, argumenta as justificativas para o estudo e mostra os objetivos pretendidos. Em seguida, há uma revisão de literatura, com a finalidade de introduzir e discorrer de maneira mais aprofundada os temas considerados de maior importância e que serão abordados nos capítulos seguintes.

Na seção 3, o documento intitulado “Panorama da pesquisa sobre Microplásticos em peixes no território brasileiro: uma revisão sistemática”, foi elaborado com a finalidade de se obter uma visão macro dos estudos sobre a presença de MPs em peixes no Brasil. Esta revisão optou por artigos que utilizaram exclusivamente o termo MPs, devido a importância crescente que esse tema vem gerado e da importância da padronização de termos que possam contribuir com metodologias uniformes para identificação, quantificação e caracterização desse poluente ambiental.

Foram excluídos estudos produzidos a partir de pesquisas realizadas em tanques artificiais e ou naturais e pesquisas com foco em bioensaios. Através da revisão sistemática, foi possível visualizar o cenário atual das pesquisas publicadas no Brasil que abordam temas relacionados a ingestão de MPs em peixes de ambientes marinhos, estuários e de água doce. O resultado demonstra que em ambos os ambientes os MPs estão presentes e que há um contraste de estudos entre as regiões do território nacional e que diferentes metodologias utilizadas podem dificultar a compreensão da totalidade da poluição por plástico em peixes em ambientes aquáticos no Brasil.

A Seção 4 apresenta o estudo intitulado "Contaminação por microplásticos em peixes de importância socioeconômica no litoral do Paraná", cujo objetivo foi identificar a presença de microplásticos (MPs) em peixes pescados e comercializados na região, por meio da análise do conteúdo do trato gastrointestinal (TGI) de cada indivíduo. O estudo constatou a presença de MPs no TGI das três espécies analisadas, com uma frequência de ocorrência que levanta preocupações quanto à qualidade ambiental e à segurança alimentar no litoral paranaense.

As conclusões finais são apresentadas na Seção 5, onde se discute que o impacto da poluição plástica nos oceanos é uma consequência direta da atual crise ambiental. Ressalta-se que esse problema poderá ser mitigado por meio da adoção de medidas integradas e da implementação de políticas públicas que envolvam a colaboração entre os diversos setores da sociedade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DO PLÁSTICO AO MICROPLÁSTICO

O plástico é um material versátil e de baixo custo que está presente em quase tudo que consumimos, mas devido as suas características químicas é considerado um dos maiores poluentes ambientais do planeta (Olivatto *et al.*, 2018; Waldman; Rillig, 2020). Constituídos por diferentes tipos de polímeros formados a partir de grandes cadeias com estruturas químicas de alto peso molecular, o plástico é derivado principalmente do petróleo e do gás natural, mas também pode ser obtido através do etanol da cana-de-açúcar (Abiplast, 2024).

De acordo com Queiroz (2022), cada polímero possui uma aplicação específica, e entre os mais produzidos no mundo (Quadro 1) destacam-se; o polipropileno (PP), o polietileno (PE), o polietileno de baixa densidade (PEBD), o polietileno de alta densidade (PEAD), o policloreto de vinila (PVC), o tereftalato de polietileno (PET), o poliestireno (PS) e a poliamida (PA). E em relação a sua origem, os polímeros podem ser classificados como; i) naturais: que são os polímeros existentes na natureza; como o algodão, a madeira, a celulose e o látex; ii) polímeros sintéticos: que são obtidos por meio de reações químicas, como PE, PP, PVC, PA, entre outros; iii) termoplásticos: que são os polímeros que não sofrem alterações na sua estrutura química quando aquecidos, podendo ser recicláveis, como PE, PP, PVC, PA, PET, entre outros (Abiplast, 2024).

O Brasil é um dos maiores países produtores de plástico, mas o processo de reciclagem desse material ainda se encontra em patamares insignificantes (Brasil, 2019). Dados levantados no ano de 2023 apontam que o Brasil gerou em torno de 881 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) e deste montante cerca de 69,3 milhões de toneladas (85,6%) foram para disposição final, onde 58,5% desse material foi encaminhado para aterros sanitários e 41,5% foram encaminhados para locais ambientalmente inadequados [1](Abrema, 2023).

A maior parte dos municípios brasileiros possui uma taxa de reciclagem baixa, poucas políticas públicas e falta de investimento adequado para ampliação da coleta seletiva e da reciclagem (Freitas; Pires; Benincá, 2024; Polli, 2024), o que faz dessa má gestão dos resíduos plásticos ser a principal responsável pela poluição plástica no Brasil (Sodré *et al.*, 2023).

Ao se fragmentar, o plástico tem consequências ambientais a longo prazo, pois em sua composição existem aditivos químicos que são liberados enquanto os materiais plásticos estão

[1] Locais ambientalmente inadequados: instalações que não estão de acordo com a Norma de Referência nº 7/2024 da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA); como lixões, aterros controlados, valas e unidades similares (Abrema, 2023).

sendo utilizados e ou quando são descartados no ambiente, onde sua longevidade pode durar de centenas a milhares de anos (Barnes *et al.*, 2009; Rillig *et al.*, 2021). Fatores como o vento, a irradiação de luz e de calor, as ondas ou marés, a tensão e degradação microbiana ou mesmo o desgaste durante seu uso, são responsáveis pela degradação do plástico, ocasionando sua fragmentação em pedaços menores e formando os microplásticos (MPs) (Gesamp, 2015).

QUADRO 1: PRINCIPAIS POLÍMEROS PRODUZIDOS NO MUNDO E EXEMPLOS DE ALGUMAS DE SUAS APLICAÇÕES

Polímeros	Utilização
Polipropileno (PP): PP Homo- resistente a altas temperaturas, podendo ser esterilizado. PP Copo – transparente, flexível e mais resistente que o PP Homo	PP Homo: Embalagens de alimentos, peças com dobradiças, tampas flip-top, autopeças. PP Copo: utilidades domésticas, frascos e embalagens em geral
Polietileno de baixa densidade (PEBD): atóxico, flexível, leve e transparente	Embalagens de alimentos e produtos de higiene, isolamento de fios
Polietileno de alta densidade (PEAD) resistente a baixas temperaturas, leve e ótima resistência física e mecânica	Recipientes para produtos de limpeza, utensílio doméstico e fabricação de autopeças.
Policloreto de vinila (PVC): produto versátil, com adição de aditivos é utilizado em diversos produtos	Embalagens de alimentos, cosméticos, canos, cabos elétricos, mangueiras, couro sintético, revestimento de pisos
Polietileno de tereftalato (PET): rígido e transparente com excelente resistência a impactos e baixa permeabilidade de gases	Utilizado em fibras de poliéster, fios para tecelagem, garrafas de bebida, embalagens para cozimento de alimentos, frascos de alimentos, cosméticos e produtos de limpeza
Poliestireno e derivados (PS): material leve, rígido, transparente e brilhante	Embalagens de alimentos (copos, pratos e talheres descartáveis), brinquedos, produtos de escritório, entre outros
Poliestireno expandido (EPS isopor): material com excelente propriedade acústica e térmica	Embalagens para alimentos, lajes, isolamento acústico e térmico, na construção civil.
Poliestireno de alto impacto (PSAI): translúcido, sensível a radiação ultravioleta, baixa resistência química	Produtos descartáveis, brinquedos, eletrônicos e autopeças
Poliamidas (PA): polímeros com alta rigidez, alto ponto de fusão e alta resistência química.	Utilizados em indústria têxtil, alimentícia, eletroeletrônica, fabricação de cordas.

Fonte: A autora (2025).

Quando produzidos intencionalmente em tamanho micrométrico; como as microesferas e pellets que possuem diferentes finalidades no mercado, desde uso em abrasivos industriais ao uso na indústria cosmética, os MPs são classificados como primários, já os MPs proveniente da fragmentação de plásticos maiores, são classificados como MPs secundários (Gesamp, 2015; Golmohammadi *et al.*, 2023; Horton *et al.*, 2017).

Os MPs são identificados como partículas plásticas com tamanho inferior a 5 mm (Gesamp, 2019) e devido a esse pequeno porte têm a capacidade de se propagar facilmente em todos os tipos de ambientes; seja aquático, terrestre e ou atmosférico e com isso sua biodisponibilidade aumenta e são capazes de chegar aos mais diversos seres vivos (Law;

Thompson, 2014; Ma *et al.*, 2020). Nos animais, a ingestão e ou adsorção de MPs pode ocasionar vários efeitos em diversos níveis de organização biológica - de uma comunidade a níveis orgânicos - podendo causar diferentes danos, dependendo do nível de concentração no organismo (Ruijter *et al.*, 2020).

Para as autoras Bucci; Rochman (2022) avaliar os perigos e os riscos dos MPs torna-se difícil por serem contaminantes multidimensionais; pois se diferem em forma, estrutura, tipo de polímero e composição química, fatores que influenciam diretamente a toxicidade de cada partícula. Mas apesar de existirem muitas lacunas para a compreensão desses perigos, estudos vêm demonstrando os efeitos negativos que os MPs causam na biota, com a obstrução do trato digestivo, o sufocamento e o estresse, além de uma falsa sensação de saciedade e diminuição da alimentação (Browne; Galloway; Thompson, 2007; Kwak; Rhee; An, 2024).

2.2 MPs NOS AMBIENTES AQUÁTICOS E NOS PEIXES

Cada vez mais presentes nos ambientes aquáticos os MPs são fontes crescentes de contaminantes, estas partículas são capazes de capturar e transportar poluentes orgânicos persistentes (POPs), adsorver e absorver metais pesados e produtos químicos (Bakir; Rowland; Thopmson, 2014; Brennecke *et al.*, 2016; Casillas *et al*., 2023).

Em ambientes aquáticos de água doce, estudos relatam que a concentração de MPs está relacionada com a densidade populacional, com a gestão dos RSU e das águas residuais e com os aspectos socioeconômicos de uma região (Chen *et al,* 2020). As regiões que recebem águas residuais não tratadas, direta ou indiretamente, são as que mais recebem altas concentrações de MPs, principalmente das fibras advindas de lavagem de roupa (Browne *et al*, 2011).

O Brasil possui uma enorme disponibilidade de água doce, mas o tratamento das águas residuais é realizado de modo deficiente na maioria de seus municípios, em torno de 50% desse material não tratado é lançado diretamente em rios e são essas descargas de material contaminado as apontadas como as principais poluidoras das águas doces urbana no país (Sodré *et al.*, 2023; Ana, 2017). E mesmo com o tratamento adequado das águas residuais, segundo Vargas *et al.* (2022), esses processos não são capazes de retirar a maioria dos MPs, fazendo com que essas partículas permaneçam praticamente inalteradas e passem facilmente pelos ambientes aquáticos até o oceano.

Os MPs se originam de diversas fontes (Figura 1), provavelmente a mais relevante seja pela fragmentação dos plásticos maiores, mas as microesferas produzidas para a indústria

cosmética e de higiene pessoal vêm chamando a atenção como potencial contaminante ambiental, estas partículas são utilizadas em diversos produtos do dia a dia, como os esfoliantes faciais e corporais, shampoos, sabonetes e cremes corporais e dentais, sendo despejadas nos sistemas de tratamento de esgoto ou diretamente em canais ou rios após serem usadas (Duis, Coors; 2016; Singh; Mishra, 2023).

Estudos apontam que ocorrem grandes concentrações de MPs em ambientes de água doce e sua biota em diversas partes do mundo (Jin *et al.*, 2023; Pradit *et al.*, 2023; Singh *et al.*, 2021), no Brasil as pesquisas relatando a presença de MPs em sistemas de água doce ainda são escassas, a maioria se concentra em sistemas estuarinos e marinhos (Lima *et al.*, 2020; Ribeiro-Brasil *et al.*, 2020; Selinger *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2023).

Além de depositarem grandes quantidades de MPs, as águas doces transportam esse poluente até o oceano (Fernandes *et al.*, 2022) e acompanhada de outros fatores; como as atividades humanas exercidas nas regiões costeiras, atividades pesqueiras, transporte marítimo, entrada direta de sistemas de esgoto nos oceanos, vento, chuva e maré, contaminam o oceano com MPs (Gesamp, 2019; Iwanicki, 2024).

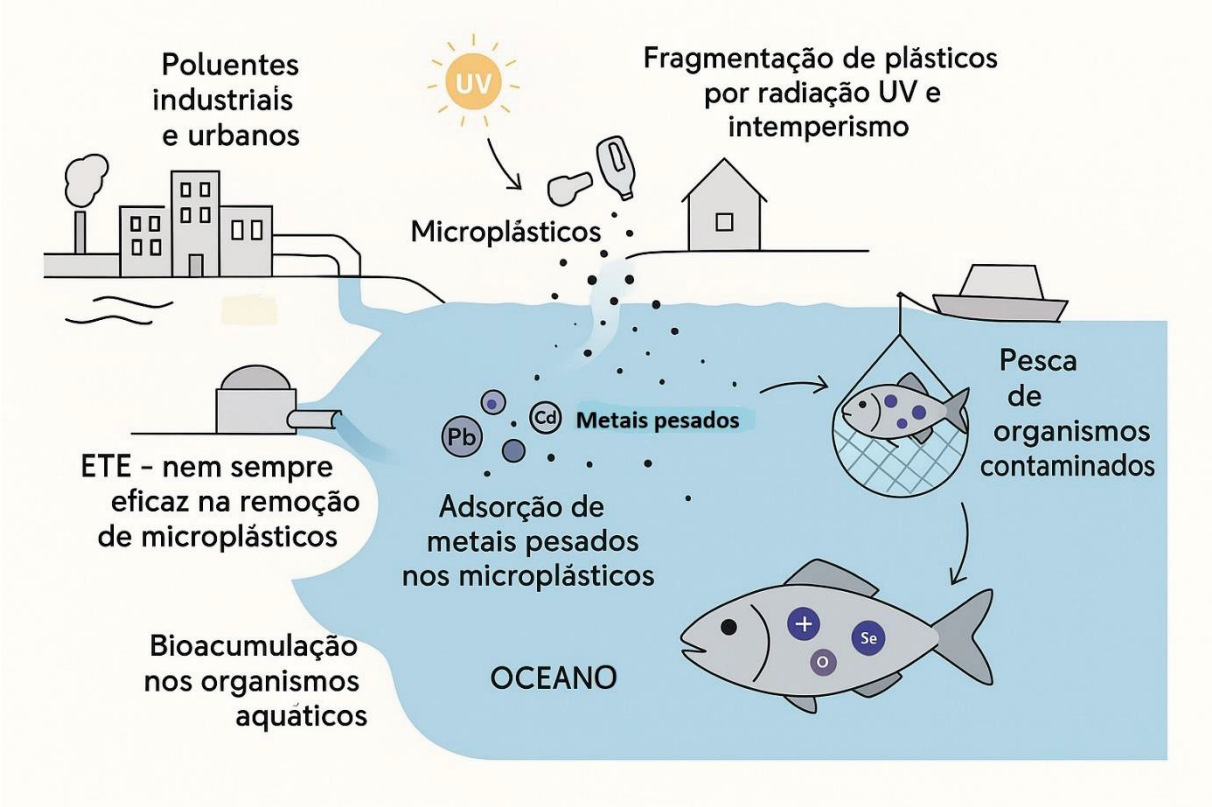
No ambiente marinho os MPs fazem parte de uma ampla gama de materiais que constituem o lixo no mar (Gesamp, 2019) sendo o plástico o poluente mais presente neste ambiente (Bebianno; Rosas; Gonçalves *et al.*, 2023; Gall, Thopmson, 2015; Thompson *et al*, 2004). Devido ao seu reduzido tamanho sua presença no oceano é quase imperceptível, entretanto, quanto menor o tamanho do MPs, mais disponíveis ele fica para ser ingerido por criaturas minúsculas que se encontram em plânctons e nos sedimentos marinhos (Turra *et al.*, 2020).

> A poluição por lixo no mar é um sintoma de um descuido da rotina de produção, consumo e descarte que caracteriza nossa sociedade. Esse sintoma chega na central de emergência com muitos outros problemas que assolam a saúde do oceano, demandando atenção. (Ellif, *et al*. 2022 p.15).

Ao ficarem disponíveis e misturados com os alimentos habituais, os MPs podem ser facilmente ingeridos acidentalmente durante a alimentação normal dos peixes, isso ocorre porque as partículas plásticas de diferentes tamanhos estão presentes tanto nos sedimentos como na coluna d'água (Dantas *et al.*, 2020; Possatto *et al.,* 2011). A ingestão desse poluente também pode ocorrer de maneira proposital, essa situação acontece quando os peixes confundem os MPs com seus alimentos ou os MPs ainda podem ser ingeridos de modo indireto, quando os peixes ingerem animais menores que estão contaminados com os MPs (Smith *et al.*, 2022)

Nos peixes, os MPs podem se bioacumular no intestino e nas guelras, podendo liberar aditivos químicos como estabilizantes, corantes e plastificantes, através do sistema circulatório os MPs podem se bioacumular em outros órgãos causando efeitos tóxicos, como alteração de índices imunológicos, alterações hormonais, neurotoxidade, alteração do crescimento e disfunção reprodutiva (Belo *et al.*, 2021; Ghosh, 2025; Jo *et al.*,2025; Montagner *et al.,* 2021; Straub; Hirsh; Burkhardt-Holm, 2017).

FIGURA 1: ILUSTRAÇÃO REPRESENTATIVA DE FONTES DE POLUIÇÃO QUE CHEGAM AOS AMBIENTES AQUÁTICOS, CONTENDO METAIS PESADOS E MPS ORIGINADOS PELA DEGRADAÇÃO POR AÇÃO ULTRAVIOLETA (UV). A INGESTÃO DESSES POLUENTES POR PEIXES A IOMAGNIFICAÇÃO E A PESCA



FONTE: A autora (2025).

2.3 PEIXES COMO BIOINDICADORES E SENTINELAS

O aumento dos despejos de diferentes substâncias tóxicas no ambiente, torna a biota aquática cada vez mais susceptível à contaminação antropogênica, comprometendo não somente a qualidade ambiental, mas também a saúde dos que ali habitam (Arias, 2007). Bioindicadores são importantes ferramentas para verificação da poluição ambiental, são espécies ou grupos de espécies que respondem aos diferentes contaminantes ambientais,

resultando em alterações de suas funções vitais ou acumulando toxinas; sua utilização fornece informações que possibilitam avaliar os efeitos ecológicos e os impactos ambientais causados pelas diferentes fontes de poluição (Freitas *et al*., 2009; Mota, Barboni; Jesus, 2009).

Os peixes são um dos principais organismos utilizados na avaliação de impactos ambientais em sistemas aquáticos, porque possuem diversas características que os tornam excelentes modelos ambientais (Pinto; Marques; Santos, 2020). Estudos demonstram que os peixes apresentam mudanças morfológicas, fisiológicas e ecológicas diante dos impactos causados no ambiente. (Lizama *et al*., 2022). A análise de indicadores em diferentes níveis tróficos, pode auxiliar na compreensão dos efeitos da bioacumulação de substâncias danosas, permitindo avaliar os efeitos nocivos em toda cadeia trófica do ecossistema (Martins *et al.*, 2022).

Segundo Batista; Ferreira; Silva (2024), poucas espécies da ictiofauna brasileira foram investigadas como potenciais bioindicadores, além disso, os estudos existentes não estão distribuídos de uma maneira geográfica uniforme. O que torna necessário ampliar o escopo dessas pesquisas, diante de toda a diversidade da ictiofauna e da vasta extensão territorial do país.

O biomonitoramento utiliza organismos vivos como sentinelas para avaliar a qualidade da água, detectando variações na contaminação e toxicidade ao longo do tempo ou em diferentes locais. Essa abordagem permite integrar a diversidade dos poluentes biodisponíveis no ambiente com a análise de seus efeitos tóxicos (Bancel *et al.*, 2024).

Como os peixes se alimentam facilmente de MPs, devido ao seu tamanho reduzido e suas propriedades flutuantes (Kiliç; Yücel, 2022) sua análise como organismo sentinela pode indicar a presença do poluente. E como há inúmeros relatos que essa ingestão pode causar diversos prejuízos, torna-se importante avaliar não só os ambientes marinhos, mas também os organismos marinhos que são contaminados por esse poluente (Fossi *et al*., 2017; Kiliç; Yücel, 2022). Através da análise do conteúdo estomacal de peixes também é possível investigar características importantes da comunidade ao qual o indivíduo pertence; como a diversidade, a composição taxonômica e a dispersão, sendo viável avaliar os impactos que ocorrem nos sistemas aquáticos (Lizama *et al.*, 2022).

2.4 ODS 14 E A DÉCADA DO OCEANO

Estabelecida pela ONU no ano de 2015, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, contém um conjunto de metas globais organizadas em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com o propósito de promover o equilíbrio ambiental, social e econômico a partir de uma cooperação internacional para o enfrentamento da pobreza, da degradação ambiental e das mudanças climáticas (Brasil, 2016).

Os ODS são a sequência e o fortalecimento aos ODM (Objetivos do Desenvolvimento do Milênio, acordados no ano de 2000 na cidade de Nova Iorque) e se destacam por possuírem uma abordagem mais abrangente, fortalecendo especialmente os objetivos ambientais. Além disso a Agenda 2030 trouxe avanços significativos para a pauta oceânica, já que este não era um tema tratado especificamente nos ODM (Andrade *et al*, 2023).

O oceano é o maior ecossistema do planeta Terra e abriga uma imensa diversidade de criaturas, ele desempenha funções vitais para o equilíbrio do planeta, como o armazenamento de carbono, a produção de quase metade do oxigênio e a estabilização do clima global. A vida marinha desempenha um papel essencial na saúde e no bem-estar da humanidade, servindo como fonte de alimento e medicamentos. Sua beleza, mistério e variedade de seres vivos, além de sua provável relação com a origem da vida na Terra, despertam o interesse humano para estudá-lo (Castro; Huber, 2012).

O ODS 14 – Vida na água: conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável, tem um papel fundamental na Agenda Oceânica, pois discute as principais ações que podem ser implementadas para interromper os processos causadores de estresse no oceano. Em relação ao Brasil, devido a sua localização geográfica, da extensão da sua costa e da importância do oceano para a promoção do desenvolvimento sustentável, torna-se urgente a necessidade de se implantar as metas da ODS 14. (Ipea, 2019).

São 10 metas globais estabelecidas no ODS 14 e após análise da Comissão Nacional dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável, concluiu-se que são metas aplicáveis para a realidade brasileira. Conforme Brasil (2016), as metas são:

- 14.1 até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutriente;

- 14.2 até 2020, gerir de forma sustentável e proteger os ecossistemas marinhos e costeiros para evitar impactos adversos significativos, inclusive por meio do reforço da sua

capacidade de resiliência, e tomar medidas para a sua restauração, a fim de assegurar oceanos saudáveis e produtivos;

- 14.3 minimizar e enfrentar os impactos da acidificação dos oceanos, inclusive por meio do reforço da cooperação científica em todos os níveis;

- 14.4 até 2020, efetivamente regular a coleta, e acabar com a sobrepesca, ilegal, não reportada e não regulamentada e as práticas de pesca destrutivas, e implementar planos de gestão com base científica, para restaurar populações de peixes no menor tempo possível, pelo menos a níveis que possam produzir rendimento máximo sustentável, como determinado por suas características biológicas;

- 14.5 até 2020, conservar pelo menos 10% das zonas costeiras e marinhas, de acordo com a legislação nacional e internacional, e com base na melhor informação científica disponível;

- 14.6 até 2020, proibir certas formas de subsídios à pesca, que contribuem para a sobrecapacidade e a sobrepesca, e eliminar os subsídios que contribuam para a pesca ilegal, não reportada e não regulamentada, e abster-se de introduzir novos subsídios como estes, reconhecendo que o tratamento especial e diferenciado adequado e eficaz para os países em desenvolvimento e os países de menor desenvolvimento relativo deve ser parte integrante da negociação sobre subsídios à pesca da Organização Mundial do Comércio;

- 14.7 até 2030, aumentar os benefícios econômicos para os pequenos Estados insulares em desenvolvimento e os países de menor desenvolvimento relativo, a partir do uso sustentável dos recursos marinhos, inclusive por meio de uma gestão sustentável da pesca, aquicultura e do turismo;

- 14.a aumentar o conhecimento científico, desenvolver capacidades de pesquisa e transferir tecnologia marinha, tendo em conta os critérios e as orientações sobre a Transferência de Tecnologia Marinha da Comissão Oceanográfica Intergovernamental, a fim de melhorar a saúde dos oceanos e aumentar a contribuição da biodiversidade marinha para o desenvolvimento dos países em desenvolvimento, em particular os pequenos Estados insulares em desenvolvimento e os países de menor desenvolvimento relativo;

- 14.b proporcionar o acesso dos pescadores artesanais de pequena escala aos recursos marinhos e mercados;

- 14.c assegurar a conservação e o uso sustentável dos oceanos e seus recursos pela implementação do direito internacional, como refletido na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, que provê o arcabouço legal para a conservação e utilização sustentável dos oceanos e dos seus recursos, conforme registrado no parágrafo 158 do Futuro Que Queremos.

O Brasil assumiu o compromisso do documento lançado na cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, porém tem encontrado uma série de desafios para implementar o ODS 14, com problemas orçamentários, de pessoal qualificado ou de meios de execução. Somado a isso, o Governo Federal no ano de 2019 decretou a extinção de centenas de colegiados da administração pública, instâncias essenciais para a articulação e desenvolvimento de políticas públicas (Ipea, 2019).

Para que o Brasil possa alcançar os resultados da Década do Oceano é preciso implementar imprescindivelmente as metas do ODS 14, para isso é necessário ampliar a cooperação com outros países, produzir mais dados que possam subsidiar os indicadores e mais evidências para amparar as políticas públicas que auxiliam sua implementação e aumentar a capacidade institucional dos municípios brasileiros, melhorando a articulação entre as três esferas da administração pública (Andrade *et al*, 2023; Gonçalves, 2021).

A Década das nações unidas da ciência oceânica para o desenvolvimento sustentável - Década do Oceano, foi proclamada pela ONU no ano de 2017 e proposta para acontecer entre os anos de 2021 a 2030, como objetivo busca fortalecer a ciência oceânica para apoiar a implementação da Agenda 2030. Seu foco é a interação entre ciência e política, promovendo a gestão sustentável dos oceanos e zonas costeiras. No entanto, a iniciativa ressalta a necessidade de engajamento da sociedade na proposição de ideias e ações para o Desenvolvimento Sustentável (Unesco, 2019).

A partir do estabelecimento de metas conhecidas como Sete resultados da Década do Oceano, a Década orienta ações para um oceano mais saudável e sustentável, são elas; i) um oceano limpo: identificar, reduzir ou remover as fontes de poluição; ii) um oceano saudável e resiliente: mapear e proteger os ecossistemas marinhos; iii) um oceano produtivo: que suporte uma cadeia alimentar sustentável; iv) um oceano previsível: o qual a sociedade compreenda as condições oceânicas presentes e futuras, v) um oceano seguro: no qual as pessoas e os meios de subsistência, estejam protegidas dos riscos oceânicos; vi) um oceano acessível: com acesso livre aos dados, à informação, à tecnologia e à inovação e vii) um oceano inspirador e envolvente: onde a sociedade possa compreender e valorizar sua relação com o bem-estar e o desenvolvimento sustentável (Brasil, 2022; Unesco, 2019).

> A Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento sustentável é uma ferramenta que permitirá que todos os governos do mundo criem a sinergia necessária para apoiar as atividades científicas visando à geração de dados, informações e tecnologias para alcançar o ODS 14. (Unesco, 2019 p.16).

Para Turra (2021) a implementação da Década do Oceano é um processo amplo e participativo, que leva em consideração a diversidade de condições socioeconômicas, ambientais e científicas de cada país, que influenciam suas estratégias para enfrentar desafios e alcançar os objetivos da iniciativa.

A Comissão Oceanográfica Internacional (COI) da Unesco é o órgão responsável em trabalhar com as partes interessadas, sendo incumbida em apoiar a ciência e os serviços oceânicos globais. Permitindo que os Estados-membros da ONU possam trabalhar em conjunto, através de coordenação compartilhada de programas de observação oceânica, mitigação de desastres, alertas de tsunami e planejamento espacial marinho (Unesco, 2019).

No Brasil, o Plano Nacional de Implementação da Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável é um instrumento de planejamento elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) com a participação do Comitê de Assessoramento à Gestão da Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (Brasil, 2022).

O Comitê busca reunir as partes interessadas para facilitar o intercâmbio entre as instituições, buscando avançar as bases da ciência oceânica no Brasil. Esse trabalho acontece em parceria e apoio com diversas organizações e grupos que são importantes em expandir as discussões e gerar debates que envolvam reflexões para o fortalecimento e alcance dos objetivos da Década (Brasil, 2022; Xavier; Leonel; Turra, 2022).

Segundo Christofoletti *et al.* (2021), a Década do Oceano destaca a importância da ciência na sociedade e promove uma ciência oceânica orientada para o Desenvolvimento Sustentável. Essa abordagem integra dimensões sociais, ambientais, econômicas e culturais, visando melhorias na qualidade de vida de forma equilibrada. Esses elementos são essenciais para impulsionar as transformações necessárias rumo a um desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

Além disso a Década do Oceano tem o papel de abordar os 17 ODS, a partir do ODS 14, fazendo com que os demais sejam trabalhados conjuntamente a partir da zona costeira e do oceano para a construção de um futuro sustentável.

3 PANORAMA DA PESQUISA SOBRE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES NO TERRITÓRIO BRASILEIRO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de plástico do mundo e um dos maiores poluidores. Ao se fragmentar no ambiente, o plástico torna-se microplástico (MPs) e atinge maiores distâncias ficando biodisponível para um maior número de seres vivos. Esse poluente tem sido registrado cada vez mais em ambientes aquáticos e com isso aumentado a preocupação em relação aos danos que pode ele pode causar na biota. O objetivo desta revisão foi verificar o panorama das pesquisas produzidas no Brasil, relacionadas a presença de microplástico (MPs) em peixes de água doce e marinho, capturados na natureza. A partir da pesquisa em 6 bases de dados, foram selecionados 45 artigos finais publicados entre os anos 2016 a 2024. No total 38% dos estudos encontrados foram em peixes de ambiente de água doce e 62% dos estudos foram relacionados a peixes marinhos; onde 74% foram estudos realizados em praias da região costeira e 26% em estuários. Houve também uma diferença em relação a produção acadêmica entre as regiões do país, o Nordeste foi responsável por 38% dos estudos, enquanto a região Centro-Oeste 2%. O método de separação de MPs dos tecidos biológicos mais utilizado foi o de inspeção visual (56%). A maioria dos artigos indicou os tipos de partículas e as cores encontradas, sendo as fibras e os fragmentos e as cores azul, transparente e preta os MPs mais registrados. A caracterização do polímeros ocorreu em 51% dos estudos, com a metodologia FTIR foi a mais utilizada. As pesquisas relataram a presença de MPs em diferentes regiões do Brasil, em peixes de diferentes espécies, fases e habitats, tanto em ambientes marinho como de água doce.

Palavras-chave: microplástico; peixes; ambiente marinho; ambiente de água doce.

RESEARCH PANORAMA ON MICROPLASTICS IN FISH IN BRAZILIAN TERRITORY: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

Brazil is one of the world's largest plastic producers and one of its biggest polluters. When plastic breaks down in the environment, it becomes microplastic (MPs) and travels greater distances, becoming bioavailable to a larger number of living organisms. This pollutant has been increasingly recorded in aquatic environments, raising concerns about the damage it can cause to the biota. The objective of this review was to verify the panorama of research produced in Brazil related to the presence of microplastics (MPs) in wild-caught freshwater and marine fish. From a search across six databases, 45 final articles published between 2016 and 2024 were selected. In total, 38% of the studies found were on freshwater fish and 62% were on marine fish; of these, 74% were studies conducted on coastal beaches and 26% in estuaries. There was also a difference in academic production between the country's regions: the Northeast was responsible for 38% of the studies, while the Central-West region accounted for 2%. The most common method for separating MPs from biological tissues was visual inspection (56%). Most articles indicated the types of particles and colors found, with fibers and fragments, and blue, transparent, and black being the most frequently reported MPs. Polymer

characterization occurred in 51% of the studies, with FTIR being the most used methodology. The research reported the presence of MPs in different regions of Brazil, in fish of different species, life stages, and habitats, in both marine and freshwater environments.

Keywords: microplastic; fish; marine environment; freshwater environment.

3.1 INTRODUÇÃO

A população mundial consome em torno de 450 milhões de toneladas métricas de plástico por ano; desse total, um pouco mais de 350 milhões tornam-se resíduos que são geridos de diferentes formas, sendo aproximadamente 80 milhões de toneladas de resíduos não geridos que se tornam poluentes ambientais (Purcell *et al.,* 2023). O Brasil está em 4º lugar em relação a produção mundial de plástico, reciclando apenas 1,2 % do que produz (Brasil, 2019) e quanto a poluição, o Brasil é maior poluidor da América Latina ocupando a 8ª posição entre os maiores países poluidores do mundo (Magno, I., 2024).

O plástico é o principal resíduo sólido urbano (RSU) resistente a degradação, gerado no Brasil (Lino; Ismail; Castañeda-Ayarza, 2023) e quando não descartado adequadamente ou mesmo nem coletado tem a maior chance de parar em ambientes naturais e causar poluição, gerando inúmeros problemas ambientais e econômicos (Alencar *et al.*, 2022; Olivatto *et al.*, 2018). Por ser derivado de petroquímicos alguns plásticos são quimicamente nocivos: i) por serem constituídos diretamente por substâncias tóxicas, como o poliestireno por exemplo, ii) ou porque absorvem e transportam outros elementos tóxicos (Daltry; Merone; Queensland, 2021).

No ambiente, o plástico pode reter água e servir de habitat para inúmeros artrópodes vetores de doenças, estimulando o crescimento de bactérias patogênicas e algas nocivas, facilitando o aumento de doenças que são transmitidas por vetores e pela água para a população (Maquart; Froehlich; Boyer, 2022). Quanto mais disponível no ambiente, maiores são as chances de os animais silvestres ingerirem plástico e como consequência, pode ocorrer sufocamento, obstrução do sistema digestivo ou uma falsa sensação de saciedade, causando fome e até morte do animal (Barnes *et al.*, 2009; Derraik, 2002).

Outro problema ocasionado pelo plástico é a sua fragmentação, que ocorre pelo uso ou pela ação do intemperismo, quebrando as partículas maiores em menores gerando o microplástico (MPs), neste caso classificado como secundário; que pode ser as fibras, fragmentos, linhas, flocos de tintas, espumas entre outros (Gesamp, 2019). Já os MPs

classificados como primários são as partículas produzidas intencionalmente para utilização em diversos produtos de consumo, como as microesferas e pellets por exemplo (Gesamp, 2015).

Os MPs são considerados como partículas plásticas inferior a 5mm (Gesamp, 2015) e devido ao seu reduzido tamanho, são um poluente ambiental ainda mais preocupante (Olivatto *et al.*, 2018), pois devido a características como leveza e flutuabilidade, ele se propaga facilmente atingindo grandes distâncias e estendendo a sua disponibilidade para um maior número de ambientes e seres vivos (Liu; Zheng, 2025). Outra característica importante em muitos polímeros é sua persistência no ambiente devido a sua lenta degradação (Gesamp, 2009).

As principais fontes de entrada de MPs para os ambientes aquáticos são decorrentes do lançamento direto de esgotos, efluentes de estações de tratamento, descargas industriais, atividades recreativas, turismo e material plástico perdido ou jogado pela atividade pesqueira (Browne *et al.*, 2011; Mattsson; Hansson; Cedervall, 2015; Vivekanand; Mohapatra; Tyagi, 2021). A presença de MPs nos ambientes aquáticos tem se tornado um problema crescente, por estar cada vez mais disponível este poluente pode ser ingerido de modo acidental ou mesmo proposital; pois os animais podem confundir o MPs com alimentos que fazem parte da sua dieta habitual (Derraik, 2002; Vivekanand; Mohapatra; Tyagi, 2021).

Nos peixes, a presença de MPs pode causar diferentes danos, alguns capazes de prejudicar sua alimentação que podem levar a redução de seu crescimento (Kibria, 2023; Zhang *et al*, 2024), os danos fisiológicos e estruturais acarretam alterações no fígado, intestino, brânquias, interferência no metabolismo e na fertilidade (Li *et al.*, 2020; Zolotova *et al.*, 2022). Além de serem essenciais na função e resiliência do ecossistema, pois exercem função de regulação da cadeia alimentar (Holmlund; Hammer, 1999), os peixes são fontes de alimentos saudáveis para a população, pois são ricos em proteínas e ômega 3 e possuem um baixo valor calórico (Soares; Gonçalves, 2012).

Em relação ao Brasil, o país tem uma das maiores capacidade de recursos hídricos no mundo, cerca de 12% de toda água doce do planeta se encontra no território brasileiro, concentrada principalmente na região amazônica (Santos; Reis; Mendiondo, 2019; Setti *et al.*, 2000). Além disso, a maioria dos estados brasileiros integram a zona costeira e como consequência, em torno de 25% da população do país reside nesse território, razão pela qual o oceano atribui grande importância para o país, pois o mesmo é fonte de alimento e trabalho para milhares de famílias brasileiras (IBGE, 2021; Ipea, 2019).

Toda essa disponibilidade hídrica e a grande extensão da costa brasileira, fazem da pesca uma atividade com papel fundamental na economia do país, pois é da pesca artesanal que provem a maioria do pescado no mercado nacional, gerando trabalho direto e indireto para

milhares de pessoas, além do mais o pescado também serve como fonte direta de alimento para inúmeras famílias que estão envolvidas com as atividades pesqueiras (Oliveira; Silva, 2012; Silva, 2014).

Atenta aos impactos ecológicos do plástico, tanto nos recursos hídricos como na sua biota, a comunidade científica tem mostrado crescente interesse por estudos relacionados a esse tema. Os detritos plásticos maiores, em suas diferentes formas, tamanhos e composições representam a maior parte dos resíduos marinhos e sua presença, assim como seus impactos tanto no ambiente aquático como na fauna, estão bem relatados em inúmeros estudos pelo mundo (Andrady, 2011; Possatto *et al*., 2011).

Já a presença de pequenas partículas plásticas, pelotas ou grânulos plásticos vem sendo relatada e considerada como uma ameaça à biota marinha nos oceanos desde a década de 1970 (Carpenter, *et al.*, 1972), desde então a atenção da comunidade acadêmica aumentou progressivamente seu interesse por estudos relatando a presença e os potenciais impactos dessas minúsculas partículas plásticas nos ambientes aquáticos e na fauna presente (Derraik, 2002; Pham *et al.*¸2017; Sanchez; Bender; Recherche, 2014; Zhu *et al.*, 2020). Mas foi somente no ano de 2004 que o termo MPs foi utilizado pela primeira vez em um artigo e no ano de 2009 a "Nacional Oceanic and Atmospheric Administration" (NOAA) definiu os microplásticos como fragmentos de plástico com tamanho inferior e a 5 mm (GESAMP, 2009; Thompson *et al*, 2004; Arthur; Baker; Bamford, 2009).

Partindo do exposto acima, o objetivo dessa revisão foi analisar o panorama das pesquisas realizadas no Brasil em relação a presença de MPs em peixes de água doce e marinho, capturados na natureza. Com os seguintes objetivos específicos; i) analisar a distribuição geográfica dos estudos, ii) sintetizar as metodologias laboratoriais utilizadas, iii) verificar se há identificação dos tipos e das cores das partículas e da caracterização dos polímeros, iv) averiguar em que ano e quais revistas científicas os artigos foram publicados e v) levantar quais espécies de peixes já foram estudadas.

3.2 METODOLOGIA

Esta revisão sistemática foi realizada com um processo estruturado de busca, seleção e análise dos artigos. A pergunta geradora para a elaboração deste estudo foi: Qual o panorama das pesquisas relacionadas a presença de microplástico (MPs) em peixes de água doce e marinho, capturados na natureza, no Brasil?

As buscas foram realizadas entre os dias 14 a 19 de agosto de 2024, utilizando os seguintes *strings* (termos) de buscas: “microplastics”, “fish” e “Brazil” usando “and” em diferentes combinações de busca nas bases de dados: Capes, Embase, Scielo, Science Direct, Scopus e Web of Science, conforme segue:

a) Web of Science: “microplastics” (tópico) AND “fish” (tópico) AND “Brazil” (todos os campos);

b) Science Direct: “Brazil” (termo) AND “microplastics” (título, resumo ou palavra-chave especificados pelo autor) AND “fish” (título, resumo ou palavra-chave especificados pelo autor;

c) Embase: “Brazil” (busca ampla) AND “microplastics” (título, resumo ou palavra-chave especificados pelo autor) AND “fish” (título, resumo ou palavra-chave especificados pelo autor);

d) Scielo Brasil: “microplastics” AND “fish” (todos os índices).

e) Scopus: “microplastics” (título, resumo ou palavra-chave) AND “fish” (título, resumo ou palavra-chave) AND “Brazil” (todos os campos).

f) Capes: “microplastics” (qualquer campo) AND “fish” (qualquer campo) AND “Brazil” (qualquer campo);

Os artigos foram exportados em formato compatível CSV ou Excel e salvos no gerenciador de referências Mendeley® (Elsevier, online version) para identificação e exclusão dos não selecionados ou duplicados. O total geral foi de 671 artigos divididos entre: Web of Science (126); Science Direct (124); Embase (56); Scielo Brasil (08); Scopus (249); Capes (108).

A seleção preliminar se deu através da leitura do título, do resumo e das palavras-chave, para assim fazer uma seleção utilizando o critério inclusão ou exclusão relacionado ao objetivo do trabalho. Foram incluídos trabalhos desenvolvidos no Brasil que tivessem como parâmetro a verificação de presença de microplástico em peixes de água doce e marinha no território brasileiro e foram excluídos trabalhos desenvolvidos fora do Brasil e/ou tivessem sido produzidos a partir de pesquisas realizadas em tanques artificiais e ou naturais e pesquisas com foco em bioensaios.

Após a seleção preliminar restaram 133 publicações, aos quais os repetidos que se encontravam em diferentes bases de dados foram retirados, resultando em 51 artigos. A etapa final foi a leitura total dos artigos, onde foram retirados trabalhos que mencionaram o termo MPs somente na introdução e ou referências e artigos semelhantes publicados em periódicos diferentes, obtendo como resultado 45 artigos.

Para organização dos dados, foram escolhidas as seguintes perguntas em cada artigo: ano de publicação; revista publicada; espécies ou famílias de peixe pesquisada (Quadro 1); região da pesquisa; se houve descrição sobre o tipo e cores de MPs; qual o método de análise (neste estudo considerado como: i) inspeção visual: dissecação do TGI (trato gastrointestinal) e ou brânquias e análise visual com separação das partículas plásticas do material orgânico, ii) digestão química; dissolução da matéria orgânica através de reagentes químicos); se houve caracterização dos polímeros e qual metodologia utilizada. Cada artigo foi tabulado por duas pesquisadoras e houve utilização da ferramenta de pesquisa e anotação online de inteligência artificial, NotebookLM.

Os artigos foram classificados em duas categorias; i) pesquisas relacionadas a presença de MPs em peixes de ambiente marinho capturados na natureza, no Brasil, onde foram incluídos os estudos realizados em sistemas estuarinos e ii) pesquisas relacionadas a presença de MPs em peixes de ambiente de água doce, capturados na natureza, no Brasil.

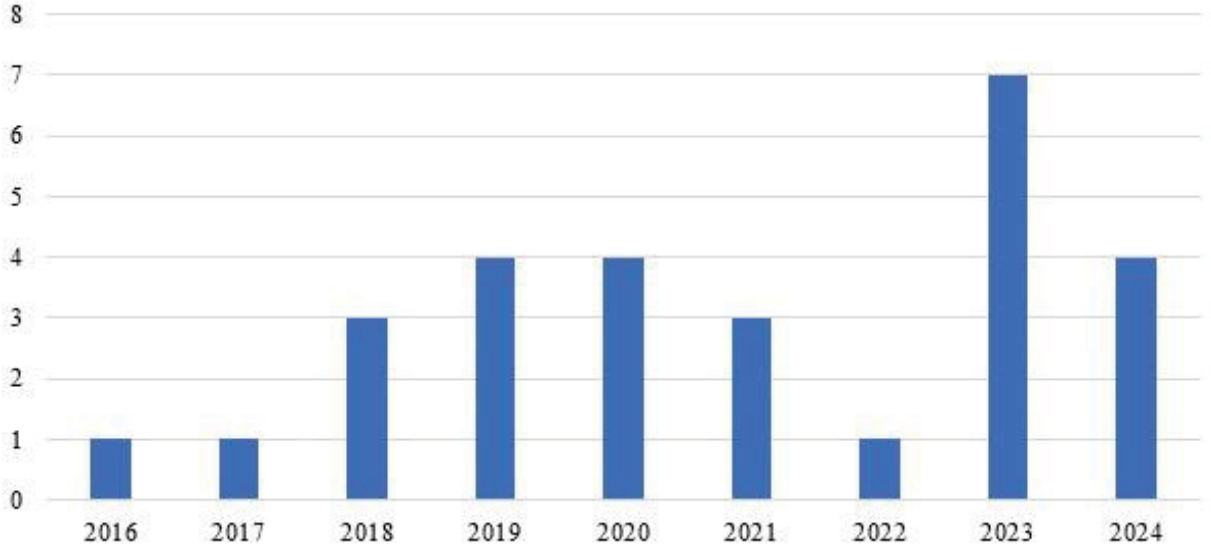
3.3 RESULTADOS

3.3.1 Panorama das pesquisas relacionadas a presença de MPs em peixes de ambiente marinho, capturados na natureza, no Brasil

Um total de 28 artigos (Quadro Suplementar 1) foram encontrados referentes a estudos sobre MPs em peixes marinhos no Brasil do ano de 2016 até a data de 19 de agosto de 2024. O ano com maior publicação foi em 2023 com 7 artigos; seguido de 2019, 2020 e 2024 com 4 artigos por ano; 2018 e 2021 com 3 artigos por ano e os anos de 2017, 2017 e 2022 com 1 artigo publicado em cada ano (Figura 2).

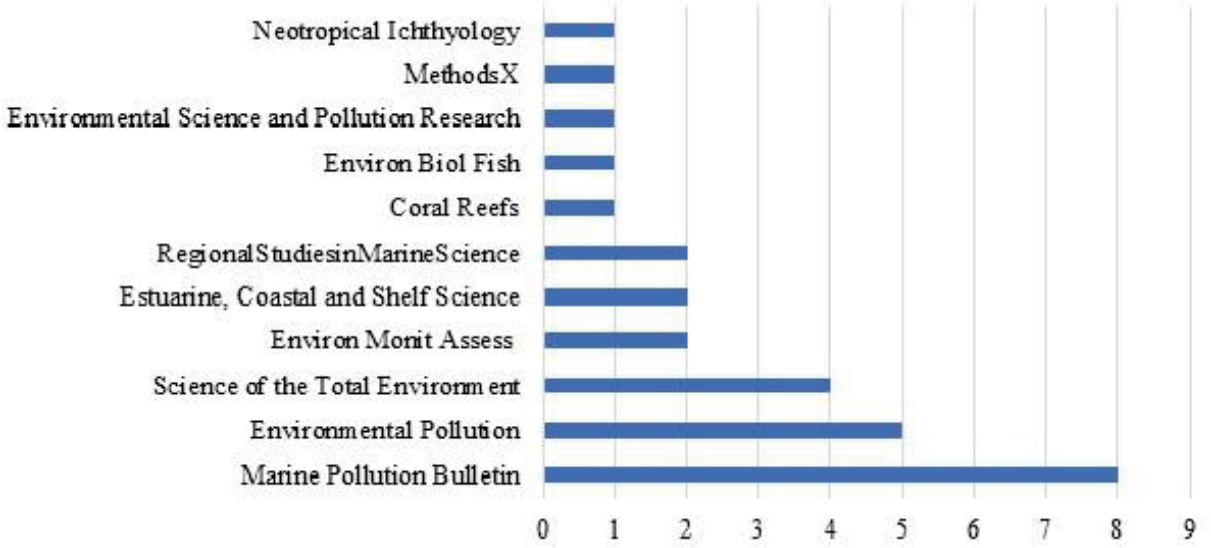
Foram publicados 8 artigos na revista Marine Pollution Bulletin, 5 na revista Environmental Pollution, 4 na revista Science of the Total Environment, 2 artigos em cada um dos periódicos; Estuarine, Coastal and Shelf Science; Regional Studies in Marine Science e Environmetal Monitoring and Assessment, 1 artigo em cada uma das seguintes revistas; Neotropical Ichthyology, Coral Reefs, Environmental Biology of Fishes, Environmental Science and Pollution Research e MethodsX (Figura 3).

FIGURA 2: NÚMERO DE PESQUISAS PUBLICADAS POR ANO ENTRE 2016 E 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE MARINHOS, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL



Fonte: A autora (2025).

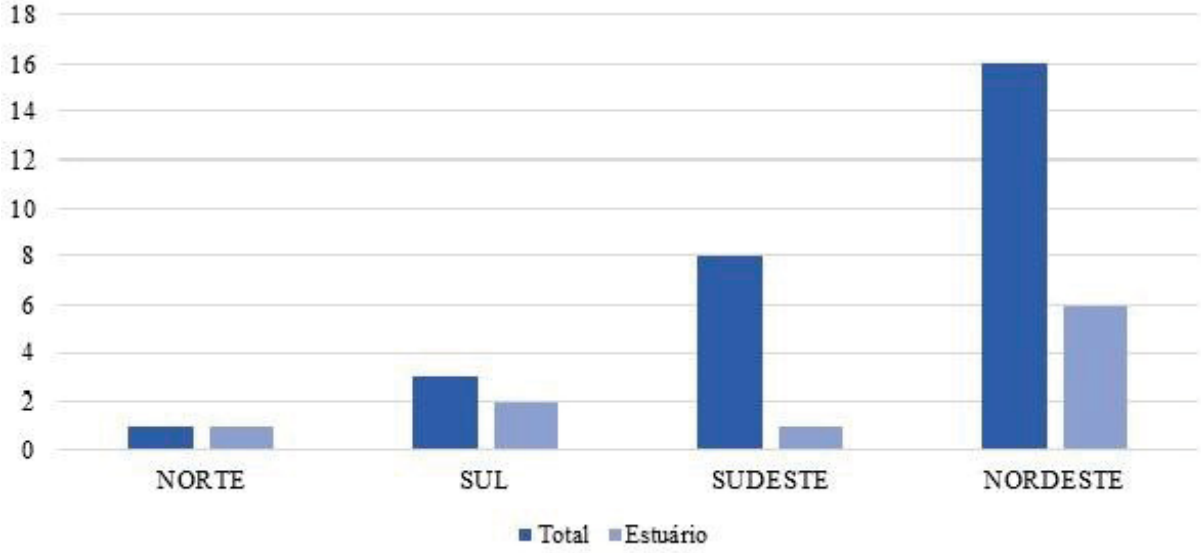
FIGURA 3: NÚMERO DE PESQUISAS POR PERIÓDICOS, PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL



Fonte: A autora (2025).

O Nordeste foi a região do país que apresentou o maior número de publicações, totalizando 16, com um total de 6 estudos realizados em sistemas estuarinos, em seguida a região Sudeste apresentou 8 artigos com 1 pesquisa em estuário. Na região Sul do país houve 3 estudos, com 2 pesquisas no sistema Estuarino de Laguna, e houve um 1 estudo na região norte do país, também localizado em um sistema estuarino (Figura 4).

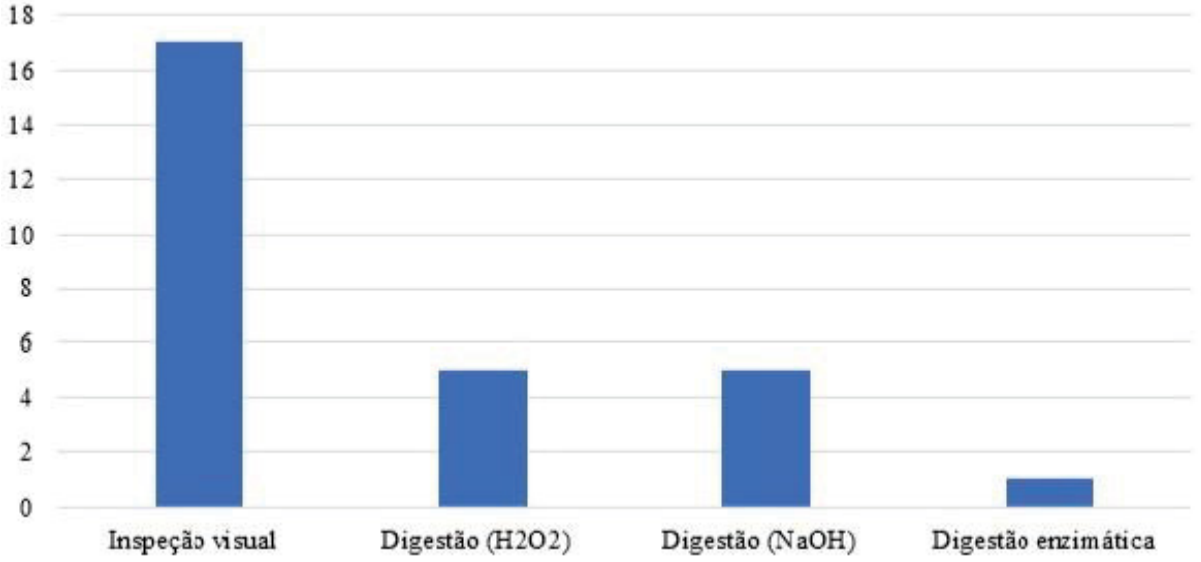
FIGURA 4: NÚMERO DE PESQUISAS POR REGIÃO E NÚMERO DE PESQUISAS EM ESTUÁRIOS, PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL



Fonte: A autora (2025).

Em relação a metodologia (Figura 5), o método de inspeção visual foi o mais utilizado para os estudos em peixes de ambiente marinho, totalizando 17, a digestão química foi realizada em 04 estudos com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e 04 com hidróxido de sódio (NaOH), 2 estudos realizaram a separação do MPs por inspeção visual juntamente com digestão (1 com H_2O_2 e outra com NaOH) e 1 estudo relatou a metodologia com digestão enzimática proteolítica com tripsina.

FIGURA 5: TIPOS DE METODOLOGIA UTILIZADAS NAS PESQUISAS PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL



Fonte: A autora (2025).

A caracterização dos polímeros foi realizada em 16 pesquisas, sendo a espectroscopia de infravermelho de Fourier (FTIR) a mais utilizada, os polímeros mais presentes registrados foram a poliamida (PA), o polietileno (PE), o polipropileno (PP) e tereftalato de polietileno (PET).

O tipo de microplástico ou partícula plástica encontrado nos peixes não foi informado em 02 artigos e em 01 estudo essa informação estava junta com o resultado de MPs encontrados em amostras de água e sedimentos. Nos demais artigos as fibras e o fragmentos foram a partículas mais descritas. Em relação as cores, 08 artigos não relataram sobre essa característica e entre os que informaram as cores azul, preta e transparentes foram as mais relatadas. A relação dos peixes descritas nos artigos relacionados a presença de MPs em ambiente marinho, encontra-se no Quadro Suplementar 3. No Mapa 1 pode ser observado a distribuição geográfica das pesquisas publicadas sobre microplásticos em peixes de ambiente marinho, capturados na natureza, no Brasil.

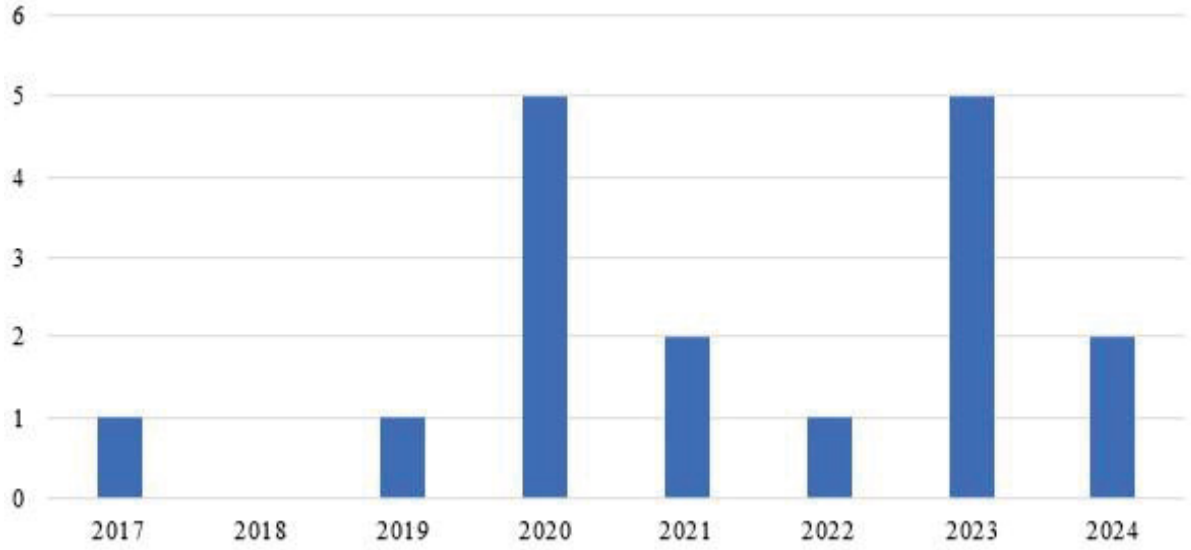
MAPA 1: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA APROXIMADA DAS PESQUISAS PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL

Fonte: A autora (2025).

3.3.2 Panorama das pesquisas relacionadas a presença de MPs em peixes de ambiente de água doce, capturados na natureza, no Brasil

Em relação aos estudos de MPs em peixes de água doce foram encontrados 17 artigos (Quadro suplementar 2) publicados entre os anos de 2017 ao mês de agosto de 2024. Os anos de 2020 e de 2023 foram os que mais tiveram publicações (5 em cada ano), em 2021 e 2024 foram encontrados 2 artigos em cada ano e nos anos de 2017, 2019 e 2022 foram publicados 1 artigo por ano (Figura 6).

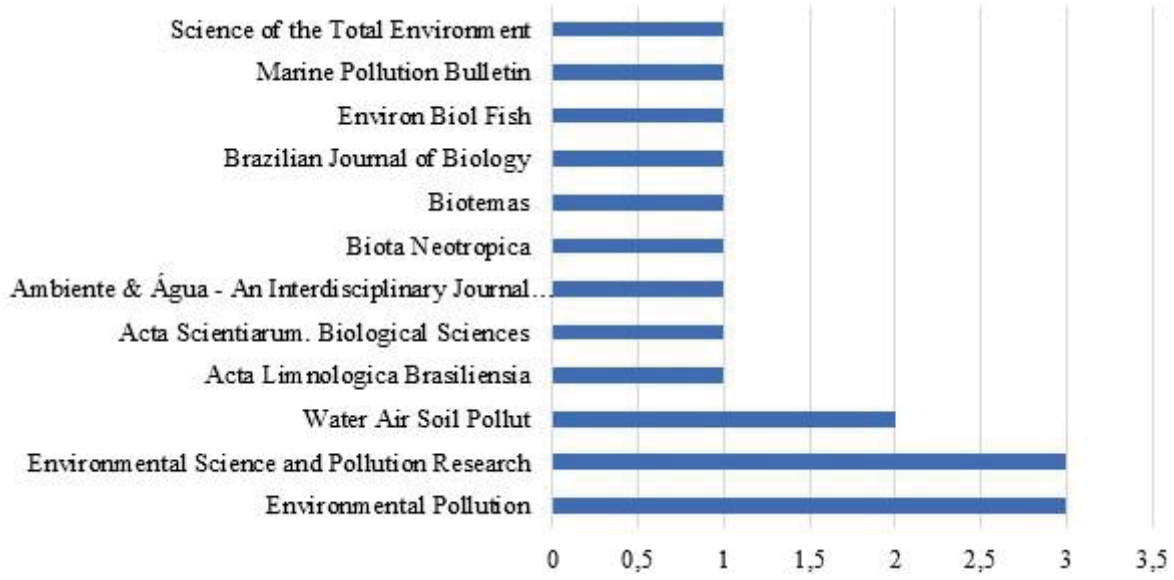
FIGURA 6: NÚMERO DE PESQUISAS PUBLICADAS POR ANO ENTRE 2017 E 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL



Fonte: A autora (2025).

A figura 7, mostra o número de publicações por revista científica; Environmental Pollution e Environmental Science and Pollution Research com 3 artigos em cada uma, 2 artigos na revista Water Air Soil Pollut e 1 artigo em cada uma dos seguintes periódicos; Marine Pollution Bulletin, Science of the Total Environment, Environmental Biology Fisher, Brazilian Journal of Biology, Biotemas, Biota Neotropica, Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, Acta Scientiarum e Acta Limnologica Brasiliensia.

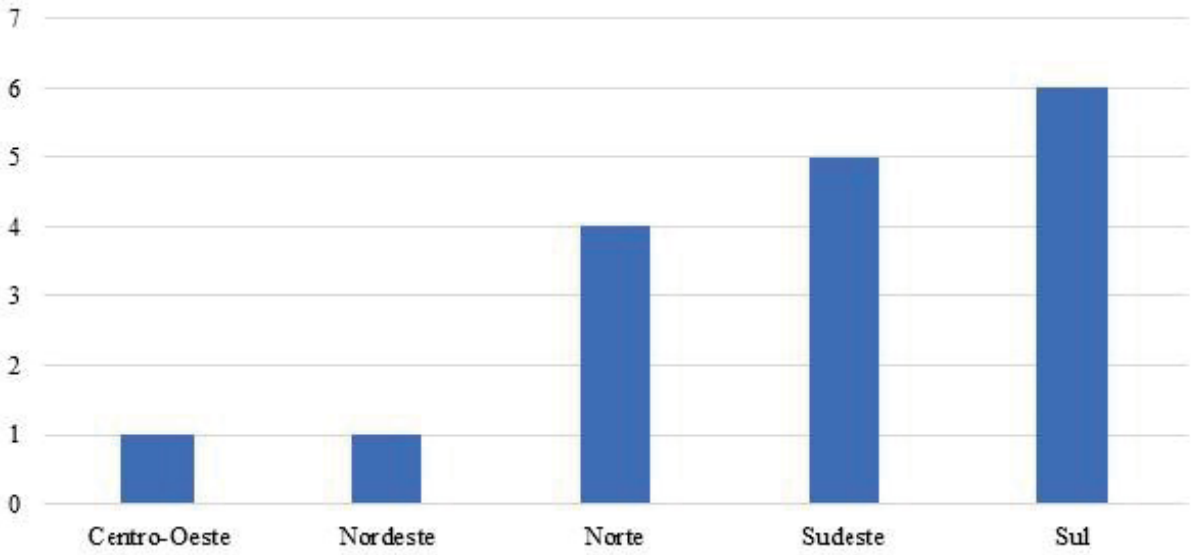
FIGURA 7: NÚMERO DE PESQUISAS POR PERIÓDICOS, PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2017 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL



Fonte: A autora (2025).

No que diz respeito a distribuição das pesquisas por região brasileira, foram encontrados 6 estudos na região Sul, 5 na região Sudeste e 4 na região Norte, e nas regiões Nordeste e Centro-Oeste 1 pesquisa em cada região (Figura 8).

FIGURA 8: NÚMERO DE PESQUISAS PUBLICADAS POR REGIÃO BRASILEIRA, ENTRE OS ANOS DE 2017 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL

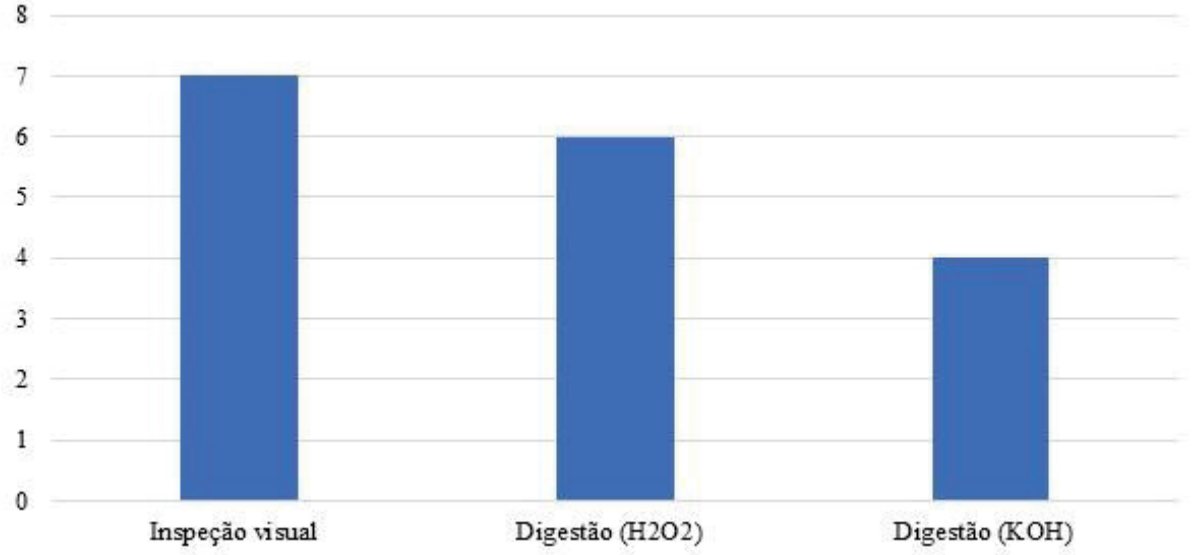


Fonte: A autora (2025).

Em relação a metodologia para verificação de MPs em peixes de água doce, a inspeção visual foi a mais realizada (7), seguida pela digestão com peróxido de hidrogênio - H_2O_2 (4),

H_2O_2 e Fe II (1) e H_2O_2 e NaCl (1), 3 estudos com hidróxido de potássio -KOH e 1 artigo que realizou inspeção visual e uso de KOH (Figura 9).

FIGURA 9: TIPOS DE METODOLOGIA UTILIZADAS NAS PESQUISAS PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL



Fonte: A autora (2025).

Um total de 7 artigos caracterizaram as partículas plásticas, o método mais utilizado foi a espectroscopia de infravermelho de Fourier (FTIR), sendo o polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) e a poliamida (PA), os polímeros mais relatados

A morfologia das partículas plásticas mais registradas nos artigos foram as fibras e os fragmentos (considerando os descritos como plástico mole e plástico duro) e 1 artigo não apresentou essa informação. Em relação as cores 1 estudo não considerou essa informação relevante, 4 artigos não mencionaram as cores e os demais relataram principalmente a presença de partículas de cor azul, transparente e preta.

A relação dos peixes em água doce, encontra-se no Quadro Suplementar 3. No Mapa 2 pode ser observado a distribuição geográfica das pesquisas publicadas sobre microplásticos em peixes de água doce, capturados na natureza, no Brasil.

MAPA 2: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA APROXIMADA DAS PESQUISAS PUBLICADAS ENTRE OS ANOS DE 2017 A 2024, RELACIONADAS A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL

Fonte: A autora (2025).

3.4 DISCUSSÃO

As pesquisas analisadas relataram a presença de MPs em diferentes regiões do Brasil, em peixes de diferentes espécies, fases e habitats, tanto em ambientes de água doce, como na costa do litoral brasileiro; em ecossistemas marinhos e estuários, com diferentes tipos de MPs e cores (Costa *et al.*, 2023b; Justino *et al.*, 2022; Lima *et al.*, 2021).

O primeiro artigo a usar o termo microplástico foi publicado por Thompson *et al.*, no ano de 2004, mas foi em 2009 que os MPs foram considerados como um problema emergente e o termo foi evidenciado pela comunidade científica (Gesamp, 2009). As pesquisas que abordam MPs em peixes são consideradas recentes, em uma revisão cienciométrica os autores

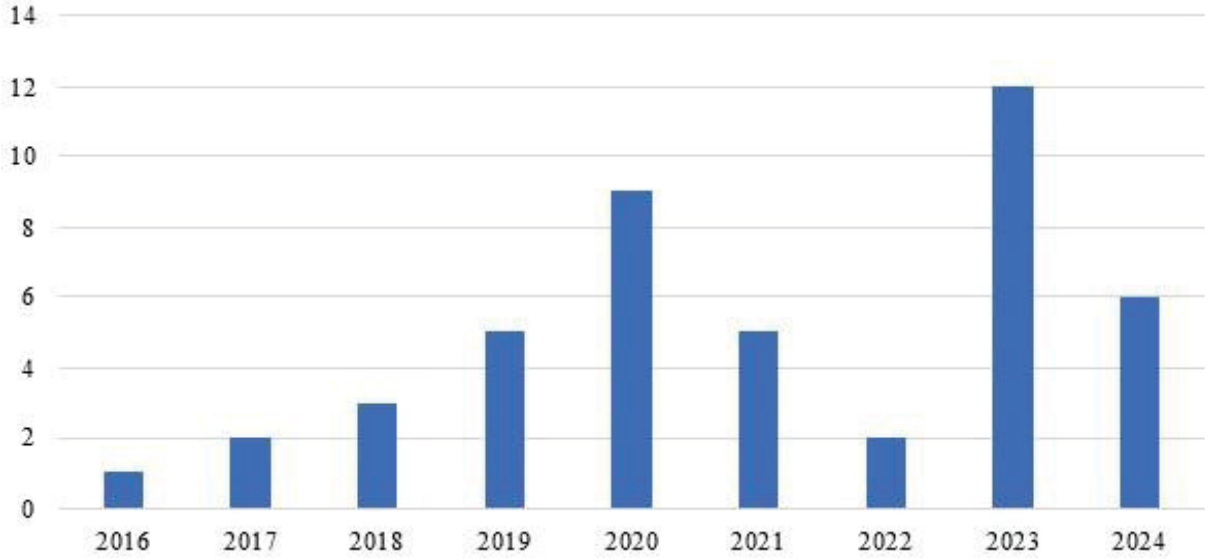
Sacco *et al.* (2024) encontraram no ano de 2010 os primeiros estudos científicos relacionados a presença e quantificação de MPs em peixes em âmbito mundial.

Nesta revisão sistemática, foi no ano de 2016 que encontramos o primeiro artigo a utilizar o termo MPs em uma pesquisa que quantificou a presença de pequenas partículas plásticas em peixes no Brasil. Mas anterior a esse estudo, outras pesquisas evidenciaram a presença de partículas plásticas menores de 5 mm em peixes no território brasileiro, como Possatto *et al.* (2011) que através da análise de estômagos de diferentes espécies de peixes no estuário de Goiana encontraram pequenos fragmentos de plástico e nylon em toda elas.

Desde então, o número de pesquisas sobre o tema vem aumentando no país (Figura10), tal fato pode se justificar pois além dos MPs serem uma preocupação ambiental emergente (Law; Thompson, 2014) houve também a promulgação da Década do Oceano no ano de 2017, que tem como objetivo incentivar e promover a ciência oceânica e fortalecer o ODS-14 em relação a fatores como o combate à poluição marinha e a proteção e restauração dos ecossistemas marinho (Unesco, 2019).

A queda no número de pesquisas entre os anos de 2020 a 2022, possivelmente ocorreu devido aos efeitos causados pela pandemia da COVID-19. Essa redução ressalta a importância de investigar os fatores que contribuíram com essa tendência com maior profundidade. Para a autora Salager-Meyer (2008), a produção científica em países periféricos ainda enfrenta muitos desafios, tornando essencial o estímulo à pesquisa e à sua divulgação para promoção do desenvolvimento social e econômico local.

FIGURA 10: NÚMERO TOTAL DE PUBLICAÇÕES ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE E MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL

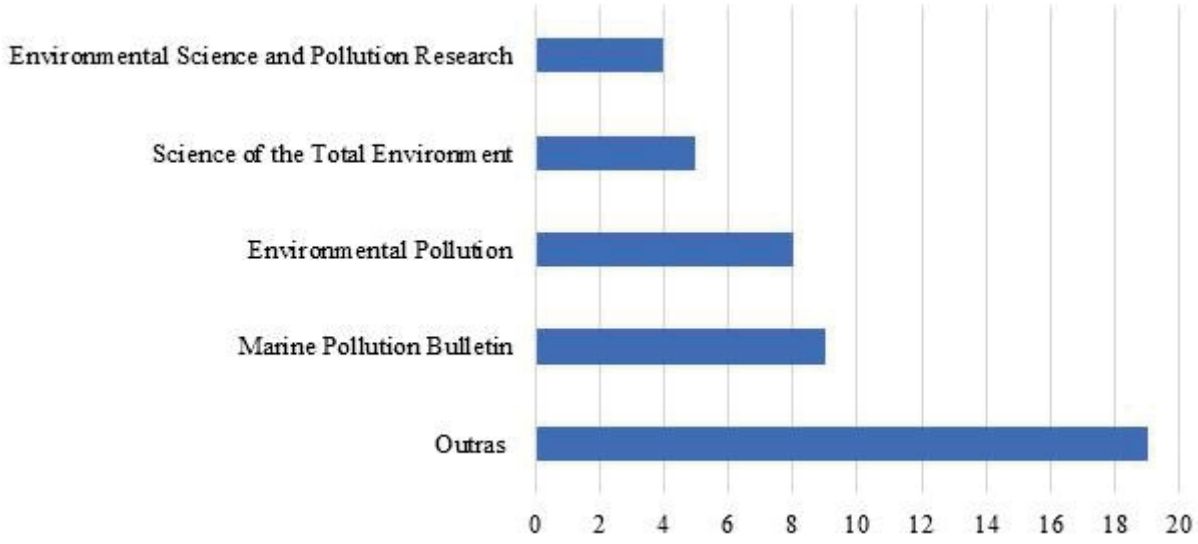


FONTE: A autora (2025).

Dos 45 artigos, 26 foram publicados em periódicos científicos que, de acordo com Sacco *et al.*, (2024) estão em destaque em publicações sobre estudos de MPs em peixes no mundo; Marine Pollution Bulletin (com 9 publicações), Environmental Pollution (com 8 publicações), Science of the Total Environment (com 5 artigos) e Environmental Science and Pollution Research (com 4 publicações) (Figura 11). Outros 19 artigos foram encontrados em diferentes periódicos, variando de 2 a 1 publicação por revista. É através da publicação em periódicos que a comunicação das pesquisas produzidas pelas comunidades científicas ocorre e ao ser revisado por pares o periódico certifica a qualidade das contribuições, dando o reconhecimento científico à comunidade de pesquisa que utilizará das informações fornecidas (Chavarro; Tang; Ràfols, 2017).

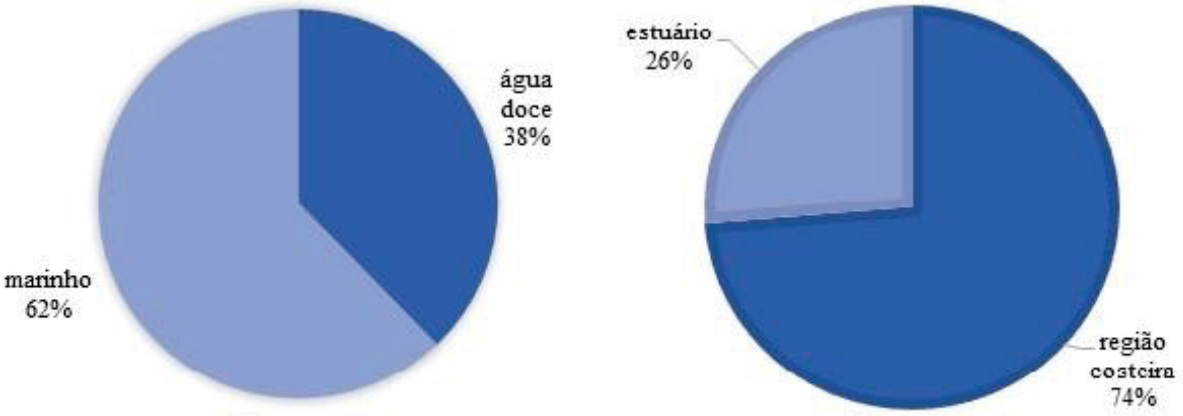
A maioria dos artigos publicados (62%) abordou pesquisas com peixes marinhos (Figura 12), o que corrobora com as observações em diversos artigos que indicam que os estudos sobre a poluição por plástico em ambientes de água doce ainda são incipientes (Ribeiro-Brasil *et al.*, 2020; Selinger *et al.*, 2024; Wagner *et al.,* 2014). Dos 28 artigos classificados em ambiente marinho, 10 foram realizados em Sistemas Estuarinos (Figura 12). Os Estuários são importantes habitats para diversas espécies e considerados como ecossistemas de transição suscetíveis à poluição plástica e devido aos seus picos de inundações também podem contribuir trazendo detritos plásticos da terra para o oceano (Krelling *et al.*, 2025; Lima *et al.*, 2016; Possatto *et al.*, 2011).

FIGURA 11: REVISTAS COM MAIORES PUBLICAÇÕES DE ARTIGOS PUBLICADOS NO BRASIL, ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE E MARINHO, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL



FONTE: A autora (2025).

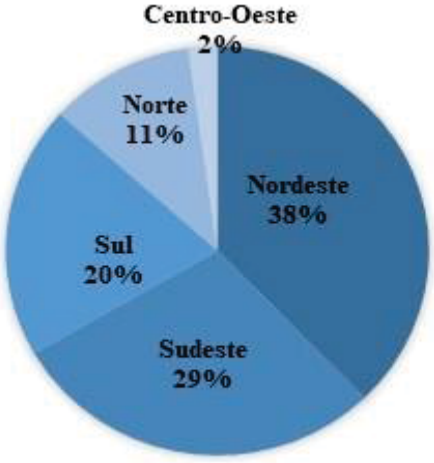
FIGURA 12: DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE ARTIGOS PUBLICADOS NO BRASIL, ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL. À ESQUERDA O PERCENUAL DE ARTIGOS DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHO. À DIREITA, O PERCENTUAL DE ARTIGOS NO AMBIENTE MARINHO (EM ESTUÁRIOS E REGIÃO COSTEIRA)



FONTE: A autora (2025).

Em relação aos locais das pesquisas, há uma discrepância entre a quantidade de pesquisas realizada nos ambientes de água doce e marinho e entre as regiões brasileiras (Figura 13).

FIGURA 13: DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE ARTIGOS PUBLICADOS POR REGIÃO BRASILEIRA, ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHA, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL

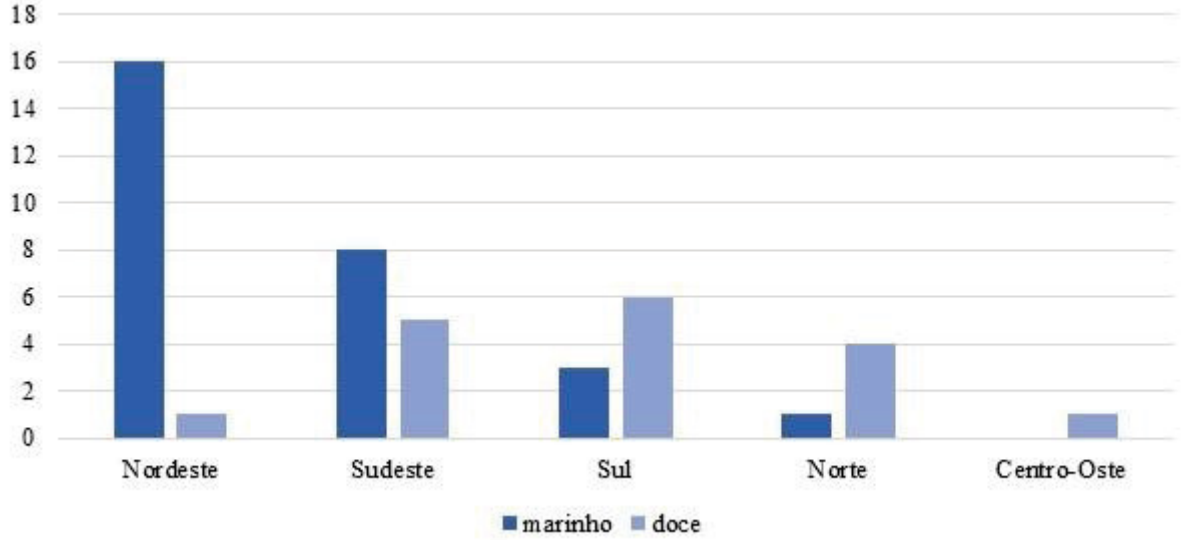


FONTE: A autora (2025).

A região Nordeste possui a maior costa em extensão do Brasil (Pinheiro *et al*., 2008) e foi a região que publicou mais estudos em relação a presença de MPs em peixes, mas dos 17 artigos encontrados, somente 1 foi realizado em ambiente de água doce. Outro dado em

destaque foi sobre a região Sul, que apresentou o maior número de pesquisas em ambientes de água doce, mesmo com a região Norte possuindo a maior bacia hidrográfica do Brasil e a região Centro-Oeste apresentar uma das maiores extensões úmidas de terra no país (Figura 14).

FIGURA 14: NÚMERO DE ARTIGOS PUBLICADOS POR REGIÃO BRASILEIRA, ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2024, SOBRE PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHA, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL

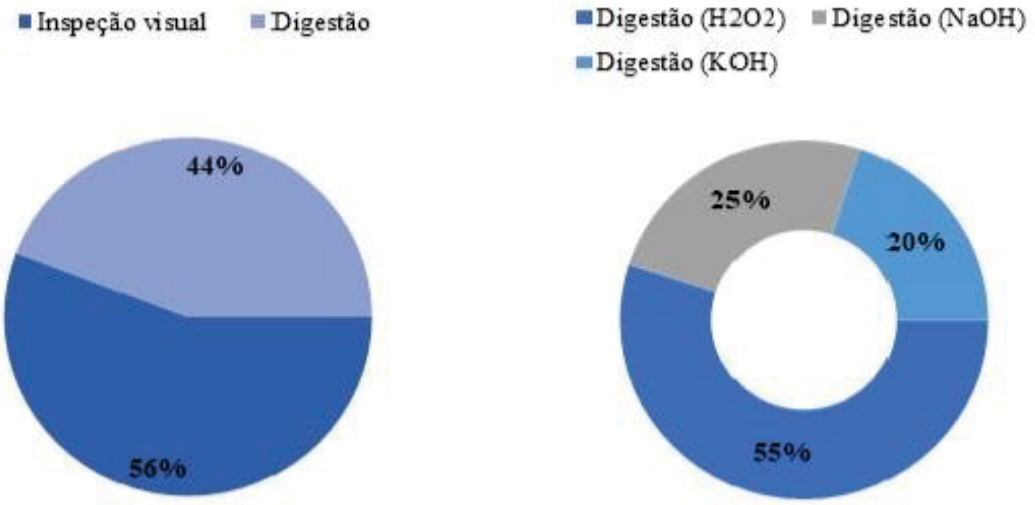


FONTE: A autora (2025).

Para verificar e quantificar a presença de MPs na biota é necessário a escolha de algumas etapas, que envolvem desde a escolha de metodologias de amostragem, a separação e caracterização do material (Sharma; Sharma; Abhishek, 2024). Quanto a escolha da metodologia para verificação e separação dos MPs do material orgânico dos peixes, no total geral houve pouca diferença, 56% dos estudos utilizaram o método de inspeção visual e 44% o método de digestão química com uso de diferentes reagentes químicos (Figura 15). Mas entre os ambientes as metodologias utilizadas tiveram diferença; no ambiente marinho 61% das pesquisas utilizaram a inspeção visual e nos ambientes de água doce o método mais utilizado foi o de digestão química, com 59% das pesquisas.

Para Karami *et al.* (2017), os materiais biológicos e tecidos podem mascarar os MPs presentes nas amostras, o que pode dificultar a quantificação dessas partículas, por isso a utilização de reagentes adequados pode proporcionar métodos de digestão eficientes para eliminar os materiais biológicos, sem interferir na integridade das partículas plásticas. A figura 15, mostra o percentual da metodologia utilizada e os principais reagentes químicos utilizados.

FIGURA 15: A ESQUERDA PERCENTUAL DE METODOLOGIA DE ANÁLISE DE QUANTIFICAÇÃO DE MPS UTILIZADAS EM PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHA, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL. A DIREITA, PERCENTUAL DE MÉTODO DE DIGESTÃO



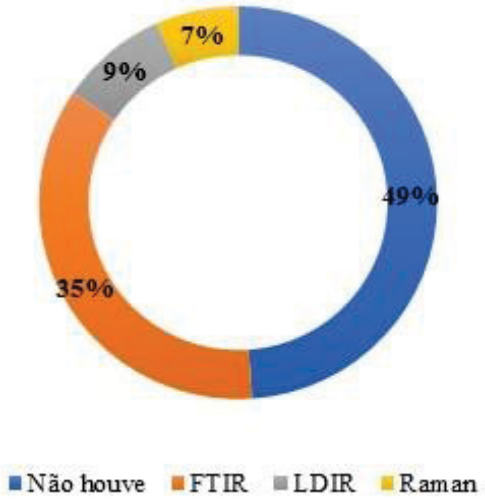
FONTE: A autora (2025).

Informações sobre o tipo, a cor e a morfologia dos polímeros, são importantes para ajudar a compreender a origem, o comportamento e o impacto que essas partículas podem causar no ambiente e na biota, além disso os métodos de caracterização permitem comparações com outros estudos em dados de tamanho e quantidade de MPs (Cincinelli *et al,* 2017; Oliveira; Krelling; Turra, 2024).

Em relação a caracterização dos MPs, 23 dos 45 estudos realizaram esta etapa, os polímeros mais identificados foram PA, PE, PET e PP. As metodologias mais utilizadas foram a de FTIR (em 16 pesquisas), LDIR (em 4 estudos) e a de Raman (em 3 estudos) (Figura 16). Estas técnicas possuem vantagens e limitações para serem empregadas, são processos complexos, muitas vezes demorado e com alto custo, mas comumente utilizadas para identificação de polímeros (Hermsen *et al.,* 2018; Mariano *et al.*, 2021; Sharma; Sharma; Abhishek, 2024).

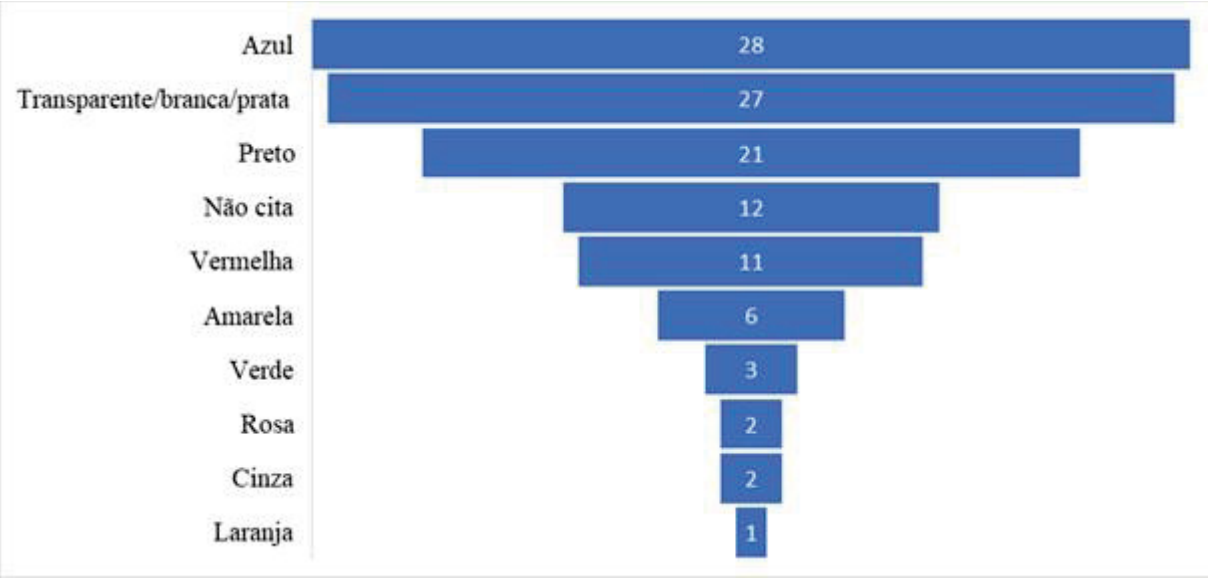
Os tipos de partículas plásticas foram descritos em 37 dos 45 artigos, as fibras e os fragmentos foram os MPs mais relatados, houve descrição em número menor de pellets, espuma e filme. Em relação as cores, 12 artigos não especificaram essa informação e entre os artigos que especificaram as cores mais relatadas foram as azuis, transparente/branca/prata e pretas (Figura 17).

FIGURA 16: PERCENTUAL DE METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS, UTILIZADAS EM PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHA, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL



FONTE: A autora (2025).

FIGURA 17: NÚMERO DE ARTIGOS EM QUE AS CORES DE MPS FORAM ENCONTRADAS NAS PESQUISAS RELACIONADAS COM A VERIFICAÇAÕ DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE E MARINHA, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL



Fonte: A autora (2025).

As fibras azuis estão entre as mais relatadas e muitas vezes consideradas avindas de atividades pesqueiras e da indústria têxtil (Dantas *et al.*, 2020; Ferreira *et al.,* 2023, Gonçalves *et al.*, 2023). As fibras transparentes também são relatadas em quantidades significativas e muitas vezes relacionadas a polímeros de uso único e equipamentos de pesca (Alves; Figueiredo, 2023; Justino *et al.*, 2023).

Quanto ao tamanho das partículas 12 artigos não citaram ou informaram alguma faixa de tamanho e 2 estudos informaram encontrar partículas com tamanho inferior a 5 mm. Os

demais artigos relataram os tamanhos de formas distintas em percentagem de nanoplástico, microplástico ou mesoplásticos e por faixas de tamanho entre menor que 1mm até tamanho maiores que 5 mm. Bauer *et al.* (2022) observou em seu estudo, que eventuais partículas menores de 0,1 mm podem não ter sido visualizadas devido ao uso de esteromicroscopia e para Mariano *et al.*, 2021 a analisa de identificação de partículas via esteromicroscopia é um método barato e rápido, porém limitado a confirmar a natureza da partícula plástica e de visualizar partículas muito pequenas. Para Barletta; Costa; Dantas (2020) adotar protocolos padrão em metodologias de amostragem, extração, quantificação e classificação de MPs incentivam a comparações entre diferentes estudos e entre tempos diferentes do mesmo ambiente.

A presença de MPs nos estômagos de peixes de diferentes lugares, espécies, fases e habitats nos mostra que essa ingestão pode ocorrer, durante suas atividades normais de alimentação (Gonçalves *et al*., 2023; Li *et al*., 2021; Peters; Bratton, 2016). Seja diretamente pela coluna d'água, quando revira substratos ou mesmo quando se alimenta de organismos contaminados (Lima *et al.*, 2016; Jovanovíc, 2017). Lusher; McHugh; Thompson (2013) não detectaram diferença significativa na quantidade de MPs encontrada em peixes demersais e pelágicos, sugerindo que independente do habitat de alimentação a ingestão de MPs pode ocorrer em diferentes espécies de peixes.

Fatores como alta densidade populacional, pesca, turismo nas cidades costeiras, lançamento de esgoto e características oceanográficas de transporte, muitas vezes são responsáveis pela contaminação de MPs nos ambientes aquáticos (D'Avignon; Gregory-Eaves; Ricciardi, 2021; Fernandes *et al.*, 2022; Justino *et al.*, 2023; Ojeda *et al.*, 2024; Miranda; Carvalho-Souza, 2016; Oliveira; Krelling; Turra, 2024; Weiss *et al.*, 2021; Winton *et al.*, 2020). O que pode levar a prejudicar a imensa quantidade de vida presente nestes sistemas, pois estas partículas são capazes de atingir diferentes níveis tróficos e se dispersarem facilmente, ficando cada vez mais biodisponíveis e causar danos físicos e fisiológicos à biota.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão analisou pesquisas realizadas no Brasil, entre os anos de 2016-2024, relacionadas a presença de MPs em peixes nos ambientes de água doce e marinho (onde foram incluídos os estudos em sistemas estuarinos). Como resultado, constatamos uma diferença na quantidade de estudos realizados entre esses ambientes aquáticos, considerando que o Brasil é

um dos maiores países a concentrar água doce no mundo, as pesquisas neste ambiente ainda são poucas e não estão distribuídas igualmente entre as regiões do país.

Os artigos analisados tinham diferentes objetivos; alguns estudos investigaram a presença de MPs diretamente no TGI ou nas brânquias dos peixes, enquanto outros estudos avaliaram a contaminação por MPs com base na dieta ou do nível trófico das espécies estudadas e ainda houve estudos que analisaram os MPs conjuntamente com sedimentos e água. Além disso, mesmo utilizando o termo MPs como principal, muitos estudos consideraram em seus resultados detritos plásticos com tamanho superior a 5 mm.

A presença de MPs foi relatada tanto nos peixes de água doce como nos peixes marinhos, foram encontradas partículas de diferentes tamanhos, formas e cores, sendo as fibras e os fragmentos, das cores azuis e transparentes as mais registradas, onde muitas vezes foram associados a efluentes de lavadoras de máquinas de lavar roupas e as redes de pesca. Nem todas as pesquisas conseguiram caracterizar o tipo de polímero, que é um fator importante para entender qual tipo de plástico e a provável fonte desse contaminante.

Foram encontradas diferentes metodologias realizadas nas análises com muitas semelhanças, entretanto alguns aspectos chamaram atenção nesta revisão; i) as diferentes formas de apresentação dos resultados nos artigos: foram utilizadas diferentes métricas como; frequência de ocorrência (FO), MPs por indivíduo ($MP.ind^{-1)}$, número de espécimes contaminados, além da ausência desse parâmetro. Assim, é importante que seja adotado protocolos padrão de metodologias, seja para a amostragem, extração, quantificação e classificação de MPs. Isso estimula a comparações entre diferentes estudos e entre tempos diferentes do mesmo ambiente.

Essa variabilidade na forma de quantificar os resultados, pode dificultar a obtenção de uma análise mais precisa sobre a presença de MPs na biota estudada. ii) na quantidade de indivíduos pesquisados por espécie ou família, em alguns casos houve uma ausência de um padrão mínimo recomendado para esse fator, sendo comumente encontrado estudos nos quais algumas espécies foram representadas por somente um indivíduo, o que dependendo do objetivo do estudo, pode comprometer a confiabilidade dos dados.

Os resultados sugerem uma forte correlação entre os ambientes urbanizados e os peixes contaminados por MPs; os rios além de depositarem grandes quantidades de MPs também são os principais responsáveis em transportar esse material até o oceano, alguns ambientes de água doce podem chegar as mesmas concentrações de MPs encontrados em ambientes marinhos, o que pode causar diferentes impactos nos ambientes aquáticos e na sua biota.

As pesquisas relacionadas à presença de MPs são recentes e ainda demanda de muitos fatores que possam auxiliar a mitigar esse problema, ainda é necessário compreender os parâmetros dos processos da contaminação e o impacto ambiental causado, para tanto é necessário maior estímulo na pesquisa, principalmente em locais em que os dados são poucos ou inexistentes e um esforço na padronização de conceitos e metodologias que possam assegurar maior confiabilidade e comparabilidade nos dados existentes.

QUADRO SUPLEMENTAR 1 – PANORAMA DAS PESQUISAS RELACIONADAS A PRESENÇA DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTE MARINHO CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL

Artigo	Autores	Ano	Espécies de Peixe	Tipo de pesca*	Localização	Tipo de MPs	Método de análise	Cores predominantes	Método de caracterização dos polímeros	Polímeros
Are we eating plastic-ingesting fish?	Miranda, Carvalho-Souza	2016	*Acanthurus coeruleus* *Caranx crysos* *Dasyatis americana* *Lagocephalus laevigatus* *Lutjanus analis* *Lutjanus jocu* *Mycteroperca sp.* *Paralichthys brasiliensis* *Rhizoprionodon lalandii* *Scomberomorus cavalla* *Sphyraena guachancho*	Linha e anzol	Salvador - BA	Pellets	Inspeção visual	claro, branco e amarelado	Não houve	Não houve
Are fishes selecting the trash they eat? Influence of feeding mode and habitat on microplastic uptake in an artificial reef complex (ARC)	Costa; Costa; Zalmon	2023	*Aspistor luniscutis* *Bagre bagre* *Bagre marinus* *Caranx latus* *Centropomus undecimalis* *Cetengraulis edentulus* *Conodon nobilis* *Cynoscion jamaicensis* *Genidens genidens* *Larimus breviceps* *Lutjanus synagris* *Macrodon ancylodon* *Menticirrhus americanus* *Ophioscion punctatissimus* *Paralonchurus brasiliensis* *Prionotus punctatus* *Rhizoprionodon porosus* *Stellifer stellifer*	Redes de espera de fundo	Litoral norte do Rio de Janeiro	Fibras, fragmentos e esferas	Digestão (H2O2)	Preta e azul	FTIR	PP, PET, PA, HDPE, CP
Assessment of microplastic impacts on whitemouth	Alves; Figueiredo	2023	*Micropogonias furnieri*	Redes de arrasto de fundo, redes de emalhar,	Baía de Guanabara, Rio de Janeiro	Fibra, filme e fragmento	Inspeção visual	Translucidas, azuis e pretas	FTIR com ATR	PES, PE

croaker (Micropogonias furnieri) and ecosystem services in Guanabara Bay, Brazil				armadilha de pesca						
Ecology of microplastics contamination within food webs of estuarine and coastal ecosystems	Barletta; Costa; Dantas	2020	*Indivíduos das famílias: Ariidae, Gerreidae, Sciaenidae, Haemulidae, Lutjanidae, Centropomidae, Clupeidae e Engraulidae*	Não especifica	Estuário de Goiana - Região Nordeste	Não cita	Inspeção visual	Não cita	Não houve	Não houve
Ecology of Prognathodes obliquus, a butterflyfish endemic to mesophotic ecosystems of St. Peter and St. Paul's Archipelago	Nunes *et al.*	2019	*Prognathodes obliquus*	Arpão de mão	Arquipélago São Pedro e São Paulo (cerca de 1000 km da costa) - Região Nordeste	Não cita	Inspeção visual	Não cita	Não houve	Não houve
Exploring microplastic contamination in reef-associated fishes of the Tropical Atlantic	Justino *et al.*	2023b	*Haemulon squamipinna.* *Chaetodon ocellatus* *Syacium micrurum* *Alphestes afer*	Rede de arrasto de fundo	Plataforma continental ao longo da costa dos estados do RN, PB e PE - Região Nordeste	Fibras Fragmentos Filmes Pellets	Digestão (NaOH)	Azul, preto e branco	LDIR	PE, PA, PVA, PC, PP, verniz alquídico, SBR
First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary	Pegado *et al.*	2018	*Anisotremus surinamensis* *Anisotremus virginicus* *Bagre bagrea* *Bagre marinus* *Bairdiella ronchus* *Batrachoides surinamensis* *Caranx crysos* *Caranx hippos*	Arrastos de fundo	Estuário do Rio Amazonas	Pellets, folhas, fragmentos e fios	Inspeção visual	Claras, amarelas, laranjas e azuis	ATR-FTIR	PA, PE e Rayon

			Chaetodipterus faber *Colomesus psittacus* *Conodon nobilis* *Ctenosciaena gracilicirrhus* *Cynoponticus savanna* *Cynoscion jamaicensis* *Cynoscion leiarchus* *Cynoscion microlepidotus* *Cynoscion virescens* *Epinephelus itajara* *Genyatremus luteus* *Gymnothorax ocellatus* *Haemulon plumierii* *Haemulon steindachneri* *Lutjanus analis* *Lutjanus synagris* *Macrodon ancylodon* *Menticirrhus americanus* *Micropogonias furnieri* *Mustelus canis* *Mustelus higmani* *Narcine brasiliensis* *Notarius grandicassis* *Ophichthus cylindroideus* *Ophichthus ophis* *Orthopristis ruber* *Paralonchurus brasiliensis* *Peprilus paru* *Polydactylus oligodon* *Polydactylus virginicus* *Pomatomus saltatrix* *Rachycentron canadum* *Rhinoptera bonasus* *Scomberomorus brasiliensis* *Selene setapinnis* *Selene vomer* *Sphyrna tiburo* *Trichiurus lepturus*						

From prey to predators: Evidence of microplastic trophic transfer in tuna and large pelagic species in the southwestern Tropical Atlantic	Justino *et al.*	2023a	*Acanthocybium solandri* *Sphyraena barracuda* *Thunnus albacares* *Thunnus obesus*	Rede de arrasto de fundo	Arquipélago Fernando de Noronha	Espumas, fibras, filme, pellets e fragmentos	Inspeção visual e digestão (NaOH)	Branca, preta, azul, amarela e vermelha	LDIR	SBR, PA, PET, PE
High intake rates of microplastics in a Western Atlantic predatory fish, and insights of a direct fishery effect	Ferreira *et al.*	2018	*Cynoscion acoupa*	Rede de arrasto e rede de cerco	Estuário de Goiana - Região Nordeste	Filamentos	Inspeção visual	Azul, roxo, preto, vermelho	Não houve	Não
How are plastic debris affecting the diet of the whitemouth croaker in the Southeastern Brazilian Bight?	Batalha *et al.*	2024	*Micropogonias furnieri*	Pesca de arrasto de par de fundo	Bacia Sudeste do Brasil	Fragmentos, filamentos e esferas	Inspeção visual	Translúcidas, brancas, pretas, azuis, amarelas, cinzas e prateadas	ATR-FTIR	PA, PS
Influence of trophic overlaps and trophic niche amplitude on microplastic intake of fish species in shallow areas of a neotropical coastal lagoon	Dantas *et al.*	2024	*Atherinella brasiliensis* *Coptodon rendalli* *Eucinostomus argenteus* *Eucinostomus melanopterus* *Genidens genidens* *Geophagus brasiliensis*	Rede de cerco	Sistema Estuarino de Laguna – Santa Catarina	Fibras	Inspeção visual	Azul, transparente e preta	ATR-FTIR	PEsT, PE, PB
Influencing factors for microplastic intake in	Ferreira *et al.*	2023	*Bolinichthys distofax* *D. fragilis* *D. garmani* *D. perspicilatus*	Rede de arrasto	Costa Nordeste, incluindo ilhas	Fibras, fragmentos, filmes, espumas e esferas	Digestão (NaOH)	Azul, branco, vermelho, preto, verde	LDIR	PE, PET, PA, SBR, PVC, ABS, EVA, PC, PBD

abundant deep-sea lanternfishes (Myctophidae)			*D. splendidus* *Diaphus brachycephalus* *Hygophum taaningi* *Lampanyctus nobilis* *Lepidophanes guentheri*		oceânicas, Atol das Rocas e Arquipélago Fernando de Noronha					
Ingestion of microplastic by ontogenetic phases of Stellifer brasiliensis (Perciformes, Sciaenidae) from the surf zone of tropical beaches	Amorim *et al.*	2020	*Stellifer brasiliensis*	Rede de arrasto	Estuário do Rio Paraíba, Paraíba	Fibra, fragmento e filme	Inspeção visual	Azul, vermelho, transparente, rosa, laranja e preto	Não houve	Não
Ingestion of plastic debris by commercially important marine fish in southeast-south Brazil	Neto *et al.*	2020	*Cynoscion guatucupa* *Cynoscion jamaicensis* *Katsuwonus pelamis* *Macrodon atricauda* *Micropogonias furnieri* *Pomatomus saltatrix* *Prionotus punctatus* *Umbrina canosai*	Redes de emalhar, rede de arrasto, arrasto parelha (pesca industrial)	Costa sudeste-sul do Brasil	Fibra, fragmento, pellet, fragmentos flexíveis, glitter	Inspeção visual	Transparente, preto e azul,	FTIR	PA, PU
Ingestion of plastic fragments by the Guri sea catfish Genidens genidens (Cuvier, 1829) in a subtropical coastal estuarine system	Dantas *et al.*	2019	*Genidens genidens*	Rede de espera, redes de emalhar	Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina	Fragmento de poliamida de nylon, fragmento de tinta de barco	Inspeção visual	Não cita	Não houve	Não houve
Intake of microplastics by commercial fish: A Bayesian approach	Nunes *et al.*	2021	*Eugerres brasilianus* *Mugil curema* *Mugil curviden* *Mugil liza*	Adquiridos de desembarques de pesca	Porto Seguro, Bahia	Fragmentos e filamentos	Digestão (H_2O_2)	Preta, verde, azul, amarelo, prata e transparente	FTIR	PA, PES, PP e Rayon semissintética

Microplastic and artificial cellulose microfibers ingestion by reef fishes in the Guarapari Islands, southwestern Atlantic	Macieira *et al.*	2021	*Acanthostracion quadricornis* *Anisotremus virginicus* *Bodianus pulchellus* *Bodianus rufus* *Calamus pennatula* *Cephalopholis fulva* *Chaetodon striatus* *Chromis multilineat* *Dactylopterus volitans* *Haemulon aurolineatum* *Haemulon parra* *Haemulon plumierii* *Halichoeres poeyi* *Holocentrus adscensionis* *Myripristis jacobus* *Ocyurus chrysuru* *Plectrypops retrospinis* *Priacanthus arenatus* *Pseudupeneus maculatus* *Sparisoma frondosum* *Sparisoma tuiupiranga*	SCUBA	Ilhas de Guarapari, Espírito Santo	Fibras	Inspeção visual	Transparente, amarela e preta	FTIR	PA, PE, PET, PP e acrilonitrila
Microplastic contamination in tropical fishes: An assessment of different feeding habits	Justino *et al.*	2021	*Bairdiella ronchus* *Centropomus undecimalis* *Gobionellus stomatus*	Adquiridos por pescadores locais	Complexo Estuarino, Canal de Santa Cruz, Pernanbuco	Fibras, pellets, fragmentos	Digestão (NaOH)	Não cita	Não houve	Não
Microplastic ecology: Testing the influence of ecological traits and urbanization in microplastic ingestion by sandy beach fauna,	Costa *et al.*	2023c	*Anchovia clupeoides* *Anchoviella lepidentostole* *Ariidae sp.* *Arius grandicassis* *Atherinella brasiliensis* *Bagre marinus* *Belonidae sp.* *Brevoortia sp.* *Caranx latus* *Caranx sp.* *Cathorops spixii* *Chloroscombrus chrysurus*	Redes de arrasto de fundo	Litoral do Rio de Janeiro	Fibras	Digestão (H2O2)	Pretas, transparentes, azuis e vermelhas	Não houve	Não

			Conodon nobilis *Ctenosciaena gracilicirrhus* *Engraulidae sp.* *Genidens genidens* *Harengula clupeola* *Hoplias malabaricus* *Larimus breviceps* *Lycengraulis grossidens* *Menticirrhus americanus* *Mugilidae sp.* *Netuma barba* *Polydactylus oligodon* *Polydactylus sp.* *Polydactylus virginicus* *Selene vomer* *Stellifer brasiliensis* *Stellifer rastrifer* *Stellifer stellifer* *Syngnathus folletti* *Tetraodontiformes* *Trachinotus carolinus* *Trachinotus falcatus* *Trachinotus goodei* *Trichiurus lepturus*							
Microplastics contamination in fish, water, and sediment surrounding Ubatuba beaches, Southeastern Brazil	Nogueira *et al.*	2024	*Atherinella brasiliensis*	Rede de cerco	Ubatuba, São Paulo	Fibras e fragmentos	Digestão enzimática proteolítica com tripsina	Azul, transparente e preta	FTIR	PP, PE, PA, PES
Multiple species ingest microplastic but few reflect sediment and water pollution on sandy beaches: A	Costa *et al.*	2023d	*Anchovia clupeoides* *Anchoviella lepidentostole* *Arius grandicassis* *Atherinella brasiliensis* *Bagre marinus* *Caranx latus* *Cathorops spixii* *Chloroscombrus*	Redes de arrasto de fundo	Litoral do Rio de Janeiro	Informações em conjunto com amostras de água, sedimento e biota	Digestão (H2O2)	Informações em conjunto com amostras de água, sedimento e biota	FTIR	Informações em conjunto com amostras de água, sedimento e biota

baseline for biomonitoring			*chrysurus* *Conodon nobilis* *Ctenosciaena gracilicirrhus* *Genidens genidens* *Harengula clupeola* *Hoplias malabaricus* *Larimus breviceps* *Lycengraulis grossidens* *Menticirrhus americanus* *Netuma barba* *Polydactilus oligodon* *Polydactilus virginicus* *Selene vomer* *Stellifer brasiliensis* *Stellifer rastrifer* *Stellifer stellifer* *Syngnathus folletti* *Trachinotus carolinus* *Trachinotus falcatus* *Trachinotus goodei* *Trichiurus lepturus*							
Plastic intake does not depend on fish eating habits: Identification of microplastics in the stomach contents of fish on an urban beach in Brazil	Dantas *et al.*	2020	*Bagre marinus* *Cathorops spixii* *Chloroscombrus chrysurus* *Conodon nobilis* *Haemulopsis corvinaeformis* *Opisthonema oglinum* *Sciades herzbergii*	Redes de cerco de praia	Fortaleza, Ceará	Fibra, fragmento e pellets	Inspeção visual e digestão (H2O2)	Azul, transparente, preta, vermelho, verde	Raman	PES
The role of mesopelagic fishes as microplastics vectors across the deep-sea layers from the Southwestern Tropical Atlantic	Justino *et al.*	2022	*Argyropelecus sladeni* *Diaphus brachycephalus* *Hygophum taaningi* *Sternoptyx diáfana*	Rede de arrasto	Arquipélago Fernando de Noronha, Atol das Rocas e montanhas submarinas adjacentes	Fibra, fragmentos, pellets, filmes e espumas	Digestão (NaOH)	Não cita	LDIR	PA, PE e PET

Top predator feeding ecology and microplastic (MP) contamination on the far eastern South American coast: Evidence of MP trophic biotransfer	Melo *et al.*	2024	*Rhizoprionodon porosus*	Redes de emalhar com deriva de superfície	Plataforma continental interna da América do Sul Ocidental	Fibras e filme	Inspeção visual	Azul, preto, amarelo e branco	OM, FTIR, SEM	PE
Unravelling the stomach contents of fish and crab species from Cananéia, São Paulo: Are they eating plastic?	Gonçalves *et al.*	2023	*Aspistor luniscutis* *Cathorops spixii* *Chloroscombrus chrysurus* *Conodon nobilis* *Eugerres brasilianus* *Genidens barbus* *Haemulopsis corvinaeformis* *Isopisthus parvipinnis* *Menticirrhus martinicensis* *Micropogonias furnieri* *Oligoplites saurus* *Paralonchurus brasiliensis* *Peprilus crenulatus* *Polydactylus virginicus* *Stellifer brasiliensis* *Trichiurus lepturus*	Rede de arrasto	Cananéia, São Paulo	Fibras e fragmentos	Inspeção visual	Azul, preto, vermelho e transparente	Não houve	Não houve
Use of estuarine resources by top predator fishes. How do ecological patterns affect rates of contamination by microplastics?	Ferreira; Barletta; Lima	2019	*Centropomus mexicanus* *Centropomus undecimalis*	Rede de arrasto	Estuário de Goiana - Região Nordeste	Microfilamentos	Inspeção visual	Não cita	Não houve	Não

Use of resources and microplastic contamination throughout the life cycle of grunts (Haemulidae) in a tropical estuary	Silva *et al.*	2018	*Haemulopsis corvinaeformis* *Pomadasys ramosus*	Rede de arrasto	Estuário de Goiana - Região Nordeste	Microfilamentos	Inspeção visual	Azul, vermelho e preto	Não	Não
Widespread microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressure	Vendel *et al.*	2017	*Achirus lineatus* *Anchoa januaria,* *Anchoa marinii,* *Anchovia clupeoides* *Atherinella brasiliensis* *Caranx latus* *Citharichthys spilopteru* *Ctenogobius boleosoma* *Diapterus auratus* *Diapterus rhombeus* *Eucinostomus argenteus* *Eucinostomus melanopterus* *Eugerres brasilianus* *Hyporhamphus roberti roberti,* *Hyporhamphus unifasciatus* *Lycengraulis grossidens* *Mugil curema* *Mugil hospes* *Oligoplites saurus* *Opisthonema oglinum,* *Poecilia vivipara,* *Polydactylus virginicus* *Rhinosardinia bahiensis,* *Sciades herzbergii* *Sphoeroides greeleyi* *Sphoeroides testudineus* *Symphurus tessellatus*	Rede de arrasto	Estuários do Paraíba e Mamanguape - Região Nordeste	Fibra, filme e fragmento	Inspeção visual	Não cita	Não	Não

Fonte: A autora (2025).

QUADRO SUPLEMENTAR 2 - PANORAMA DAS PESQUISAS RELACIONADAS A PRESENÇA DE MPS EM PEIXES DE AMBIENTE DE ÁGUA DOCE, CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL

Artigo	Autores	Ano	Espécies de Peixe	Tipo de pesca*	Localização	Tipo de MPs	Método de análise	Cores predominantes	Método de caracterização dos polímeros	Polímeros
Contamination of stream fish by plastic waste in the Brazilian Amazon	Ribeiro--Brasil *et al.*	2020	*Aequidens tetramerus* *Bryconops melanurus* *Carnegiella strigata* *Copella arnoldi* *Crenicichla gr regani* *Hemigrammus unilineatus* *Hoplias malabaricus* *Iguanodectes rachovii* *Laimosemion strigatus* *Mastiglanis cf asopos* *Megalechis thoracata,* *Nannacara taenia,* *Pimelodella geryi* *Polycentrus schomburgkii*	Redes de mão (peneira)	Bacia do Rio Guamá, no município de Barcarena, e na Bacia do Acara-Capim, nos municípios de Ipixuna do Pará, Concórdia do Pará e Tomé Açu - leste do Pará, Brasil	Fibra e fragmento	Digestão (H2O2)	A cor não foi considerada uma variável válida para os propósitos do presente estudo	Não houve	Não
Diet composition and plastic ingestion in Poecilia reticulata from urban streams	Selinger *et al.*	2024	*Poecilia reticulata*	Eletrofishing	Riachos localizados na região metropolitana de Cascavel, oeste do estado do Paraná	Fibra e fragmento	Inspeção visual	Azul, vermelho, amarelo e branco	Raman	PET, PP
Diet composition of a native fish species in a neotropical lentic environment	Silva *et al.*	2023	*Hoplosternum littorale*	Rede de emalhar	Rio São Francisco Falso - Paraná	Fragmento	Inspeção visual	Azul	Não houve	Não
Ecological traits do not predict the uptake of microplastics by fishes in a Neotropical River	Costa *et al.*	2023a	*Astyanax aff. bimaculatus* *Centropomus paralellus* *Cichla ocellaris* *Geophagus brasiliensis* *Hoplosternum littorale* *Hypomasticus copleandi*	Rede de malha	Minas Gerais	Fibras	Digestão (H2O2)	Azul, preto, vermelho e branco	FTIR	PET, PP, PA, PVDC e PEAD

			Hypostomus affinis *Hypostomus luetkeni* *Loricariichthys castaneus* *Megaleporinus conirostris* *Mugil liza* *Oligosarcus hepsetus* *Oreochromis niloticus* *Pachyurus adspersus* *Pimelodus maculatus* *Prochilodus lineatus* *Psalidodon parahybae* *Rhamdia quelen* *Satanoperca pappaterra* *Trachelyopterus striatulus*							
Far from urban areas: plastic uptake in fish populations of subtropical headwater streams	Bauer *et al.*	2022	*Ancistrus brevipinnis* *Astyanax henseli* *Astyanax laticeps* *Bryconamericus iheringii* *Characidium orientale* *Characidium pterostictum* *Crenicichla punctata* *Diapoma speculiferum* *Gymnogeophagus rhabdotus* *Hemiancistrus punctulatus* *Heptapterus mustelinus* *Pseudocorynopoma doriae* *Rineloricaria cadeae* *Rineloricaria malabarbai* *Rineloricaria microlepidogaster* *Scleronema minutum* *Synbranchus marmoratus*	Pesca elétrica	Riachos de cabeceira da Bacia do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul	Fibra	Inspeção visual e digestão (KOH)	Azul e transparente	Não houve	Não

First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits,	Andrade *et al.*	2019	*Acnodon Normani* *Metynnis guaporensis* *Metynnis luna* *Myloplus asterias* *Myloplus rhomboidalis* *Myloplus rubripinnis* *Myloplus schomburgkii* *Ossubtus xinguense* *Pristobrycon cf. scapularis* *Pristobrycon eigenmanni* *Pygocentrus nattereri* *Serrasalmus cf. altispinis* *Serrasalmus manueli* *Serrasalmus rhombeus* *Tometes ancylorhynchus* *Tometes kranponhah*	Não especifica	Bacia do Rio Xingu	Filamentos e fragmentos	Inspeção visual	Preto, azul, vermelho, branco e translúcido	FTIR	PE, PVC, PA, PP, PET, PMMA, rayon
First record of microplastics in two freshwater fish species (Iheringhthys labrosus and Astyanax lacustris) from the middle section of the Uruguay River, Brazil	Santos *et al.*	2020	*Astyanax lacustris* *Iheringichthys labrosus*	Redes de emalhar e redes de cerco	Bacia do médio Rio Uruguai, Rio Grande do Sul	Fibras e fragmentos	Inspeção visual	Azul, branco, vermelho e preto	Não houve	Não
First record of plastic ingestion by an important commercial native fish (Prochilodus lineatus) in the middle Tietê River basin, Southeast Brazil	Urbanski *et al.*	2020	*Prochilodus lineatus*	Rede de emalhar	Rio Tietê e Rio do Peixe, São Paulo	Não específica	Digestão (H_2O_2), adicionando Fe II como catalisador	Azul, rosa, preta, verde, vermelha, transparente e amarela	Não houve	Não
Food ecology and presence of microplastic in the stomach content of neotropical fish in an urban river of the upper Paraná River Basin	Oliveira *et al.*	2020	*Astyanax fasciatus* *Astyanax lacustris* *Crenicichla lacustris* *Geophagus brasiliensis* *Hoplias malabaricus* *Hoplosternum littorale* *Hypostomus sp.* *Hypostomus*	Redes de arrasto e malha múltipla	Rio Sorocaba, São Paulo	Fragmentos	Inspeção visual	Não cita	Não houve	Não

			ancistroides *Hypostomus margaritifer* *Prochilodus lineatus* *Pterygoplichtys ambrosetti* *Rhamdia quelen* *Steindachnerina insculpta* *Serrasalmus maculatus*							
Ingestion of Microplastic by Fish of Different Feeding Habits in Urbanized and Non-urbanized Streams in Southern Brazil	Garcia *et al.*	2020	*Astyanax lacustris* *Bryconamericus aff. iheringii* *Cetopsorhamdia iheringi* *Characidium aff. zebra* *Hypostomus ancistroides* *Hypostomus cf. strigaticeps* *Imparfinis mirini* *Piabarchus stramineus* *Poecilia reticulata* *Psalidodon aff. fasciatus* *Psalidodon aff. paranae* *Rhamdia quelen* *Rineloricaria pentamaculata*	Pesca elétrica e redes de malha	Bacia do Rio Ivaí, norte do Paraná (região metropolitana de Maringá)	Fibras	Digestão (KOH)	Não cita	Não houve	Não
Microplastic ingestion by Characidae in rural streams (Rio Grande do Sul, Brazil)	Ferrari; Hepp	2021	*Astyanax henseli* *Astyanax lacustris* *Bryconamericus iheringii* *Oligosarchus breviostris*	Redes e anzóis	Bacia do Rio Uruguai, norte do Rio Grande do Sul	Fibras e fragmentos	Digestão (KOH)	Não cita	Não houve	Não
Microplastics in catfish Pterygoplichthys pardalis (Castelnau 1855) and Hoplosternum littorale (Hancock, 1828) marketed in Itacoatiara, Amazonas, Brazil	Azevedo *et al.*	2024	*Hoplosternum littorale* *Pterygoplichthys pardalis*	Comprados vivos em mercados de peixe	Itacoatiara, Amazonas, Brazil	Fibras e fragmentos	Digestão (H2O2) e separação por densidade (NaCl)	Azul, vermelho, azul claro, verde, preto e amarelo	Raman	PET e PS

Microplastics in fishes in amazon riverine beaches: Influence of feeding mode and distance to urban settlements	Costa *et al.*	2023b	*Anchoviella juruasanga* *Apareidon sp.* *Astyanax cf. elachylepis* *Bivbranchia fowleri* *Brycon ops caudomaculatus* *Brycon ops giacopini* *Brycon pesu* *Creagrutus anary* *Creagrutus sp.* *Crenicicla santosi* *Cyphocharax sp. iluropsis* *Deuterodon sp.* *Geophagus sp.* *Hemigrammus cf. geisleri* *Jupiaba zonata* *Knodus heteresthes* *Microschemobrycon callops* *Moenkausia coletti* *Moenkausia hasemani* *Moenkausia oligolepsi* *Moenkausia rondoni* *Myleinae sp.* *Myleus sp.* *Phenacogaster retropinnus* *Satanoperca jurupari* *Serrapinnus notomelas* *Serrapinus micropterus* *Tetragonopterus argenteus* *Vandellia cirrhosa*	Rede de arrasto de fundo	Bacia do Rio Machado, Rondônia	Fibras, fragmentos e esferas	Digestão (H_2O_2)	Pretas, azul e transparente	FTIR	PP, PET, PA, PEAD, VC e EVOH
Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource	Silva-Cavalcanti *et al.*	2017	*Hoplosternum littorale*	Peixes adquiridos de pescadores locais	Serra Talhada, Pernambuco	Fibras, plásticos moles e plásticos duros	Inspeção visual	Não cita	Não houve	Não

Plastic ingestion by carnivore fish in a neotropical floodplain: seasonal and interspecific variations	Cardozo *et al.*	2023	*Astronotus crassipinnis* *Ageneiosus inermis* *Acestrorhynchus lacustris* *Ageneiosus ucayalensis* *Crenicichla jaguarensis* *Cichla kelberi* *Cichlasoma paranaense* *Galeocharax gulo* *Hoplias spp.* *Hemisorubim platyrhynchos* *Hoplerythrinus unitaeniatus* *Pseudoplatystoma corruscans* *Potamotrygon falkneri* *Pinirampus pirinampu* *Plagioscion squamosissimus* *Rhamdia quelen* *Rhaphiodon vulpinus* *Salminus brasiliensis* *Salminus hilarii* *Sorubim lima* *Serrasalmus maculatus* *Serrasalmus marginatus* *Zungaro jahu*	Redes de espera	Planície de inundação do Alto Rio Paraná, Sul e Sudeste	Fibras, fragmentos e filme	Digestão (KOH)	Transparente, azul, preto e branco	FTIR	PVA, PA, PE, OS e PP
Plastic Ingestion by Commercial and Non-Commercial Fishes from a Neotropical River Basin	Lima *et al.*	2021	*Astyanax bimaculatus* *Astyanax cf. lacustris* *Geophagus brasiliensis* *Hoplias malabaricus* *Hoplosternum littorale* *Hypomasticus copelandii* *Hypostomus affinis* *Hypostomus sp.* *Hypostomusauroguttatus* *Megaleporinus conirostris* *Oligosarcus hepsetus* *Pachyurus adspersus* *Pimelodus fur*	Redes de emalhar	Bacia do Rio Paraíba do Sul, região Sudeste	Fragmentos	Inspeção visual	Azul, verde, cinza e rosa	FTIR	PE e PP

			Pimelodus maculatus *Plagioscion squamosissimus* *Prochilodus lineatus* *Psalidodon fasciatus* *Rhamdia quelen* *Trachelyopterus striatulus*							
Quantifying microplastics in fishes: The first case study contrasting the perspective of untrained and experienced researchers	Costa *et al*.	2023e	*Oreochromis niloticus*	Rede de cerco de praia	Norte do estado do RJ	Fibra, fragmento	Digestão (H_2O_2)	Preta, transparente e azul	Não houve	Não

Fonte: A autora (2025).

QUADRO SUPLEMENTAR 3 - RELAÇÃO DE ESPÉCIES DE PEIXES DE AMBIENTES MARINHOS E DE AMBIENTES DE ÁGUA DOCE, ENCONTRADOS EM PESQUISAS RELACIONADAS A PRESENÇA DE MPS EM PEIXES CAPTURADOS NA NATUREZA, NO BRASIL

Espécies de ambiente marinho	Espécie de ambiente de água doce
Acanthocybium solandri	*Acestrorhynchus lacustris*
Acanthostracion quadricornis	*Acnodon Normani*
Acanthurus coeruleus	*Aequidens tetramerus*
Alphestes afer	*Ageneiosus inermis*
Anchoa januaria,	*Ageneiosus ucayalensis*
Anchoa marinii,	*Anchoviella juruasanga*
Anchovia clupeoides	*Ancistrus brevipinnis*
Anchoviella lepidentostole	*Apareidon sp.*
Anisotremus surinamensis	*Astronotus crassipinnis*
Anisotremus virginicus	*Astyanax aff. bimaculatus*
Argyropelecus sladeni	*Astyanax bimaculatus*
Ariidae sp.	*Astyanax cf. elachylepis*
Arius grandicassis	*Astyanax cf. lacustris*
Aspistor luniscutis	*Astyanax fasciatus*
Atherinella brasiliensis	*Astyanax henseli*
Bagre bagre	*Astyanax lacustris*
Bagre marinus	*Astyanax laticeps*
Bairdiella ronchus	*Bivbranchia fowleri*
Batrachoides surinamensis	*Brycon ops caudomaculatus*
Belonidae sp.	*Brycon ops giacopini*
Bodianus pulchellus	*Brycon pesu*
Bodianus rufus	*Bryconamericus aff. iheringii*
Bolinichthys distofax	*Bryconamericus iheringii*
Brevoortia sp.	*Bryconops melanurus*
Calamus pennatula	*Carnegiella strigata*
Caranx crysos	*Centropomus paralellus*
Caranx hippos	*Cetopsorhamdia iheringi*
Caranx latus	*Characidium aff. zebra*
Caranx sp.	*Characidium orientale*
Cathorops spixii	*Characidium pterostictum*
Centropomus mexicanus	*Cichla kelberi*
Centropomus undecimalis	*Cichla ocellaris*
Cephalopholis fulva	*Cichlasoma paranaense*
Cetengraulis edentulus	*Copella arnoldi*
Chaetodipterus faber	*Creagrutus anary*
Chaetodon ocellatus	*Creagrutus sp.*
Chaetodon striatus	*Crenicichla gr regani*
Chloroscombrus chrysurus	*Crenicichla jaguarensis*
Chromis multilineat	*Crenicichla lacustris*
Citharichthys spilopteru	*Crenicichla punctata*

Colomesus psittacus	*Crenicicla santosi*
Conodon nobilis	*Cyphocharax sp. iluropsis*
Coptodon rendalli	*Deuterodon sp.*
Coryphaena hippurus	*Diapoma speculiferum*
Ctenogobius boleosoma	*Galeocharax gulo*
Ctenosciaena gracilicirrhus	*Geophagus brasiliensis*
Cynoponticus savanna	*Geophagus sp.*
Cynoscion acoupa	*Gymnogeophagus rhabdotus*
Cynoscion guatucupa	*Hemiancistrus punctulatus*
Cynoscion jamaicensis	*Hemigrammus cf. geisleri*
Cynoscion leiarchus	*Hemigrammus unilineatus*
Cynoscion microlepidotus	*Hemisorubim platyrhynchos*
Cynoscion virescens	*Heptapterus mustelinus*
D. fragilis	*Hoplerythrinus unitaeniatus*
D. garmani	*Hoplias malabaricus*
D. perspicilatus	*Hoplias spp.*
D. splendidus	*Hoplosternum littorale*
Dactylopterus volitans	*Hypomasticus copelandii*
Dasyatis americana	*Hypostomus affinis*
Diaphus brachycephalus	*Hypostomus ancistroides*
Diapterus auratus	*Hypostomus cf. strigaticeps*
Diapterus rhombeus	*Hypostomus luetkeni*
Elagatis bipinnulata	*Hypostomus margaritifer*
Engraulidae sp.	*Hypostomus sp.*
Epinephelus itajara	*Hypostomusauroguttatus*
Eucinostomus argenteus	*Iguanodectes rachovii*
Eucinostomus melanopterus	*Iheringichthys labrosus*
Eugerres brasilianus	*Imparfinis mirini*
Genidens barbus	*Jupiaba zonata*
Genidens genidens	*Knodus heteresthes*
Genyatremus luteus	*Laimosemion strigatus*
Geophagus brasiliensis	*Loricariichthys castaneus*
Gobionellus stomatu	*Mastiglanis cf asopos*
Gymnothorax ocellatus	*Megalechis thoracata,*
Haemulon aurolineatum	*Megaleporinus conirostris*
Haemulon parra	*Metynnis guaporensis*
Haemulon plumierii	*Metynnis luna*
Haemulon squamipinna.	*Microschemobrycon callops*
Haemulon steindachneri	*Moenkausia coletti*
Haemulopsis corvinaeformis	*Moenkausia hasemani*
Halichoeres poeyi	*Moenkausia oligolepsi*
Harengula clupeola	*Moenkausia rondoni*
Holocentrus adscensionis	*Mugil liza*
Hoplias malabaricus	*Myleinae sp.*
Hygophum taaningi	*Myleus sp.*

Hyporhamphus roberti roberti,	*Myloplus asterias*
Hyporhamphus unifasciatus	*Myloplus rhomboidalis*
Isopisthus parvipinnis	*Myloplus rubripinnis*
Katsuwonus pelamis	*Myloplus schomburgkii*
Lagocephalus laevigatus	*Nannacara taenia,*
Lampanyctus nobilis	*Oligosarchus breviostris*
Larimus breviceps	*Oligosarcus hepsetus*
Lepidophanes guentheri	*Oreochromis niloticus*
Lutjanus analis	*Ossubtus xinguense*
Lutjanus jocu	*Pachyurus adspersus*
Lutjanus synagris	*Pachyurus adspersus*
Lycengraulis grossidens	*Phenacogaster retropinnus*
Macrodon ancylodon	*Piabarchus stramineus*
Macrodon atricauda	*Pimelodella geryi*
Menticirrhus americanus	*Pimelodus fur*
Menticirrhus martinicensis	*Pimelodus maculatus*
Menticirrhus saxatilis	*Pinirampus pirinampu*
Micropogonias furnieri	*Plagioscion squamosissimus*
Mugil curema	*Poecilia reticulata*
Mugil curviden	*Polycentrus schomburgkii*
Mugil hospes	*Potamotrygon falkneri*
Mugil liza	*Pristobrycon cf. scapularis*
Mugilidae sp.	*Pristobrycon eigenmanni*
Mustelus canis	*Prochilodus lineatus*
Mustelus higmani	*Psalidodon aff. fasciatus*
Mycteroperca sp.	*Psalidodon aff. paranae*
Myripristis jacobus	*Psalidodon fasciatus*
Narcine brasiliensis	*Psalidodon parahybae*
Netuma barba	*Pseudocorynopoma doriae*
Notarius grandicassis	*Pseudoplatystoma corruscans*
Ocyurus chrysuru	*Pterygoplichthys pardalis*
Oligoplites saurus	*Pterygoplichtys ambrosetti*
Ophichthus cylindroideus	*Pygocentrus nattereri*
Ophichthus ophis	*Rhamdia quelen*
Ophioscion punctatissimus	*Rhaphiodon vulpinus*
Opisthonema oglinum,	*Rineloricaria cadeae*
Orthopristis ruber	*Rineloricaria malabarbai*
Paralichthys brasiliensis	*Rineloricaria microlepidogaster*
Paralonchurus brasiliensis	*Rineloricaria pentamaculata*
Peprilus crenulatus	*Salminus brasiliensis*
Peprilus paru	*Salminus hilarii*
Plectrypops retrospinis	*Satanoperca jurupari*
Poecilia vivipara,	*Satanoperca pappaterra*
Polydactilus oligodon	*Scleronema minutum*
Polydactilus virginicus	*Serrapinnus notomelas*

Polydactylus oligodon	*Serrapinus micropterus*
Polydactylus sp.	*Serrasalmus cf. altispinis*
Polydactylus virginicus	*Serrasalmus maculatus*
Pomadasys ramosus	*Serrasalmus manueli*
Pomatomus saltatrix	*Serrasalmus marginatus*
Priacanthus arenatus	*Serrasalmus rhombeus*
Prionotus punctatus	*Sorubim lima*
Prognathodes obliquus	*Steindachnerina insculpta*
Pseudupeneus maculatus	*styanax lacustris*
Rachycentron canadum	*Synbranchus marmoratus*
Rhinoptera bonasus	*Tetragonopterus argenteus*
Rhinosardinia bahiensis,	*Tometes ancylorhynchus*
Rhizoprionodon lalandii	*Tometes kranponhah*
Rhizoprionodon porosus	*Trachelyopterus striatulus*
Sciades herzbergii	*Vandellia cirrhosa*
Scomberomorus brasiliensis	*Zungaro jahu*
Scomberomorus cavalla	
Selene setapinnis	
Selene vomer	
Sparisoma frondosum	
Sparisoma tuiupiranga	
Sphoeroides greeleyi	
Sphoeroides testudineus	
Sphyraena barracuda	
Sphyraena guachancho	
Sphyrna tiburo	
Stellifer brasiliensis	
Stellifer stellifer	
Sternoptyx diáfana	
Syacium micrurum	
Symphurus tessellatus	
Syngnathus folletti	
Tetraodontiformes	
Thunnus albacares	
Thunnus obesus	
Trachinotus carolinus	
Trachinotus falcatus	
Trachinotus goodei	
Trichiurus lepturus	
Umbrina canosai	

Fonte: A autora (2025).

4 CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS EM PEIXES DE IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA NO LITORAL DO PARANÁ

RESUMO

Os microplásticos (MPs) estão cada vez mais biodisponíveis para os organismos vivos, bem como cada vez mais presentes nos ambientes marinhos e nas regiões costeiras. No oceano, são poluentes advindos de diversas fontes, sendo em sua grande maioria pelo lixo no mar, podendo causar danos não só à biota marinha, como também prejudicar a qualidade do meio ambiente e interferir na segurança alimentar. Apesar de existirem estudos sobre MPs em peixes na costa do litoral brasileiro, ainda não há dados que relatem a presença de microplásticos em peixes na costa do litoral paranaense. Para identificar a presença de MPs no trato gastrointestinal (TGI) nos pescados do litoral paranaense, foram estudadas três espécies de peixes de importância socioeconômica, comercializados no Mercado do Peixe do município de Matinhos. Dos 101 espécimes avaliados, 76 (75,2%) apresentaram alguma partícula considerada como microplástico em seu trato gastrointestinal (TGI), com uma média de 3,08 ±3,4 MP.ind^{-1}. Dos tipos de microplásticos, as fibras transparentes foram as mais presentes; entre os fragmentos, o da cor azul fora o mais abundante. *Menticirrhus littoralis* foi a espécie com a maior presença de MPs. Isso pode se justificar por ser também a espécie de maior porte e de maior peso de TGI em comparação às demais espécies analisadas. Dessa forma, concluímos que os peixes comercializados no estado do Paraná estão expostos à presença de MPs e recomendamos futuros estudos que incluam análises ao longo da costa paranaense com uma maior diversidade de espécies, para com isso contribuir com planos de prevenção e combate à poluição marinha.

Palavras-chave: microplástico; poluição marinha; litoral do Paraná; *Menticirrhus littoralis*.

MICROPLASTIC CONTAMINATION IN FISH OF SOCIOECONOMIC IMPORTANCE ON THE COAST OF PARANÁ

ABSTRACT

Microplastics (MPs) are increasingly bioavailable to living organisms and more prevalent in marine environments and coastal regions. In the ocean, these pollutants originate from diverse sources, primarily marine litter, and can harm not only marine biota but also degrade environmental quality and interfere with food security. Although there are studies on MPs in fish along the Brazilian coast, data on the presence of microplastics in fish specifically along the Paraná coast is still lacking. To identify the presence of MPs in the gastrointestinal tracts (GIT) of fish from the Paraná coast, we studied three species of socioeconomically important fish sold at the Municipal Fish Market (Fish Mar) in Matinhos. Of the 101 specimens evaluated, 76 (75.2%) showed at least one particle considered a microplastic in their GIT, with an average of 3,08 ±3,4 MP.ind^{-1}. Among the types of microplastics, transparent fibers were the most common; among fragments, blue was the most abundant color. *Menticirrhus littoralis* was the species with the highest presence of MPs. This might be because it was also the largest species

and had the heaviest GIT compared to the other species analyzed. Therefore, we conclude that fish sold in the state of Paraná are exposed to MPs, and we recommend future studies that include analyses along the Paraná coast with a greater diversity of species to contribute to plans for preventing and combating marine pollution.

Keywords: microplastic; marine pollution; Paraná coast; *Menticirrhus littoralis.*

4.1 INTRODUÇÃO

A humanidade depende do oceano para a sua sobrevivência, mas o resultado das ações antrópicas afeta os ecossistemas e as espécies marinhas em todo o mundo, o lixo no mar é reconhecido como um poluente universal e tem causado preocupação ambiental em todo o planeta (Bergmann; Gutow; Klages, 2015; Unep, 2016). Composto por uma ampla gama de materiais, como o vidro, a madeira, o metal, a borracha e o plástico, o lixo no mar vem sendo encontrado em todas as áreas marítimas do mundo (Turra *et al.*, 2020; Unep, 2009; Watson *et al*., 2022). Os maiores responsáveis pela poluição marinha são os plásticos, calcula-se que em torno de 80% do lixo presente no mar seja ocasionado por esse polímero (Barnes *et al.*, 2009; (Bebianno; Rosas; Gonçalves *et al.*, 2023).

A principal fonte de lixo para os oceanos é a terrestre, ocasionada principalmente pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos, representando de 60% a 80% do material depositado no ambiente marinho (Ospar, 2007; Unep, 2021). A entrada dos resíduos sólidos nos mares se dá através do acesso direto dos rios, das atividades humanas exercidas principalmente nas regiões costeiras, via sistemas de esgoto e de drenagens, atividades pesqueira, turismo, pelo transporte marítimo e pelo vento (Gesamp, 2019; Iwanicki, 2024; Turra *et al.* 2020).

Considerado um problema crescente, o lixo no mar representa uma grave ameaça aos ecossistemas marinhos (Derraik, 2002; Unep, 2014), pois sua presença é prejudicial para uma imensa quantidade de vida marinha em razão de sua capacidade de atingir diferentes níveis tróficos e, como consequência, causar efeitos negativos na biota marinha (Bergmann; Gutow; Klages, 2015; Nelms *et al.*, 2018; Richon *et al.,* 2023).

Ao se fragmentar em pequenas porções, o plástico se transforma em minúsculas partículas de tamanho inferior a 5 mm, denominadas de microplástico (Barnes *et al.*, 2009; Cole *et al.*, 2011; Gesamp, 2019) e se torna um poluente ambiental ainda mais preocupante (Costa *et al.,* 2023; Olivatto *et al.,* 2018). Devido ao seu reduzido tamanho, o microplástico (MPs) se propaga no meio ambiente, atingindo áreas remotas e ampliando sua biodisponibilidade para um maior número de organismos vivos (Browne; Galloway; Thompson, 2007; MacLeod *et al.*, 2021).

Considerados contaminantes emergentes, os MPs são onipresentes no ambiente (Barboza; Gimenez, 2015; Montagner *et al*., 2021). Sua classificação se dá devido à sua origem: (i) primários, aqueles gerados a partir de processos industriais, resultando em microesferas, fibras ou pellets fabricados; e (ii) secundários, resultando da fragmentação ou da ação do intemperismo das partículas plásticas maiores em partículas menores (Gesamp, 2015; Queiroz, 2022; Waldman; Rillig, 2020).

O comportamento e o destino dos MPs presentes no meio ambiente ocorrem por fatores influenciados pelas propriedades individuais de cada tipo de plástico, pois se diferem na forma, estrutura, tipo de polímero e composição química, condições estas, que influenciam a toxicidade de cada partícula, tornando difícil conhecer qual a interação e o grau de impacto desses materiais nos ecossistemas (Bucci; Rochman, 2022; Kooi; Koelmans, 2019; Rillig *et al.,* 2021).

Cada vez mais abundantes nas regiões costeiras, superfícies e fundo do mar (Lusher; McHugh; Thompson, 2013), os MPs ficam biodisponíveis para organismos tão pequenos, como o zooplâncton, até grandes mamíferos marinhos, com capacidade de causar danos físicos e toxicológicos (Fred-Ahmadu *et al.,* 2020; Law; Thompson, 2014; Nelms *et al.*, 2018).

Os MPs também são responsáveis por conduzir e acumular contaminantes orgânicos persistentes em ambientes costeiros e marinhos (Fisner *et al.*, 2013; Gorman *et al.*, 2019), além de serem capazes de transportar por longas distâncias produtos químicos associados ao plástico de origem (Gouin, 2021).

Desde os primeiros relatos de ingestão de partículas plásticas em peixes publicado por Carpenter *et al.*, (1972), muitos outros estudos constataram a presença de detritos plásticos em diferentes espécies de peixes (Fernandez-Ojeda *et al.*, 2021; McNeish *et al.*,2018; Miranda; Carvalho-Souza, 2016; Zhu *et al.*, 2019).

Ao serem ingeridos, os MPs podem causar sufocamento, ficarem retidos no trato digestivo ou serem expelidos (Browne; Galloway; Thompson, 2007). Essa ingestão pode causar efeitos físicos nos intestinos dos peixes (Lei *et al.*, 2018), pois as fibras plásticas podem se emaranhar, causar uma falsa sensação de saciedade e dificultar a passagem de alimentos (Qiao *et al.*, 2019).

Há também os efeitos químicos causados pela ingestão dos MPs, pois essas partículas podem facilitar o transporte de contaminantes químicos para os organismos, podendo afetar seus sistemas hormonais e reprodutivos (Rahman *et al.*, 2024; Romano *et al.,* 2020).

De acordo com Kibria (2023), a ingestão de MPs em peixes pode ocasionar a redução de seu crescimento e das suas aptidões, levando a uma queda da sua produção, o que pode afetar

ao longo do tempo a economia, o emprego, as fontes de alimento e os meios de subsistência de pessoas em todo o mundo.

No município de Matinhos, litoral do Paraná, os pescados são uma importante fonte de renda (Meneghetti; Faria, 2012). A pesca realizada é artesanal e sustenta uma das maiores comunidades de pescadores do Sul do Brasil, contando com aproximadamente 300 membros entre homens e mulheres (Afonso; Chaves, 2021; Costa; Murata, 2015).

Menticirrhus americanus, *Menticirrhus littoralis* e *Larimus breviceps* são espécies comumente desembarcadas no litoral paranaense (Andriguetto-Filho; Chaves, 2006). Juntas, fazem parte da chamada "misturinha", tendo em comum o pequeno porte, um sabor suave e uma textura macia; também possuem um baixo valor comercial e servem de alimento para os próprios pescadores (Costa; Costa; Zalmon, 2023; Quadros; Castro; Costa, 2016).

Essas espécies pertencem à família *Sciaenidae*, que integra peixes geralmente costeiros de águas rasas e abundantes em estuários, com papel importante na cadeia alimentar principalmente em mangues e gamboas (Corrêa; Viana, 1993).

M. americanus, popularmente conhecida como Betara (Figura 18), é um peixe demersal, que apresenta porte de tamanho de até 50 cm, possui manchas escuras alongadas e oblíquas e pode ser encontrada desde o Cabo Cad, nos Estados Unidos, até a Argentina (Carvalho, 2019; Menezes; Figueiredo, 1980). São residentes típicas de zonas de arrebentação de praias arenosas (Haluch, 2008), estão presentes em águas costeiras de pouca profundidade e em regiões estuarinas, nos fundos de areia ou de lama (Barletta *et al*, 2008; Rondineli *et al.*, 2007).

FIGURA 18: UM ESPÉCIME *DE M. AMERICANUS* DURANTE O PROCEDIMENTO LABORATORIAL DE ANÁLISE DE AVALIAÇÃO DE PRESENÇA DE MPS EM SEU TRATO GASTROINTESTINAL

Fonte: A autora (2025).

Considerada como uma espécie predadora e carnívora, tem predominância alimentar por organismos bentônicos de fundos não consolidados (Rondineli *et al*., 2007; Turra *et al.,* 2012), sendo encontrada em abundância no baixo estuário de Paranaguá (Barletta *et al.*, 2008).

M. littoralis, conhecida popularmente como Papa-terra, de cor acinzentada clara e uniforme (Figura 19), atinge até 45 cm de comprimento e está distribuída desde o sul da Flórida até o sul do Brasil (Menezes; Figueiredo, 1980). É um peixe demersal e prefere águas rasas com fundos arenosos e lamacentos, sendo encontrada em abundância em zonas de arrebentação e águas costeiras (Haluch, 2008; Palmeira, Monteiro-Neto, 2010).

Como hábito alimentar, tem preferência por organismos bentônicos, especialmente os pequenos crustáceos (Palmeira; Monteiro-Neto, 2010). São peixes encontrados em número significativo em praias com influência marinho-estuarina na barra de acesso ao Complexo Estuarino de Paranaguá (Felix *et al.*, 2006) e suas larvas são avistadas durante todas as estações do ano no litoral paranaense, mas com aumento durante a primavera (Godefroid *et al*., 2001).

FIGURA 19: UM ESPÉCIME DE *M. LITTORALIS* DURANTE O PROCEDIMENTO LABORATORIAL PARA ANÁLISE DE AVALIAÇÃO DE PRESENÇA DE MPS EM SEU TRATO GASTROINTESTINAL

Fonte: A autora (2025).

L. breviceps, conhecida popularmente como Oveva, é uma espécie muito abundante na costa do litoral brasileiro, podendo ser encontrada desde a Costa Rica até o estado de Santa Catarina, Brasil (Menezes *et al.*, 2003). É um peixe demersal, vivendo geralmente em estuários de profundidades de até 50m em fundos de areia e lamas de águas costeiras (Barbieri, 2021; Bessa *et al*., 2013). Com aproximadamente 20 cm de comprimento, apresenta coloração clara prateada (Figura 20) mais escura em seu dorso (Bigarella, 2009).

Tem preferência alimentar por camarões ou variados crustáceos, que são tanto bentônicos como pelágicos, o que pode tornar inconclusivo seu hábito alimentar (Bessa *et al*., 2013; Comelli, 2000). É uma das espécies mais abundantes em pesca de arrasto no litoral do

Paraná, com intensa característica reprodutiva durante o período de verão (Bernardo *et al*., 2011; Cattani *et al.*, 2011).

FIGURA 20: UM ESPÉCIME DE *L. BREVICEPS* DURANTE O PROCEDIMENTO LABORATORIAL PARA ANÁLISE DE AVALIAÇÃO DE PRESENÇA MPS EM SEU TRATO GASTROINTESTINAL

Fonte: A autora (2025).

Esta pesquisa teve o objetivo de identificar a presença de MPs no trato gastrointestinal (TGI) das espécies *M. americanus, M. littoralis* e *L. breviceps* pescadas de modo artesanal e comercializadas no município de Matinhos. Esses peixes foram escolhidos devido às suas particularidades de importância socioeconômica para a comunidade pesqueira local.

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 Área de estudo

Localizado na região Sul do Brasil, o litoral do Paraná está situado na porção leste do estado, limitado pela Serra do Mar e contemplando a planície litorânea. Essa região pertence ao importante Bioma da Mata Atlântica, onde se encontra a maior parte da diversidade ambiental do estado do Paraná. Além disso, seu território, é constituído em grande parte (aproximadamente 75%) por Áreas de Proteção Ambiental (Tiepolo; Denardin, 2019; Associação Mar Brasil, 2011).

A planície costeira paranaense tem aproximadamente 90 km de comprimento, com uma extensão máxima de 55 km na região do município de Paranaguá (Angulo, 2004), entretanto, devido ao seu recorte geográfico, contendo uma baía e um Complexo Estuarino, sua extensão total pode chegar a uma extensão de 1.300 km (Pierri *et al.*, 2006).

Por serem ambientes que proporcionam melhores condições para a ocupação humana, as regiões costeiras e os estuários têm sido regiões utilizadas cada vez mais intensamente pela população mundial e consequentemente sofrendo maiores impactos (Gianesella; Saldanha-Corrêa, 2010).

O Mapa 3, indica os principais estuários da região litorânea do Paraná: i) ao norte, o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), com aproximadamente 3.882 km², parte de um amplo sistema estuarino subtropical interconectado; ii) ao sul, o Estuário de Guaratuba (EG), com uma área aproximada de 1.886 km² (Lana *et al*., 2001; Associação Mar Brasil, 2011).

MAPA 3: LOCALIZAÇÃO DO LITORAL DO PARANÁ, COM A INDICAÇÃO GEOGRÁFICA DO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, ESTUÁRIO DE GUARATUBA E DO MERCADO MUNICIPAL DE PESCADOS (MERCADO DO PEIXE), DO MUNICÍPIO DE MATINHOS- PR, BRASIL

Fonte: A autora (2025).

Entre estes estuários está localizado Matinhos, um dos sete municípios pertencentes ao litoral do Paraná, situado a sete metros do nível do mar, nas coordenadas 25º48'59"S, 48º32'02"W (WGS84), com uma população estimada de 41.416 habitantes e uma área territorial de 117,899 km², onde 25,5% está presente em unidades de conservação de proteção integral e

5,3% em áreas de uso sustentável. Tem como limites o município de Guaratuba ao Sul e a Oeste; o Oceano Atlântico a Leste e os municípios de Pontal do Paraná e Paranaguá ao Norte (IBGE, 2024; Ipardes, 2024; Paula; Pigosso; Wroblewski, 2018).

O turismo, especialmente o de segunda residência, é a principal atividade econômica da cidade de Matinhos, modalidade que é responsável por impulsionar o comércio local e o mercado imobiliário, especialmente durante a temporada de verão, quando a população flutuante aumenta significativamente (Horochovski, 2007; Esteves, 2011; Abrahão; Tomazzoni, 2017).

A pesca, além de ser uma atividade econômica importante, também é uma das principais e tradicionais atividades em Matinhos, sendo o Mercado Municipal de Pescados (Fotografia 4) e a Colônia de Pescadores pontos de referência para essa atividade (Andreoli, 2007).

Os pescadores artesanais utilizam embarcações de pequeno porte (Fig. 2), como canoas de madeira (6 m a 10 m), botes (7 m a 10 m) e principalmente as canoas de fibra de vidro (8 m a 9 m). As redes utilizadas são confeccionadas com fios de náilon, sendo as redes de emalhe o petrecho mais usado (Andreoli, 2007; Afonso; Chaves, 2021). Os tipos de pesca mais praticadas em Matinhos são: i) redes de arrasto; ii) redes de emalhe (redes de caceio e redes de fundeio); iii) pesca com tarrafas (Meneguetti; Faria, 2012; Associação Mar Brasil, 2019).

Considerando este contexto pesqueiro e o local onde as espécies habitam - entre os estuários do litoral paranaense e as águas costeiras do Atlântico Sul - que as espécies *M. americanus, M. littoralis* e *L. breviceps*, que são comumente pescadas por arrasto de camarão ou pela pesca de fundeio e comercializadas na região de Matinhos, foram selecionadas para este estudo.

4.2.2 Coleta de amostras e procedimentos laboratoriais

As amostras de pescados foram adquiridas no fim da primavera de 2023, entre os meses de novembro e dezembro, no Mercado Municipal de Pescados (Figura 21) diretamente com os pescadores artesanais da Colônia de Pescadores Z-4 em Matinhos – PR, Brasil (25°48'53"S; 48°31'58" W). Os espécimes foram cadastrados no Sistema Nacional de Gestão de Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), sob o número A60D238.

FIGURA 21: IMAGENS DO MERCADO MUNICIPAL DE PESCADOS DE MATINHOS; À ESQUERDA, IMAGEM AÉREA DA FRENTE DO MERCADO (A); À DIREITA, IMAGEM RETIRADA DA PARTE INTERNA DO MERCADO (NA ÁREA DE VISCERAÇÃO E LIMPEZA), ONDE SE PODE VER OS BARCOS UTILIZADOS PELOS PESCADORES ARTESANAIS

FONTE: Imagem (A): Almir Alves/Arquivo pessoal. Imagem (B): A autora (2025).

Foram analisados 101 espécimes de peixes das espécies *Menticirhrus americanus, Menticirhrus littoralis* e *Larimus breviceps* a partir do trato gastrointestinal (TGI) de cada indivíduo. Os peixes foram capturados por meio de pesca de arrasto de camarão e ou rede de fundeio (malha 6 ou 7) e acondicionados frescos em caixas de isopor com gelo para transporte até os Laboratórios Didáticos do Setor Litoral da UFPR.

Após a lavagem com água ultrapura, cada indivíduo foi pesado (g) em uma balança digital Acculab® VIC-5101 e medido utilizando uma régua metálica. O comprimento total (cm) foi determinado através da distância entre a porção anterior do focinho e a extremidade da nadadeira caudal (Fonseca; Souza, 2006; Quadros; Bolini, 2015).

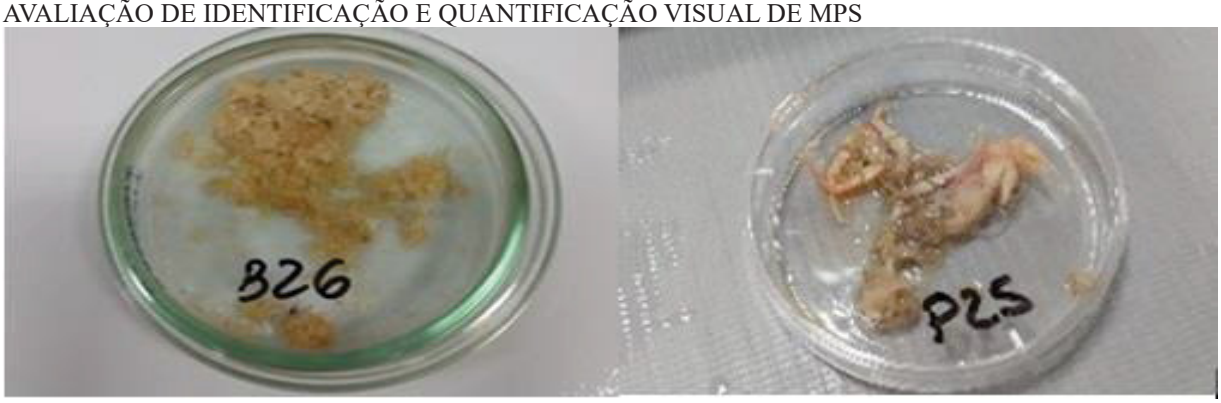
O TGI de cada indivíduo foi extraído por meio de uma incisão longitudinal no abdômen realizada com bisturi e pinça anatômica, pesado em balança digital Acculab® VIC-5101 e acondicionado em frasco *Erlenmeyer* (Azevedo, 2024).

A digestão do material orgânico é uma forma eficaz de separação de amostras de microplásticos (Karami *et al.*, 2017), para essa análise foi utilizado o reagente hidróxido de potássio (KOH), considerado um digestor alcalino eficaz e simples (Lusher; Hernandez-Milian, 2018). Em cada amostra de TGI foi adicionado KOH Merck® a 10% (V 1,27g 10%) e homogeneizada em uma Shaker Orbital a 40°C em 90 rpm por 48 horas para a completa dissolução dos tecidos moles (Karami *et al*., 2017; Machado *et al*., 2021).

Após 4 horas, o novo sobrenadante foi misturado com o material reservado e submetido à filtração à bomba a vácuo, em filtro de fibra de vidro GF/3F de 1,2 μm e separado em placas de Petri. A vidraria foi submetida a um enxague adicional e reservado para melhorar a recuperação do material avaliado ((Machado *et al*., 2021; Oliveira; Krelling; Turra, 2024).

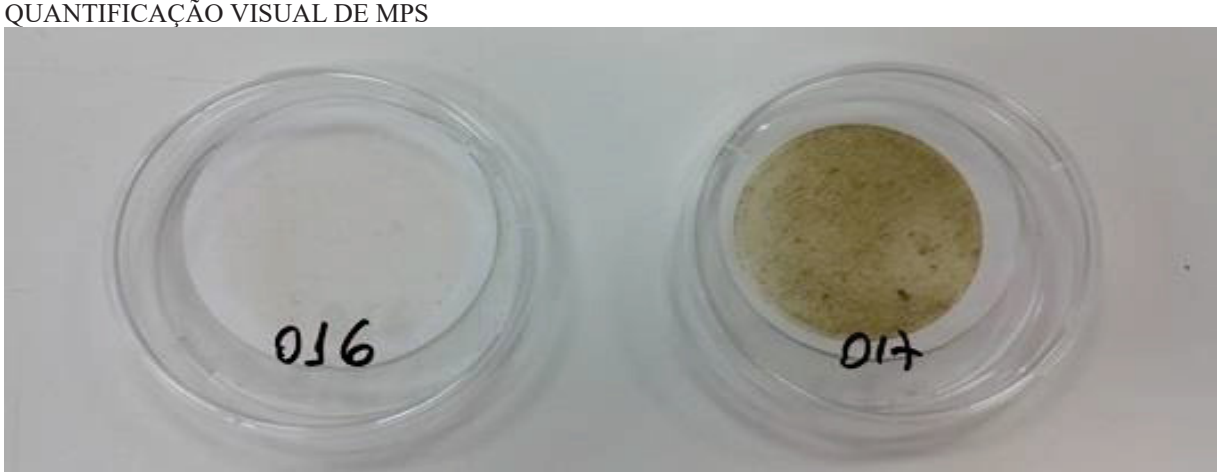
Para identificação e quantificação visual dos MPs, os pré-filtros (Figura 22) e os filtros (Figura 23) foram observados através de estereoscópio binocular de aumento (40x) e categorizados conforme a sua morfologia em fibras e fragmentos, bem como pelas cores transparente, azul, preto, verde, rosa, marrom, vermelho e laranja (Gesamp, 2019). Na impossibilidade de diferenciar partículas plásticas de outros materiais, foi realizado o teste da agulha quente, que é capaz de alterar fisicamente os polímeros termoplásticos (Gorokhova, 2015; Shim; Hong; Soeum, 2017).

FIGURA 22: IMAGEM DO MATERIAL PRÉ-FILTRADO, APÓS DIGESTÃO QUÍMICA, PREPARADO PARA AVALIAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO VISUAL DE MPS



FONTE: A autora (2025).

FIGURA 23: IMAGEM DO MATERIAL EM FILTRO DE FIBRA DE VIDRO, APÓS DIGESTÃO QUÍMICA E FILTRADO EM BOMBA À VÁCUO, PREPARADO PARA AVALIAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO VISUAL DE MPS



FONTE: A autora (2025).

4.2.3 Controle de contaminação

As análises foram realizadas em laboratório exclusivo para análise de MPs, seguindo os seguintes procedimentos: i) limpeza de todas as bancadas e equipamentos com pano de algodão e água ultrapura; ii) utilização de jaleco e roupa branca de algodão e luvas de vinil; iii)

lavagem da vidraria com detergente Extran® 10%, enxaguada três vezes em água destilada, uma vez em água ultrapura e seca em estufa a 40ºC; iv) controle branco aéreo no ambiente e controle branco dos reagentes, com filtros de fibra de vidro GF/3F de 1,2 μm; v) filtragem de reagentes em filtros de fibra de vidro GF/3F de 1,2 μm; vii) vedação de vidraria em papel alumínio após limpa e seca; vii) medição, pesagem, retirada do TGI e processos de filtração realizados em capela de fluxo laminar (Azevedo *et al.*, 2024; Gesamp, 2019; Karuppasamy *et al*., 2020).

4.2.4 Análise dos dados

Para análise de dados foram utilizados dados qualitativos e quantitativos, através software livre Jamovi, versão 2.3.28.0. O teste para relação entre os parâmetros biométricos de cada espécie e a quantidade de MPs, foi realizado pelo coeficiente de correlação de Pearson, com nível de significância menor que 0,05.

4.3 RESULTADOS

Foram analisados um total de 101 espécimes de peixes; 35 *Menticirrhus americanus* (BET), 32 *Menticirrhus littoralis* (PAPA) e 34 *Larimus breviceps* (OVE). A Tabela 1, apresenta os dados biométricos das amostras, indicando que o maior comprimento médio foi da *M. littoralis* (28,1 cm ± 2,0), seguido por *M. americanus* (22,5 cm ± 2,5) e *L. breviceps* (21,1 cm ±1,9) a *M. americanus* (BET) apresentou maior variabilidade no comprimento (dp =2,5) enquanto *L. breviceps* (OVE) e *M. littoralis* (PAPA) apresentaram distribuição mais homogênea. Em relação ao peso médio, *M. littoralis* apresentou o maior valor (251,8 g ± 50,6), seguido de *L. breviceps* (146,4 g ± 43,7) e *M. americanus* (127,8 g ±49,0). *M. littoralis* também apresentou o maior peso médio do trato gastrointestinal (10,4 g ±3,6), seguido de *M. americanus* (4,7 g ±2,5) e *L. breviceps* (2,7 g ± 1,11).

M. americanus foi a que apresentou a menor FO (62,9%). Dos 35 indivíduos analisados, 22 apresentaram MPs em seus TGI. As fibras foram as mais presentes, com 92,42%, com a cor transparente sendo a mais presente, seguida de azul, preta, verde, marrom, vermelha e rosa, respectivamente. Os fragmentos encontrados somaram 7,58% nas cores verde, azul e preta.

TABELA 1: DADOS BIOMÉTRICOS DAS ESPÉCIES *M. AMERICANUS* (BET), *M. LITTORALIS* (PAPA) E *L. BREVICEPS* (OVE). NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS (n); COMP. (CM) = VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO EM CM; PESO TOTAL DO INDIVÍDUO (G) E PESO DO TGI (G) COM DESVIO PADRÃO (DP) EM CAD

Espécie	n	Comp. (cm) médio ± d.p.	Peso médio (g) ± d.p.	Peso médio TGI (g) ± d.p.
M. americanus (BET)	35	22,5 ± 2,5	127,8±49,0	4,7 ±2,5
M. littoralis (PAPA)	32	28,1 ± 2,0	251,8 ± 50,6	10,4 ±3,6
Larimus breviceps (OVE)	34	21,1 ± 1,9	146,4 ± 43,7	2,7 ± 1,11

FONTE: A autora (2025).

M. littoralis foi a espécie de maior porte e a que apresentou a maior presença de MPs. Dos 32 indivíduos analisados, 29 apresentaram alguma partícula plástica, com FO de 90,6%. As fibras (95,5%) foram predominantes, quase todas transparentes, seguidas de marrom, laranja, azul, preta, vermelha e rosa. Os poucos fragmentos encontrados (4,55%) foram das cores azul, verde e preto.

L. breviceps foi a espécie estudada de menor comprimento e menor peso médio do TGI, mas com o segundo maior peso entre as espécies a segunda maior FO%. Dos 34 indivíduos analisados, 25 apresentaram MPs. As fibras transparentes foram as mais presentes, seguidas de azul, preta, verde, vermelha e laranja. Dos fragmentos, o de cor azul predominou, seguido de verde e laranja.

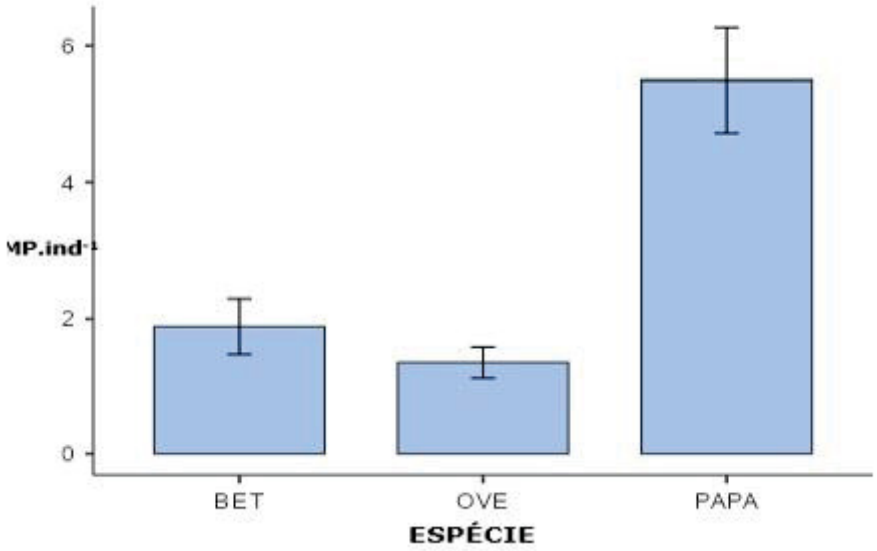
A Tabela 2, apresenta a frequência de ocorrência (FO%) de MPs do total de indivíduos, que foi de 75,2% (n = 76), com uma média de 3,8 ± 3,4 MP.ind^{-1}. Para *M. americanus*, a FO apresentada foi de 62,9% (n = 22), com média de 3 ± 2,4 MP.ind^{-1}. *M. littoralis* apresentou a maior FO: 90,6% (n = 29), com 6,1 ± 4,4 MP.ind^{-1}. *L. breviceps* apresentou FO de 73,5% (n = 25), com média 1,8 ± 1,3 MP.ind^{-1}. Em relação ao total de MPs (n=288) pelo número total de indivíduos (n=101), os valores de MPs/sp ± dp resultaram em: *M. americanus* (1,9 3 ± 2,4), *M. littoralis* (5,5 ± 4,3) e *L. breviceps* (1,35 ± 1,3). A figura 24 mostra o gráfico de barras dos valores médios de MP.ind^{-1} .

TABELA 2: FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA FO (%) DE MPS POR ESPÉCIE; MÉDIA DE MPS POR INDIVÍDUO COM DESVIO PADRÃO (MP.IND-1 ± DP). MÉDIA DE MPS POR ESPÉCIE (MP/SP ± DP)

Espécie	FO (%)	MP.ind^{-1} ± dp	Mp/sp ± dp
M. americanus (BET)	62,9	3 ± 2,4	1,9 3 ± 2,4
M. littorallis (PAPA)	90,6	6,1 ± 4,4	5,5 ± 4,3
Larimus breviceps (OVE)	73,5	1,8 ± 1,3	1,35 ± 1,3
Total	75,2	3,8 ± 3,4	2,85± 3,44

FONTE: A autora (2025).

FIGURA 24: GRÁFICO DE BARRAS DOS VALORES MÉDIOS DE MPS (MP.ind^{-1}) ENCONTRADO NAS ESPÉCIES (EIXO X); M. AMERICANUS (BET), L. BREVICEPS (OVE) E M. LITTORALIS (PAPA) COM REPRESENTAÇÃO DO ERRO PADRÃO



FONTE: A autora (2025).

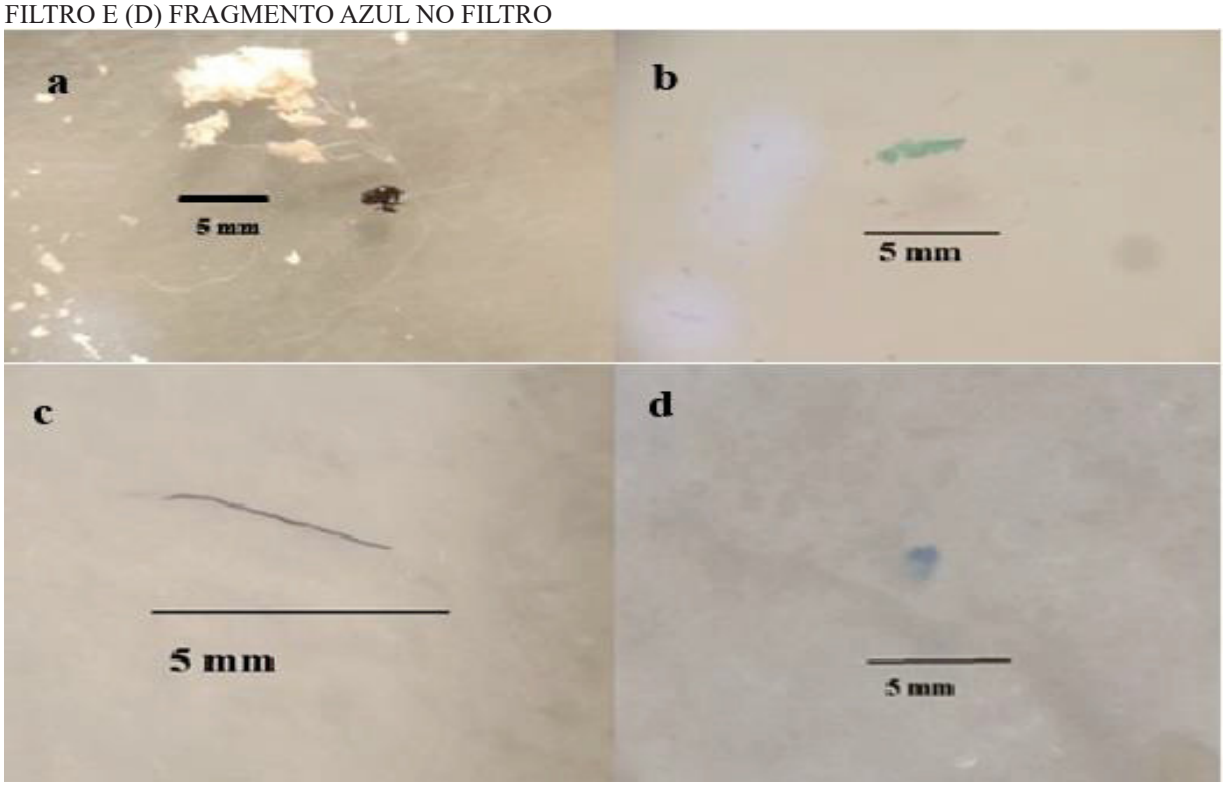
Ao todo foram encontradas 288 MPs (Tabela 3), as fibras representaram 92,7% (n = 267) e os fragmentos representaram um total 7,3% (n = 21) fragmentos. *M. americanus* apresentou 92,4 % de fibras e 7,6 % de fragmentos (MPs n=66), *M. littoralis* apresentou a maior quantidade de MPs (n=176) com 95,5% de fibras e 4,5% de fragmentos e *L. breviceps* apresentou (n=46) sendo 95,5% de fibras e 4,5 % de fragmentos. %). A Figura 25, apresenta alguns exemplos de MPs encontrados. Do total de MPs ingeridos, 88,1% (n = 67) eram fibras e 11,9% (n = 9) eram fragmentos (Tabela 3).

TABELA 3: QUANTIDADE (N) DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FIBRAS E QUANTIDADE (N) DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FRAGMENTOS ENCONTRADAS NAS ESPÉCIES *M. AMERICANUS*, *M. LITTORALIS*, *L. BREVICEPS* E TOTAL POR ESPÉCIE; E PERCENTAGEM (%) DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FIBRAS E PERCENTAGEM (%) DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FRAGMENTOS ENCONTRADAS NAS ESPÉCIES *M. AMERICANUS*, *M. LITTORALIS*, *L. BREVICEPS* E TOTAL POR ESPÉCIE

Espécie	Fibras (n)	Fragmentos (n)	Fibras (%)	Fragmentos (%)
M. americanus (BET)	61	5	92,4	7,6
M. littoralis (PAPA)	168	8	95,5	4,5
Larimus breviceps (OVE)	38	8	82,6	17,4
Total	267	21	88,1	11,9

FONTE: A autora (2025).

FIGURA 25: IMAGENS DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS FOTOGRAFADAS EM LUPA (40X) ENCONTRADAS NAS ESPÉCIES *M. AMERICANUS*, *M. LITTORALIS*, *L. BREVICEPS.* (A) FIBRA TRANSPARENTE EM PRÉ-FILTRO, (B) FRAGMENTO VERDE (PRÉ-FILTRO), (C) FIBRA PRETA NO FILTRO E (D) FRAGMENTO AZUL NO FILTRO

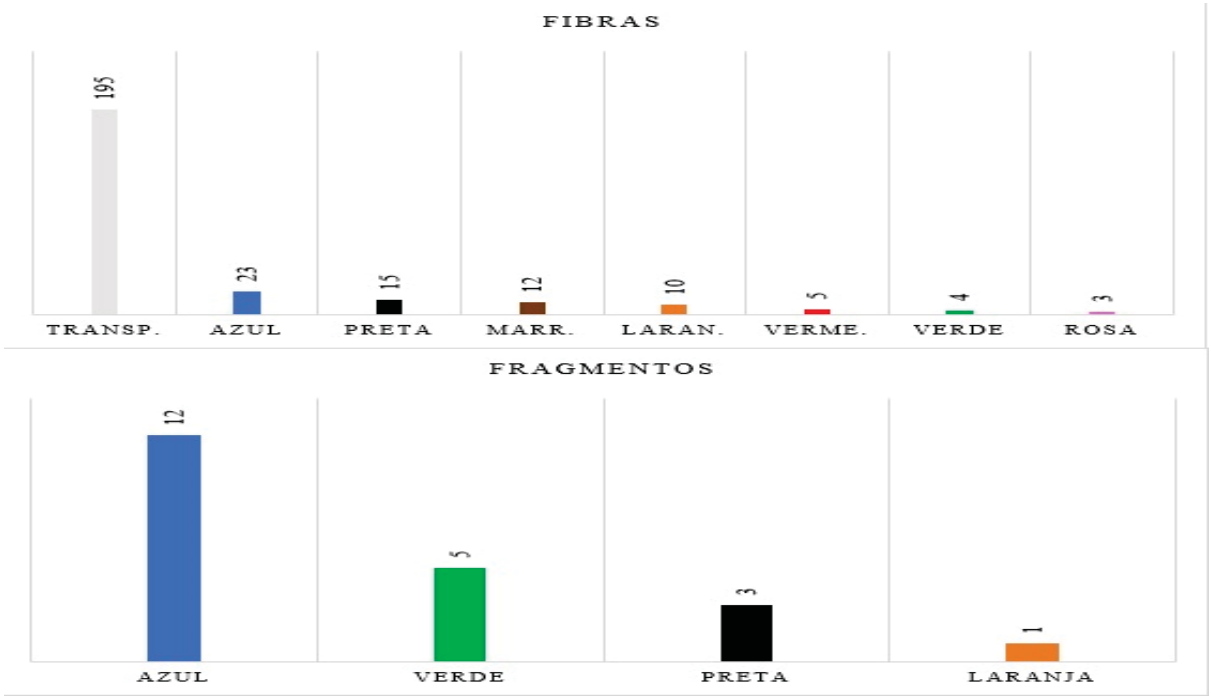


FONTE: A autora (2025).

Em relação as cores (Figura 26), as fibras transparentes foram as mais presentes nas três espécies (73%), seguida das cores azul (8,6%), preta (5,6%), marrom (4,5%), laranja (3,8%), vermelha (1,9%), verde (1,5%) e rosa (1,1%). E para os fragmentos encontrados, a cor azul foi a mais presente (57,1%), seguida da verde (23,8%), preta (14,3%) e laranja (4,8%). A

fotografia 7, mostra a fotografia de alguns detritos plásticos encontrados nas espécies *M. americanus, M. littoralis e L. Breviceps.*

FIGURA 26: NÚMERO TOTAL DAS CORES DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FIBRAS (GRÁFICO DE BARRAS SUPERIOR) E NÚMERO TOTAL DAS CORES DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS DE FRAGMENTOS (GRÁFICO DE BARRAS INFERIOR) IDENTIFICADAS NAS ESPÉCIES *M. AMERICANUS*, *M. LITTORALIS* E *L. BREVICEPS*



FONTE: A autora (2025).

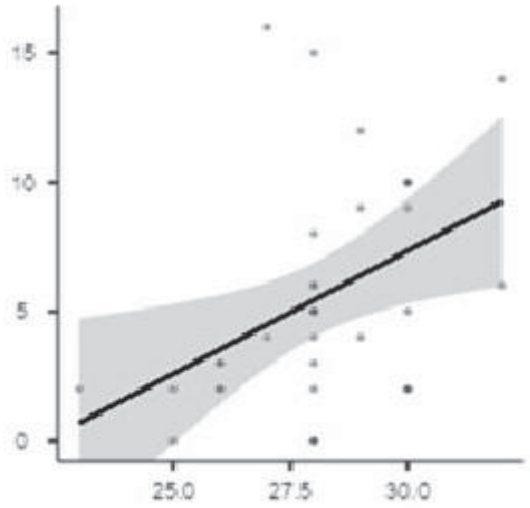
A correlação entre os parâmetros biométricos, comprimento médio, peso médio, peso médio do TGI e a quantidade média de MPs por espécie (Tabela 4) foi realizada pelo coeficiente de correlação de Pearson. Para *M. americanus* as correlações não foram significativas; com os seguintes resultados para comprimento: Coeficiente de Pearson, 0,221 (p =0,2020); peso: Coeficiente de Pearson 0,201 (p=0,247) e peso TGI: Coeficiente de Pearson 0,178 (p= 0,307). *M. littoralis* apresentou correlação positiva moderada e significativa (Figura 27), entre o comprimento e a quantidade de MPs; Coeficiente de Pearson 0,429 (p= 0,014) e uma correlação positiva moderada entre o peso e a quantidade de MPs; Coeficiente de Pearson 0,340 (p= 0,057). *L. breviceps* não apresentou correlações significativas entre os parâmetros biométricos e a quantidade de MPs; comprimento: Coeficiente de Pearson -0,024 (p =0,893), peso: Coeficiente de Pearson -0,060 (p=0,736) e peso TGI: Coeficiente de Pearson -0,118 (p= 0,506).

TABELA 4: MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE OS PARÂMETROS BIOMÉTRICOS COMPRIMENTO (cm); PESO (g), PESO DO TGI (g) E A QUANTIDADE DE MPS NAS ESPÉCIES *M. AMERICANUS*, *M. LITTORALIS* E *L. BREVICEPS* (* P < .05)

	Correlação	Comp (cm)	Peso (g)	Peso TGI (g)
M. americanus	R de Pearson	0,221	0,201	0,178
	p-value	0,202	0,247	0,307
M. littoralis	R de Pearson	0.429*	0,340	0,282
	p-value	0,014	0,057	0,118
L. breviceps	R de Pearson	-0.024	-0.060	-0,118
	p-value	0.893	0,736	0,506

FONTE: A autora (2025).

FIGURA 27: MATRIZ DE CORRELAÇÃO DA ESPÉCIE *M. LITTORALIS* QUE APRESENTA CORRELAÇÃO POSITIVA MODERADA E SIGNIFICATIVA, DE QUANTIDADE DE MPS (EIXO Y) COM COMPRIMENTO (EIXO X)



FONTE: A autora (2025).

4.4 DISCUSSÃO

Esta pesquisa constatou a presença de detritos plásticos em peixes pescados no litoral do Paraná e comercializados no município de Matinhos, corroborando com pesquisas publicadas no Brasil e no exterior sobre a presença de microplásticos em peixes marinhos de diferentes espécies em diversas partes do mundo e contribuindo com dados já existentes para o monitoramento da contaminação por MPs em peixes na costa do litoral brasileiro (Carpenter *et al.*, 1972; Boerger *et al*., 2010; Lusher; McHugh; Thompson, 2013) .

As espécies analisadas são encontradas entre a costa e os estuários do litoral paranaense e de acordo com Possatto *et al.* (2011), espécies que frequentam estuários estão sujeitas a ingestão de detritos plásticos marinhos, inclusive por ingestão indireta quando peixes

maiores se alimentam de espécies menores contaminadas, podendo levar a bioacumulação entre níveis tróficos.

M. americanus, *M. littoralis* e *L. breviceps* são espécies demersais e possuem semelhanças em seu nível trófico (Garcia; Giarizzo, 2014), para Güven *et al.* (2017), o nível trófico é um fator que não influencia a quantidade de MPs ingeridos por espécies. O Quadro 2, apresenta que as características ecológicas e alimentares das espécies estudadas são semelhantes. Ambas são peixes demersais, que vivem predominantemente em águas costeiras de pouca profundidade e em estuários e possuem hábitos alimentares semelhantes com dieta em organismos bentônicos, com exceção da *L. breviceps* que além de organismos bentônicos alimenta-se também de organismos pelágicos.

QUADRO 2: CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS E ALIMENTARES DAS ESPÉCIES *M. AMERICANUS, M. LITTORALIS E LARIMUS BREVICEPS*, ENCONTRADAS NO LITORAL PARANAENSE, QUE APRESENTARAM MPS EM SEUS SISTEMAS DIGESTÓRIOS

	M. americanus	*M. littoralis*	*Larimus breviceps*
Localização na costa brasileira	Toda costa brasileira	Toda costa brasileira	Toda costa brasileira
Classificação ecológica	Demersal	Demersal	Demersal
Habitat	Águas costeiras de pouca profundidade e regiões estuarinas, nos fundos de areia ou lama. Ambiente preferencial de vida, desembocaduras de estuários e plataforma interna rasa. Residentes típicas de zonas de arrebentação de praias arenosas, podendo desovar em águas costeiras.	Prefere águas rasas com fundos arenosos e lamacentos. Encontrada em abundância em zonas de arrebentação e águas costeiras.	Vive geralmente em estuários de profundidades de até 50m e em fundos de areia e lamas de águas costeiras. Costuma viver em cardumes em fundo arenoso e solitária em tocas e reentrâncias em recifes de coral.
Hábito alimentar	Predadora e carnívora, com dieta principalmente por organismos bentônicos de fundos não consolidados.	Dieta preferencial por organismos bentônicos, especialmente os pequenos crustáceos.	Tem preferência por camarões ou variados crustáceos, tanto bentônicos como pelágicos, o que pode tornar inconclusivo o seu hábito alimentar.

FONTE: A autora (2025).

M. littoralis é a espécie de maior porte e a que apresentou a maior quantidade de MPs em seu trato gastrointestinal, o que poderia estar relacionado a espécie possuir o maior comprimento e maior peso de TGI em comparação às demais espécies analisadas. Peixes maiores, em geral, podem ter maiores taxas energéticas, mas outros fatores que influenciam

essa condição, como estágio de vida, temperatura da água, sexo e o estado nutricional, por exemplo, não foram analisados neste estudo (Chabot; Steffensen; Farrel, 2016).

Boerger *et al.* (2010) constataram que peixes maiores apresentaram quantidades maiores de MPs em seus estômagos, mas por não saberem quando os detritos plásticos foram consumidos, não foi possível determinar se esse material estava retido ou se havia sido ingerido recentemente. Costa *et al.* (2023a) encontraram correlação positiva entre a abundância de MPs e o comprimento individual dos peixes estudados e Andrade *et al.* (2019) concluíram que peixes maiores tendem a ingerir maiores quantidades de partículas de plástico, possivelmente porque algumas espécies de peixes maiores, tendem a ocupar posições tróficas mais altas e sofreriam mais se houvesse bioacumulação.

No total, tanto entre os microplásticos quanto entre os detritos plásticos maiores encontrados, as fibras transparentes e os fragmentos azuis foram os itens mais frequentes. Esse padrão pode estar relacionado à maior disponibilidade desses polímeros no ambiente ou ainda à seleção alimentar específica de cada espécie (Neto *et al*., 2020). Esse é um resultado semelhante ao estudo realizado por Oliveira, Krelling e Turra (2024), que identificaram a predominância de fibras transparentes e fragmentos azuis nas ostras analisadas no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP).

Em outro estudo também no CEP, com amostragens em pontos do setor interno e praias oceânicas (setor externo), Krelling *et al*. (2017) investigaram a natureza transfronteiriça do lixo marinho, concluindo que a maior parte do lixo marinho era composto por plásticos e que há uma rota de saída do lixo que ocorre do interior do estuário para o oceano, com o setor interno atuando como fonte e o setor externo (oceano) como sumidouro.

Em relação às fibras transparentes, estas podem ter sido advindas de efluentes de água de lavadoras de roupa; sendo provavelmente de origem têxtil, de redes de pesca ou terem perdido suas cores originais pela degradação ou pelo processo de digestão da análise (Browne *et al.*, 2011; Oliveira; Krelling; Turra, 2024). Para essa confirmação, é necessário identificar os polímeros detectados nas amostras através de testes de análise de composição química, como o teste de espectroscopia de μ-Raman.

No litoral norte do Rio de Janeiro, Costa, Costa e Zalmon (2023) relataram a presença de MPs no trato gastrointestinal das espécies *Larimus breviceps* e *M. americanus*. Apesar de poucos exemplares de cada espécie terem sido estudados, *Larimus breviceps* foi a que apresentou maior concentração em comparação às demais espécies na pesquisa. Em um estudo na costa do Golfo do Texas, Peters *et al.* (2017) encontraram MPs no conteúdo estomacal de espécimes de *M. americanus*, sendo as fibras (97,1%) as mais presentes, resultado semelhante

a percentagem de fibras encontradas na espécie *M. americanus* deste estudo, onde as fibras representaram 92,4% do resultado.

A semelhança entre estes resultados, pode ser explicada pelas características ambientais e antrópicas que as duas áreas podem ter em comum. Tanto a Costa do Golfo do Texas, como a costa do litoral paranaense apresentam ambientes naturais com áreas protegidas, áreas urbanas e atividades pesqueiras, o que pode favorecer a entrada de fibras sintéticas no ecossistema marinho. Esse padrão reforça a hipótese de que a dieta dessa espécie e seu habitat a tornam vulnerável à ingestão involuntária de MPs, independentemente da localidade geográfica.

As informações sobre a presença de MPs nos ambientes marinhos e em sua biota são fundamentais para o monitoramento e controle das fontes de entrada da poluição plástica no oceano. Além disso, a identificação e quantificação dos detritos plásticos em peixes contribuem para a compreensão dos possíveis impactos ecológicos e fisiológicos desses poluentes nos organismos aquáticos, sendo também uma base relevante para futuras avaliações de risco ambiental.

O pescado é um importante alimento para a nutrição humana é rico em proteínas, vitaminas e minerais, além de servir com um grande aliado na alimentação de comunidades próximas à sua produção (Sartori; Amancio, 2012). As espécies de peixe utilizadas nesta pesquisadas fazem parte da grande família de cienídeos que comumente são conhecidos no Brasil como pescada ou corvina, são muito utilizados na alimentação humana e possuem espécies de grande importância econômica e ecológica (Bernardo *et al.,* 2011; Santana *et al*., 2016). Em Matinhos, *M. americanus* e *M. littoralis* estão entre as espécies mais pescadas no município (Quadros; Castro; Costa, 2016).

A FO% de ingestão de detritos plásticos nos espécimes analisados foi de 75%, são dados que levantam questões sobre a qualidade do meio ambiente e a segurança alimentar. Pois devido a sua baixa biodegradação, os detritos plásticos podem se acumular no ambiente ficando cada vez mais biodisponíveis. Além disso, o reduzido tamanho dos MPs contribui para que possam se acumular nos peixes entrando na cadeia alimentar, podendo acarretar em perda de biodiversidade e ou possível extinção de espécies (Chen *et al.,* 2024; Khan *et al.*, 2024).

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, verificamos que peixes de importância socioeconômica da costa do litoral paranaense, pescados e comercializados no município de Matinhos, estão sendo contaminados por microplásticos. Através da análise por digestão de seus sistemas gastrointestinais, constatamos a presença de fibras e fragmentos plásticos. Não foi possível explicar a diferença na concentração de partículas encontradas entre as espécies, mas cogitamos que a que mais apresentou detritos plásticos seja devido ao maior porte. As fibras transparentes e os fragmentos azuis foram encontrados em maior número.

Não encontramos na literatura pesquisa com MPs com *Menticirrhus littoralis*, sugerindo que este estudo pode ser o primeiro a avaliar MPs nessa espécie. Por fim, aconselhamos que novos estudos sejam realizados com outras espécies marinhas na costa do litoral paranaense com a finalidade de verificar a presença, quantificar e classificar os tipos de MPs presentes neste ambiente, mapeando a magnitude desse problema, para auxiliar na compreensão dos impactos ecológicos desse poluente no ambiente.

5 CONCLUSÃO FINAL

A produção e o consumo excessivos de plástico, associado ao seu descarte inadequado, são reflexos de uma crise social que predomina o desenvolvimento tecnológico em razão da natureza, causando uma degradação ambiental no mundo globalizado (Leff, 2011). Sendo um dos maiores poluidores ambientais do planeta e estando presente em quase tudo o que consumimos, o plástico e o resultado de sua fragmentação (MPs) será responsável em causar problemas ambientais a longo prazo (Abiplast, 2024; Olivatto *et al*., 2018).

No oceano, o impacto causado pela poluição plástica é imenso e mesmo se houver uma redução na produção, no consumo e no descarte inadequado, os plásticos presentes nesse ambiente persistirão por décadas e haverá cada vez mais microplásticos, atingindo um número maior de animais marinhos e consequentemente a população mundial (Moorhead, 2024; Richon *et al.*, 2023).

A contaminação por MPs e dos poluentes associados, levanta preocupações da existência de riscos em relação a qualidade e a produtividade dos peixes e dos recursos pesqueiros, gerando potenciais efeitos adversos em relação a disponibilidade e a comercialização dos pescados, a saúde humana e a segurança alimentar em contextos locais (Lusher; Hollman, Mendoza-Hill, 2017).

Isso pode ocorrer, porque os MPs são suscetíveis a contaminação por diversos poluentes presentes na água e ao transportarem esses resíduos, contaminam o ecossistema e contribuem para a bioacumulação, transferindo essas toxinas diretamente para a biota aquática quando ingeridas. Esses compostos podem interferir em importantes processos biológicos, causando desregulação endócrina que podem impactar na reprodução e desenvolvimento dos peixes (Amelia *et al.*, 2021; Cole, 2011; Montagner *et al.*, 2021; Straub; Hirsh; Burkhardt-Holm, 2017).

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de plástico do mundo, mas não possui sistemas de descarte e reciclagem adequados e as políticas públicas sobre esse tema são insuficientes para dar conta da complexidade desse material no ambiente, problemas que somados fazem do plástico o resíduo sólido mais presente nos ambientes naturais do território brasileiro, resultando em sérios danos ambientais, sociais e econômicos (Abrema, 2023; Polli, 2024).

Nesta pesquisa foi possível verificar, que os MPs estão presentes em diversos ambientes aquáticos de água doce e na costa do litoral brasileiro, causando uma contaminação generalizada em diversas espécies de peixes no país. Esses resultados reforçam estudos

encontrados em outros países, comprovando que os MPs são contaminantes onipresentes e é urgente a promoção de medidas que possam desacelerar sua propagação no meio ambiente.

O capítulo 3 demonstra que as pesquisas sobre a presença de MPs em ambientes aquáticos no Brasil, ocorre de maneira desigual, sendo a maioria dos estudos em peixes de ambientes marinhos, com as regiões Nordeste e Sudeste as que mais somam pesquisas em comparação com as regiões Sul e Norte. Em ambientes de água doce foram encontrados um percentual menor de pesquisas, com o maior número de estudos concentrados nas regiões Sul, Sudeste e Norte e que as regiões Nordeste e Centro-Oeste apresentam um número irrisório de pesquisas sobre a presença de MPs em peixes. A desigualdade entre os estudos nos ambientes aquáticos é semelhante a pesquisas em outros países, que apontam que a maioria das pesquisas sobre MPs em peixe, ocorre em ambientes costeiros.

No capítulo 4 foi possível confirmar que o MPs está presente na costa do litoral paranaense, através da análise do TGI de três espécies de peixes de importância socioeconômica na região de Matinhos. O pescado é uma importante fonte de renda para as centenas de famílias de pescadores artesanais da região e as espécies pesquisadas apresentaram MPs numa frequência que serve de alerta em relação a qualidade ambiental da costa do litoral paranaense, além disso são espécies capturadas principalmente na pesca de arrasto do camarão, (captura acidental ou *bycath*) onde muitas vezes são descartadas e correm o risco de morte ou de desequilíbrio de seu ciclo de vida.

Investigar a contaminação por MPs em ambientes aquáticos no Brasil é fundamental para compreender as fontes dessa poluição e propor ações eficazes para sua mitigação. De acordo com Coe; Rogers (1997) o desenvolvimento racional de estratégias de solução para problemas ambientais de grande escala envolve a tomada de decisões com base em informações e análises sociais e econômicas confiáveis.

A pesquisa científica nesta área do conhecimento deve estar integrada com a sociedade e com ações relacionadas a aplicação e regulação de políticas públicas, com a implementação de educação ambiental consciente e com o fortalecimento da economia circular e da segurança alimentar da população. Por ser um problema resultante de uma crise ambiental global, só poderá ser enfrentado se houver ações em conjunto de diferentes órgãos da sociedade.

Algumas ações e políticas já existem e podem ser aprimoradas para contribuir com a solução desse problema;

-Em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos, o Brasil possui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), vista como uma política pública avançada, mas que carece de esforços das três esferas governamentais para ser plenamente implementada (Abrema, 2023);

- A reciclagem tem um papel importante na solução do problema dos resíduos plásticos e mesmo sabendo que seu custo financeiro é menor que o custo que o plástico causará no ambiente a longo prazo, esse processo ainda necessita de incentivos em ações e de novas tecnologias para efetivos ganhos ambientais possam ocorrer (Zanin; Mancini, 2009).

Como parte importante na solução do problema do resíduo plástico, a reciclagem ainda necessita de incentivos em ações de processos e de novas tecnologias,

- O Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar, lançado no ano de 2019 pelo Ministério do Meio Ambiente tem o objetivo de minimizar os impactos causados pelos resíduos sólidos nos ecossistemas costeiros e marinhos, através de fomento à elaboração de planos municipais e estaduais de combate ao lixo no mar, alinhados ao Plano Nacional (Brasil, 2019);

- As organizações privadas, como produtoras e responsáveis pela cadeia produtiva do material plástico, devem ter uma responsabilidade compartilha com a esfera pública em gerir a redução de seu produto (Turra *et al.*, 2020) e assumirem a responsabilidade do material produzido, através da logística reversa (Silva; Neto, 2011);

- Ações em conjunto de instituições de ensino com organizações privadas, voltadas à uma educação ambiental crítica devem ser fomentadas para a sensibilização da população acerca do tema lixo no mar (Turra *et al.*, 2020);

- O ODS 14 tem um papel fundamental na Agenda Oceânica, pois discute as principais ações que podem ser implementadas para interromper os processos causadores de estresse no oceano (IPEA, 2019). As metas propostas foram analisadas e entendidas como aplicáveis para a realidade brasileira, mas há muitos desafios enfrentados para implementar e acompanhar estas metas e os indicadores propostos (Andrade *et al*.,2023, Gonçalves, 2021);

- A Década do Oceano, tem como papel principal concentrar ações sobre a ciência oceânica, incentivando ações globais para enfrentamento dos problemas relacionados ao oceano, garantindo que a Ciência Oceânica possa apoiar os países na implementação do ODS 14 (UNESCO, 2019).

- O Tratado Global de Plásticos é um acordo internacional gerenciado pela Assembleia das Nações Unidas para o meio ambiente (UNEA) que está em negociação para desenvolver um instrumento juridicamente vinculativo sobre a poluição plástica, visando reduzir o impacto ambiental dos plásticos, desde a sua produção até seu descarte (ONU, 2023).

Ao compreender que a poluição ambiental causada pelo plástico e MPs é um problema complexo, resultado de ações humanas destrutivas e causadoras de desequilíbrios ecológicos e que a melhoria qualidade de vida não pode ser confundida com aumento de consumo de bens materiais, resultantes de extração dos recursos naturais e de contaminação ambiental, podemos

nos colocar como responsáveis em praticar ações que possam contribuir, mesmo que a longo prazo a diminuir esse problema.

Ao terminar esse estudo, compreendo com clareza a reflexão de Rachel Carson em “Primavera Silenciosa”, que nos mostra que o homem é parte da natureza, mas que sua guerra contra a natureza é uma guerra contra si mesmo.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Conceitos básicos sobre material plástico**. Disponível em: https://docplayer.com.br/3622580-Conceitos-basicos-sobre-materiais-plasticos.html Acesso em: 15 jan. 2024.

ABRAHÃO, C. M. de S.; TOMAZZONI, E. L. Turismo de segundas residências: análise dos conflitos territoriais no destino de Matinhos (Litoral do Paraná, Brasil). Fronteiras: **Journal of Social, Technological and Environmental Science,** v. 6, n. 1, jan. /abr. 2017.

ABREMA- ASSOCIAÇÃO DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023**. Disponível em: http://www.abrema.org.br/panorama/. Acesso em: 02 set. 2024.

AFONSO, M. G.; CHAVES, P. de T. da C. Pesca de emalhe e conservação de recursos pesqueiros: um estudo de caso no litoral sul do Brasil. **Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha**, v. 10, 2021.

ALENCAR, M. V.; GIMENEZ, B. G.; SASAHARA, C.; ELLIFF, C. I.; RODRIGUES, L. S. R.; CONTI, L. A.; DIAS, S. L. F. D.; CETRULO, T. B. C.; SCRICH, V. M.; TURRA, A. How far are we from robust estimates of plastic litter leakage to the environment? **Journal of Environmental Management**. v.323, 2022.

ALVES, A. **Pescadores saíram do mar no fim da tarde de segunda-feira (6);** eles saíram às 9h30 para a pescaria. Disponível em: https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2019/05/07/pescadores-de-matinhos-saem-do-mar-com-mais-de-uma-tonelada-de-pescada-branca.ghtml. Acesso em: 14 mar. 2025.

ALVES, V. E. N.; FIGUEIREDO, G. M. Assessment of microplastic impacts on whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) and ecosystem services in Guanabara Bay, Brazil. **Environ. Biol. Fish**, v. 106, p. 2177-2192, dez. 2023.

AMELIA, T. S.M.; KHALIK, W. M.A W.; ONG, M. C.; SHAO, Y. T.; PAN, H.J.; BHUBALAN, K. Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. **Progress in Earth and Planetary Science**, 2021.

AMORIM, A. L. A.; RAMOS, J. A. A.; JÚNIOR, M. N. Ingestion of microplastic by ontogenetic phases of Stellifer brasiliensis (Perciformes, Sciaenidae) from the surf zone of tropical beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 158, p. 111214, 2020.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Atlas esgotos:** despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2017.

ANDRADE, I. O.; MONT'ALVERNE, T. C. F., DI PASQUALE, A. I. B. S.A.; SILVA, S. T. **A Organização das Nações Unidas e o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 14:** desafios para o Brasil na Década do Oceano. Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: IPEA, 2023.

ANDRADE, M. C.; WINEMILLER, K. O.; BARBOSA, P. S.; FORTUNATI, AL.; CHELAZZI, D.; CINCINELLI, A.; GIARRIZZO, T. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. **Environmental Pollution**, v.244, p. 766- 773, 2019.

ANDRADY, A. L.; Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, p. 1596–1605, 2011.

ANDREOLI, V. M. **Natureza e pesca**: um estudo sobre os pescadores artesanais de Matinhos Dissertação (Mestrado em Sociologia) – Programa de Pós-graduação em Sociologia, Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes, UFPR, 2007.

ANDRIGUETTO-FILHO, J. M.; CHAVES, T. Diagnóstico da pesca no litoral do Paraná. *In*: ISAAC, V. J.; MARTINS, A. S.; HAIMOVICI, M.; ANDRIGUETTO-FILHO, J. M. (Orgs.). **A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI**: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais. Belém: Editora Universitária UFPA, 2006.

ÂNGULO, R. J. Mapa do Cenozóico do litoral do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 55, p. 25-42, 2004.

ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; DE ALBURQUERQUE, C.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 12, n.1, p. 61-72, 2007.

ARTHUR C.; J. BAKER; H. BAMFORD **Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris**. NOAA, 2009.

ASSOCIAÇÃO MAR BRASIL. **Levando a região costeira paranaense para a sala de aula**. (Org.) MELLO, C.A.; POSSATO, F. E.; FREDO, G. C. Pontal do Paraná: Associação Mar Brasil, 2011.

ASSOCIAÇÃO MAR BRASIL. **Nós e o mar**: a diversidade do litoral paranaense na sala de aula. (Org.) FELICIO, F. B.; PONTES, J. dos S.; MALAQUIAS, J. da S.; RAMOS, M. C. REIS, R. A. Pontal do Paraná: Associação Mar Brasil, 2019.

AZEVEDO, I. J. G. de; MORAES, B. R. de; ANDO, R. A.; GUIMARAES, G. D.; PEROTTI, G. F.; SANT'ANNA, B. S.; HATTORI, G. Y. Microplastics in catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau 1855) and *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) marketed in Itacoatiara, Amazonas, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, p.107-119, jan. 2024.

BAKIR, A.; ROWLAND, S. J.; THOMPSON, R. C. Transport of persistent organic pollutants by microplastics in estuarine conditions. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 140, p. 14–21, 2014.

BANCEL, S.; CACHOT, J.; BON, C.; ROCHARD, É.; GEFFARD, O. A critical review of pollution active biomonitoring using sentinel fish: Challenges and opportunities. **Environmental Pollution**, v. 360, p. 124661, 2024.

BARBIERI, Y. C. C. **Caracterização cristalográfica e morfométrica do otólito de *Larimus breviceps***. 2021. 35 f. TCC (Bacharelado em Oceanografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2021.

BARBOZA, L. G. A.; GIMENEZ, B. C. G. Microplastics in the marine environment: current trends and future perspectives. **Marine Pollution Bulletin**, v. 97, p. 5-12, 2015.

BARLETTA, M.; AMARAL, C. S.; CORRÊA, M. F. M.; GUEBERT, F.; DANTAS, D. V.; LORENZI, L.; SAINT-PAUL, U. Factors affecting seasonal variations in demersal fish assemblages at an ecocline in a tropical-subtropical estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 73, p. 1314-1336, 2008.

BARLETTA, M.; COSTA, M. F.; DANTAS, D. V. Ecology of microplastics contamination within food webs of estuarine and coastal ecosystems. **MethodsX**, v. 7, p. 100861, 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: Biological Sciences**, v. 364, p. 1985-1998, 2009.

BATALHA, D. C.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; SILVEIRA, E. L. da; ÁVILA-DA-SILVA, A. O.; DOS SANTOS, L. D. How are plastic debris affecting the diet of the whitemouth croaker in the Southeastern Brazilian Bight? **Regional Studies in Marine Science**, v. 75, p. 103567, 2024.

BATISTA, C. DE P.; FERREIRA, A. DE A.; SILVA, G. J. DA C**.** Status of studies about Brazilian bioindicator fishes, a review. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 36, 2024.

BAUER, A. L.; FERRAZ, M.; SOUZA, V. C.; SCHULZ, U. H. Far from urban areas: plastic uptake in fish populations of subtropical headwater. **The International Journal on Neotropical Biology**, v. 18, n. 4, 2022.

BEBIANNO, M. J.; ROSAS, E. G.; GONÇALVES, J. M. O lixo marinho. O que são microplásticos e nanoplásticos? Como chegam ao oceano? *In*: MOURA, D.; MENDES, I.; ANÍBAL, J.; GOMES, A. (Eds.). **Micro e nanoplásticos**: um macroproblema. Centro de Investigação Marinha e Ambiental. Portugal: Arnet – Rede de Infraestrutura em Recursos Aquáticos da Universidade do Algarve, p. 21-31,2023.

BELO, I. C. B.; ANDRADE, B. N. P. de; MIRANDA, J. P. A.; DRUMOND, P. C. Microplásticos, seus impactos no ambiente e maneiras biodegradáveis de substituição. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 02, p. 214 - 228, 2021.

BERGMANN, M.; GUTOW, L.; KLAGES, M. Marine anthropogenic litter. **Springer open**, 2015. E-book. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-16510-3. Acesso em: 20 fev. 2025.

BERNARDO, C.; SPACH, H. L.; JUNIOR, R. S.; STOIEV, S. B.; CATTANI, A. P. A captura incidental de cienídeos em arrasto experimental com rede-de-portas utilizada na pesca do camarão-sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, no estado do Paraná, Brasil. **Arq. Ciên. Mar, Fortaleza,** v. 44, n. 2, p. 98-105, 2011.

BESSA, E.; SANTOS, F. B.; POMBO, M.; DENADAI, M.; FONSECA, M.; TURRA, A. Population ecology, life history and diet of the shorthead drum *Larimus breviceps* in a tropical bight in southeastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 94, n. 3, p. 615-622, 2013.

BHUYAN, M.D. Effects of microplastics on fish and in human health. Frontiers in **Environmental Science**, v.10, 2022.

BIGARELLA, J. J. **Matinho**: homem e terra: reminiscências... 3. ed. ampl. Curitiba: Fundação Cultural de Curitiba, 2009.

BOERGER, C. M.; LATTIN, G. L.; MOORE, S. L.; MOORE, C. J. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, p. 2275-2278, 2010.

BRASIL- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda nacional de qualidade ambiental urbana:** plano de combate ao lixo no mar. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, Coordenação-Geral de Gerenciamento Costeiro. Brasília, DF., 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLIGIA E INOVAÇÕES**. Plano Nacional de Implementação da Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável.** Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030), 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico no mundo e recicla apenas 1%.** Publicado em 03 dez. 2019**.** Disponível em: https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/brasil-e-o-4o-maior-produtor-de-lixo-plastico-do-mundo-e-recicla-apenas-1> Acesso: 30 jan. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. **Transformando nosso mundo:** A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, 2016.

BRENNECKE, D.; DUARTE, B.; PAIVA, F.; CAÇADOR, I.; CANNING-CLODE, J. Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 178, p. 189–195, 2016.

BROWNE, M. A.; CRUMP, P.; NIVEN, S. J.; TEUTEN, E.; TONKIN, A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: sources and sinks. **Environmental Science and Technology**, v. 45, p. 9175-9179, 2011.

BROWNE, M. A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. Microplastic – An emerging contaminant of potential concern? **Integrated environmental assessment and management**, v. 3, p. 559-561, 2007.

BUCCI, K.; ROCHMAN, C. Microplastics: a multidimensional contaminant requires a multidimensional framework for assessing risk. **Microplastics and Nanoplastics**, v. 2, p. 2-9, 2022.

CARDOZO, A. L. P.; FARIAS, E. G. G.; RODRIGUES-FILHO, J. L.; MONTEIRO, I. B.; SCANDOLO, T. M.; DANTAS, D. V. Feeding ecology and ingestion of plastic fragments by *Priacanthus arenatus*: What's the fisheries contribution to the problem? **Marine Pollution Bulletin**, v. 130, p. 19–27, 2018.

CARDOZO, A. L.P.; YOFUKUJI, K.Y.; JÚNIOR, R. C. DA S.; CASTRO-HOSHINO, L. V. DE C.; FUGI, R. Plastic ingestion by carnivore fish in a neotropical floodplain: seasonal and interspecific variations. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, p. 40712-40723, 2023.

CARPENTER, E. J; ANDERSON, S. J.; HARVEY, G. R; MIKLAS, H. P.; PECK, B. B. Polystyrene spherules in coastal waters. **Science**, v. 178, p. 749-750, 1972.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa.** Editora Gaia, 1 ed. São Paulo, 2010.

CARVALHO, B. M. de. **História de vida e conectividade de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) no Atlântico Sudoeste**. 2019. 115 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

CASILLAS, G.; HUBBARD, B. C.; TELFER, J.; ZARATE-BERMUDEZ, M.; MUIANGA, C.; ZARUS, G. M.; CARROLL, Y.; ELLIS, A.; HUNTER, C. M. Microplastics scoping review of environmental and human exposure data. **Microplastics**, v. 2, p. 78–92, 2023.

CASTRO, P.; HUBER M.E. **Biologia Marinha**. AMGH Editora Ltda. 8ª edição, 2012.

CATTANI, A. P.; SANTOS, L. de O.; SPACH, H. L.; BUDEL, B. R.; GUANAIS, J. H. D. G. **Avaliação da ictiofauna da fauna acompanhante da pesca do camarão sete-barbas do município de Pontal do Paraná, litoral do Paraná, Brasil**. Boletim do Instituto de Pesca, v. 37, p. 247-260, 2011.

CHABOT, D.; STEFFENSEN, J. F.; FARRELL, A. P. The determination of standard metabolic rate in fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 88, p. 81-121, 2016.

CHAVARRO, A, D.; TANGA, P.; RÀFOLS, I. **Why researchers publish in non-mainstream journals:** Training, knowledge bridging, and gap filling. Research policy, v. 46, p.1666-1680, 2017.

CHEN, H.; QIN, Y.; HUANG, H.; XU, W. A regional difference analysis of microplastic pollution in global freshwater bodies based on a regression model. **Water**, v. 12, n. 7, p. 1889, 2020.

CHEN, Y.; WU, D. ZHANG, L.; YANG, Z.; ZHOU, F.; KORTSCH, S.; PONTARP, M. Impacts of microplastic ingestion on fish communities in Haizhou Bay, China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 480, 2024.

CHRISTOFOLETTI, R. A. *et al*. A década da ciência oceânica para o desenvolvimento sustentável. E eu com isso? **Revista Ciência e Cultura**, vol. 73, n.2. São Paulo abr./jun. 2021.

CINCINELLI, A.; SCOPETANI, C.; CHELAZZI, D.; LOMBARDINI, E.; MARTELLINI, T., KATSOYIANNIS; A., FOSSI, M. C.; CORSOLINI, S. **Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica):** Occurrence, distribution and characterization by FTIR. Chemosphere, v. 175, p. 391–400, 2017.

COE, J. M.; ROGERS, D. B. **Marine debris:** sources, impacts and solutions. Springer series on Environmental Management, 1997.

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

COMELLI, F. A. de M. **Composição da dieta de *Larimus breviceps*** (Cuvier, 1830) (Perciformes – Sciaenidae) na região costeira do estado de São Paulo. 2000. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

CORRÊA, M. F. M.; VIANNA, M. S. Catálogo de otólitos de Sciaenidae (Osteichthyes-perciformes) do litoral do estado do Paraná, Brasil. **Nerítica, Curitiba**, v. 7, p. l3-41, 1993.

COSTA, A. C. G.; MURATA, A. T. Discurso de atores sociais frente o uso e acesso aos bens naturais: o caso dos pescadores artesanais de Matinhos, Paraná. **Revista Geousp: Espaço e Tempo**, v. 19, n. 3, 2015.

COSTA, E. F. S.; DIAS, J. F.; MADUREIRA, L. A. S. P. **Ingestion of macroplastics by common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Atlantic Ocean**. Ocean and Coastal Research, v. 69, n. 20, 2021.

COSTA, I. D. da; COSTA, L. L.; CORDEIRO, C. A. M. M.; ZALMON, I. R**.** Ecological traits do not predict the uptake of microplastics by fishes in a neotropical river. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, p. 94850-94864, 2023a.

COSTA, I. D. da; COSTA, L. L; ZALMON, I. R. Are fishes selecting the trash they eat? Influence of feeding mode and habitat on microplastic uptake in an artificial reef complex (ARC). **Science of the Total Environment**, v. 904, 2023.

COSTA, I. D.; COSTA, L. L.; OLIVEIRA, A. S.; CARVALHO, C. E. V.; ZALMON, I. R. Microplastics in fishes in amazon riverine beaches: Influence of feeding mode and distance to urban settlements. **Science of the Total Environment**, v. 863, p. 160934, 2023b.

COSTA, I. D.; COSTA, L. L.; ZALMON, I. R. Are fishes selecting the trash they eat? Influence of feeding mode and habitat on microplastic uptake in an artificial reef complex (ARC). **Science of the Total Environment**, v. 904, 2023.

COSTA, L. L.; ARUEIRA, V. F.; SILVA, T. N.; OLIVEIRA, A. S.; NASCIMENTO, L. S.; SANT'ANNA, M. E. A. S.; VIANA, C. F.; SILVA, K. C.; GUNNER, B.; LEITE, V.; COSTA, I. D. Quantifying microplastics in fishes: The first case study contrasting the perspective of untrained and experienced researchers. **Marine Pollution Bulletin**, v. 189, p. 114736, 2023e.

COSTA, L. L.; COSTA, I. D.; OLIVEIRA, A. S.; ZALMON, I. R. "Microplastic ecology": Testing the influence of ecological traits and urbanization in microplastic ingestion by sandy beach fauna. **Estuarine, Coastal and Shelf Science,** v. 290, p. 108406, 2023c.

COSTA, L. L.; OLIVEIRA, A. S.; COSTA, I. D.; SILVA, T. N.; SANT'ANNA, M. E. A. S.; TAVARES, B.; ZALMON, I. R. Multiple species ingest microplastic but few reflect sediment and water pollution on sandy beaches: A baseline for biomonitoring. **Marine Pollution Bulletin**, v. 193, p. 115235, 2023d.

D'AVIGNON, G.; GREGORY-EAVES, I; RICCIARDI, A. Microplastics in lakes and rivers: an issue of emerging significance to limnology. **Environ. Rev.** 30, p.228–244, 2022.

DALTRY, A.; MERONE, L.; TAIT, P. Plastic pollution: why is it a public health problem? **Australian and New Zealand Journal of Public Health**, v. 45, n.6, 2021.

DANTAS, D. V., RIBEIRO, C. I. R., ITO, L. S. C., PEZZIN, A. P. T., SILVEIRA, V. F., CARDOZO, A. L. P., GENTIL, E., MONTEIRO, I. B., RIBEIRO, S. A., LORENZI, L., MACHADO, R. Influence of trophic overlaps and trophic niche amplitude on microplastic intake of fish species in shallow areas of a neotropical coastal lagoon. **Science of The Total Environment**, v. 927, p. 172235, 2024.

DANTAS, D. V.; RIBEIRO, C. I. R.; FRISCHKNECHT, C. de C. A.; MACHADO, R.; FARIAS, E. G. G. Ingestion of plastic fragments by the Guri sea catfish *Genidens genidens* (Cuvier, 1829) in a subtropical coastal estuarine system. **Environmental Science and Pollution Research,** v. 26, n. 8, p. 8344-8351, mar. 2019.

DANTAS, N. C. F. M.; DUARTE, O. S.; FERREIRA, W. C.; AYALA, A. P.; REZENDE, C. F.; FEITOSA, C. V. Plastic intake does not depend on fish eating habits: Identification of microplastics in the stomach contents of fish on an urban beach in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 153, 2020.

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

DI BENEDITTO, A. P. M.; OLIVEIRA, A. S. Debris ingestion by carnivorous consumers: Does the position in the water column truly matter? **Marine Pollution Bulletin**, v. 144, p. 134-139, jul. 2019.

DUIS, K.; COORS, A. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. **Environ Sci Eur**, v. 28, n. 2, p. 1–25, 2016.

ELLIFF, C. I.; ANDRADE, M. M.; GRILLI, N. M.; SCRICH, V. M.; TURRA, A. Lixo no mar e a armadilha da simplicidade. **Diálogos Socioambientais**, [S. l.], v. 5, n. 14, p. 15–18, 2022.

ESTEVES, C. J. de O. **Vulnerabilidade socioambiental na área de ocupação contínua do litoral do Paraná – Brasil**. 2011. 354 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

FELIX, F. C.; SPACH, H. L.; HACKRADT, C. W.; MORO, P. S.; ROCHA, D. C. Abundância sazonal e a composição da assembléia de peixes em duas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, Paraná. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 8, n. 1, p. 35-48, jul., 2006.

FERNANDES, A. N.; Bertoldi, C.; Lara, L. Z.; Stival, J.; Alves, N. M.; Cabrera, P. M.; Grassi, M. T. Microplastics in Latin America Ecosystems: A Critical Review of the Current Stage and Research Needs. **Review J. Braz. Chem. Soc.**, v. 33, n. 4, p. 303–326, 2022.

FERNÁNDEZ-OJEDA, C.; MUNIZ, M. C.; CARDOSO, R. P.; ANJOS, R. M. dos; HUARINGA, E.; NAKAZAKI, C.; HENOSTROZA, A.; GARCÉS-ORDÓÑEZ, O. Plastic debris and natural food in two commercially important fish species from the coast of Peru. **Marine Pollution Bulletin**, v. 173, 2021.

FERRARI, L.; HEPP, L. U. Ingestão de microplásticos por Characidae em riachos rurais (Rio Grande do Sul, Brasil). **Revista Biotemas**, v. 34, n. 3, p. 1-6, set. 2021.

FERREIRA, G. V. B.; BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A. Use of estuarine resources by top predator fishes. How do ecological patterns affect rates of contamination by microplastics? **Science of the Total Environment**, v. 655, p. 292–304, mar. 2019.

FERREIRA, G. V. B.; BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A.; DANTAS, D. V.; JUSTINO, A. K. S.; COSTA, M. F. Plastic debris contamination in the life cycle of Acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*) in a tropical estuary. **ICES Journal of Marine Science**, v. 73, n. 10, p. 2695–2707, dez. 2016.

FERREIRA, G. V. B.; BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A.; MORLEY, S. A.; JUSTINO, A. K. S.; COSTA, M. F. High intake rates of microplastics in a Western Atlantic predatory fish, and insights of a direct fishery effect. **Environmental Pollution**, v. 236 p.706–717, 2018.

FERREIRA, G.V.B.; JUSTINO, A.K.S.; EDUARDO, L.N.; SCHMIDT, N.; MARTINS, J.R.; MÉNARD, F.; FAUVELLE, V.; MINCARONE, M.M.; LUCENA-FRÉDOU, F. Influencing factors for microplastic intake in abundant deep-sea lanternfishes (Myctophidae). **Science of The Total Environment**, v. 867, p. 161478, 2023.

FISNER, M.; TANIGUCHI, S.; MOREIRA, F.; BÍCEGO, M. C.; TURRA, A. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in plastic pellets: variability in the concentration and composition at different sediment depths in a sandy beach. **Marine Pollution Bulletin**, v. 70, p. 219-226, 2013.

FONSECA, A. F.; SOUZA, R. A. L. Relações morfométricas de algumas espécies de peixes da fauna acompanhante capturada nas pescarias artesanais do camarão em região estuarina do Rio Taperaçu (Bragança – PA – Brasil). **Boletim Técnico Científico do Cepnor**, v. 6, n. 1, 2006.

FOSSI, M.C. *et al.* Bioindicators for monitoring marine litter ingestion and its impacts on Mediterranean biodiversity. **Environmental Pollution**, v. 237, p.1023-1040, 2018.

FRED-AHMADU, O. H.; BHAGWAT, G.; OLUYOYE, I.; BENSON, N. U.; AYEJUYO, O. O.; PALANISAMI, T. Interaction of chemical contaminants with microplastics: Principles and perspectives. **Science of the Total Environment,** v. 706, p. 135978, 2020.

FREITAS, C. E. C.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K. O uso de peixes como bioindicador ambiental

em áreas de várzea da bacia amazônica. **Revista Agrogeoambiental**, p. 39-44, 2009.

FREITAS, M. F.; PIRES, M. M.; BENINCÁ, D. Fragilidades e potencialidades na gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 16, p. 1-15, 2024.
GALL, S. C.; THOMPSON, R. C. The impact of debris on marine life. **Marine Pollution Bulletin**, v. 92, p.170-179, 2015.

GARCIA, T. D.; CARDOZO, A. L. P.; QUIRINO, B. A.; YOFUKUJI, K. Y.; GANASSIN, M. J. M.; DOS SANTOS, N. C. L.; FUGI, R. Ingestion of Microplastic by Fish of Different Feeding Habits in Urbanized and Non-urbanized Streams in Southern Brazil. **Water Air Soil Pollut**, v. 231, n. 434, p. 1-11, 2020.

GARCIA, T. O.; GIARRIZZO, T. Nível trófico de peixes da costa brasileira. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 4, n. 2, p. 130-160, 2014.

GESAMP. **Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean.** GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Rep. Stud. GESAMP n. 99, 130p, 2019.

GESAMP. R**eport of the thirty-sixth session of GESAMP.** GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection Geneva, 28 April to 1 May, 2009. Rep. Stud. GESAMP No. 80, 83 p., 2009.

GESAMP. **Sources**, **fate and effects of microplastics in the marine environment:** a global assessment. GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Rep. Stud. GESAMP n. 90, 96p, 2015.

GHOSH, T. Microplastics bioaccumulation in fish: Its potential toxic effects on hematology, immune response, neurotoxicity, oxidative stress, growth, and reproductive dysfunction**. Toxicology Reports**, v. 14, p. 101854, 2025.

GIANESELLA, S. M. F; SALDANHA-CORRÊA, F. M. P. **Sustentabilidade dos Oceanos.** (In) José Goldemberg. Série Sustentabilidade v.7. Editora Blucher, São Paulo, 2010.

GODEFROID, R. S.; SANTOS, C.; HOFSTAETTER, M.; SPACH, H. L. Occurrence of larvae and juveniles of *Eucinostomus argenteus*, *Eucinostomus gula*, *Menticirrhus americanus*, *Menticirrhus littoralis*, *Umbrina coroides* and *Micropogonias furniert* at Pontal do Sul beach, Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.44, n. 4, p. 411-418, 2001.

GOLMOHAMMADI, M.; MUSAVI, S. F.; HABIBI, M.; MALEKI, R.; GOLGOLI, M.; ZARGAR, M.; DUMÉE, L. F.; BAROUTIAN, S.; RAZMOU, A. Molecular mechanisms of microplastics degradation: A review. **Separation and Purification Technology**, v. 309, 2023.

GONÇALVES, G. R. L.; SOARES, I. M.; AZEVEDO-SANTOS, V. M.; WOLF, M. R.; CASTILHO, A. L. Eating trash: ingestion of anthropogenic fragments by fish and crabs in Brazilian waters. **Front. Mar. Sci**., Conference Abstract: XX Iberian Symposium on Marine Biology Studies (SIEBM XX), 2019.

GONÇALVES, G.R.L.; SOUSA, A. N.; WOLF, M. R.; SOARES, I. M.; CASTILHO, A. L. Unravelling the stomach contents of fish and crab species from Cananéia, São Paulo: Are they eating plastic? **Papéis avulsos de zoologia,** v. 63, 2023.

GONÇALVES, P. R. **Diagnóstico, desafios e caminhos da conservação e uso sustentável das zonas costeiras e marinhas do Brasil:** Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, ODS 14. Brasília: Enap, 2021.

GORMAN, D.; MOREIRA, F. T.; TURRA, A.; FONTENELLE, F. R.; COMBI, T.; BÍCEGO, M. C.; MARTINS, C. de C. Organic contamination of beached plastic pellets in the South Atlantic: risk assessments can benefit by considering spatial gradients. **Chemosphere**, v. 223, p. 608-615, 2019.

GOROKHOVA, E. Screening for microplastic particles in plankton samples: how to integrate marine litter assessment into existing monitoring programs? **Marine Pollution Bulletin**, v. 99, p. 271-275, 2015.

GOUIN, T. Addressing the importance of microplastic particles as vectors for long-range transport of chemical contaminants: perspective in relation to prioritizing research and regulatory actions. **Microplastics and Nanoplastics**, v. 1, n. 14, 2021.

GÜVEN, O.; GÖKDAĞ, K.; JOVANOVIĆ, B.; KIDEYŞ, A. Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish**. Environmental Pollution**, v. 223, p. 286-294, 2017.

HALUCH, C. F. **Aspectos bionômicos da betara *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) na Baía de Ubatuba – Enseada, São Francisco do Sul – SC, Brasil**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Pós-graduação em Ciências Biológicas – Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

HERMSEN, E.; MINTENIG, S. M.; BESSELING, E.; KOELMANS, A. A. Quality Criteria for the Analysis of Microplastic in Biota Samples: A Critical Review. **Environmental Science & Technology**, 2018.

HOLMLUND, C. M.; HAMMER, M.; Ecosystem services generated by fish populations. **Ecological Economics**, v. 29, p. 253 – 268, 1999.

HOROCHOVSKI, R. R. **Desatando nós**: associativismo civil, democracia e empoderamento na colônia de pescadores de Matinhos, Paraná. 2007. 265 f. Tese (Doutorado em Sociologia Política) – Programa de Pós-graduação em Sociologia Política, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

HORTON, A. A.; WALTON, A.; SPURGEON, D. J.; LAHIVE, E.; SVENDSEN, C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science of the Total Environment**, v. 586, p. 127–141, 2017.

IBGE. **Cidades e estados do Brasil**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/matinhos/panorama. Acesso em: 22 jan. 2024.

IBGE. **Municípios costeiros 2021.** Disponível em: //https://ibge.gov.br/geociências/organização-do-territoria/estrutura-territorial/34330-municipiios-costeiros.html/. Acesso em 20 jul. 2023.

IPARDES- INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Caderno Estatístico Município de Matinhos**. p.1-51, nov. 2024. Disponível em: //https:https://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Cadernos-municipais/ Acesso em: 31 nov. 2024.

IPEA- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA**. ODS14**: Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. O que mostra o retrato do Brasil? Cadernos ODS. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, 2019.

IPEA- INSTITUTO DE PESQUISAECONÔMICA APLICADA. **Agenda 2030**: ODS Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, 2018.

IWANICKI, L. Poluição marinha no Brasil. *In*: MAGNO, I. (Org.). **Fragmentos da destruição**: impactos do plástico na biodiversidade marinha brasileira. Brasília: Oceana Brasil, 2024.

JIN, X.; FU, X.; LU, W.; WANG, H. The effects of riverside cities on microplastics in river water: A case study on the Southern Jiangsu Canal, China. **Science of the Total Environment**, v. 858, p. 159783, 2023.

JO, A.-H.; YU, Y.-B.; CHOI, J.-H.; LEE, J.-H.; CHOI, C. Y.; KANG, J.-C.; KIM, J.-H. Microplastics induce toxic effects in fish: Bioaccumulation, hematological parameters and antioxidant responses. **Chemosphere**, v. 375, p. 144253, 2025.

JOVANOVIĆ, B. Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective. **Integrated Environmental Assessment and Management,** v.13, n. 3, p. 510-515, 2017.

JUSTINO, A. K. S.; FERREIRA, G. V. B.; FAUVELLE, V.; SCHMIDT, N.; LENOBLE, V.; PELAGE, L.; MARTINS, K.; TRAVASSOS, P.; LUCENA-FRÉDOU, F. From prey to predators: Evidence of microplastic trophic transfer in tuna and large pelagic species in the southwestern Tropical Atlantic. **Environmental Pollution,** v. 327, p. 121532, 2023a.

JUSTINO, A. K. S.; FERREIRA, G. V. B.; FAUVELLE, V.; SCHMIDT, N.; LENOBLE, V.; PELAGE, L.; LUCENA-FRÉDOU, F**.** Exploring microplastic contamination in reef-associated fishes of the Tropical Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 192, p. 115087, 2023b.

JUSTINO, A. K. S.; FERREIRA, G. V. B.; SCHMIDT, N.; EDUARDO, L. N.; FAUVELLE, V.; LENOBLE, V.; SEMPÉRÉ, R.; PANAGIOTOPOULOS, C.; MINCARONE, M. M.; FRÉDOU, T.; LUCENA-FRÉDOU, F. The role of mesopelagic fishes as microplastics vectors across the deep-sea layers from the Southwestern Tropical Atlantic. **Environmental Pollution**, v. 300, p. 118988, 2022.

JUSTINO, A. K. S.; LENOBLE, V.; PELAGE, L.; FERREIRA, G. V. B.; PASSARONE, R.; FRÉDOU, T.; FRÉDOU**,** F. L. Microplastic contamination in tropical fishes: An assessment of different feeding habits. **Regional Studies in Marine Science**, v. 45, p. 1-5, 2021.

KARAMI, A.; GOLIESKARDI, A.; CHOO, C. K.; ROMANO, N.; HO, Y. B.; SALAMATINIA, B. A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish. **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 485-494, 2017.

KARUPPASAMY, P. K.; RAVI, Aditya; VASUDEVAN, Logeshwaran; ELANGOVAN, Mahesh Prabu; DYANA MARY, P.; VINCENT, Salom G. T.; PALANISAMI, Thava. Baseline survey of micro and mesoplastics in the gastro-intestinal tract of commercial fish from southeast coast of the Bay of Bengal. **Marine Pollution Bulletin**, v. 153, 2020.

KHAN, M. L.; HASSAN, H. U.; KHAN, F. U.; GHAFFAR, R. A.; RAFIQ, N.; BILAL, M.; KHOOHARO, A. R.; ULLAH, S.; JAFARI, H.; NADEEM, K.; SIDDIQUE, M. A. M.; ARAI, T. Effects of microplastics in freshwater fishes health and the implications for human health. **Brazilian Journal of Biology,** v. 84, p. 1-16, 2024.

KIBRIA, G. Impacts of microplastic on fisheries and seafood security – Global analysis and synthesis. **Science of the Total Environment**, v. 904, 2023.

KILIÇ, E.; YÜCEL, N. Microplastic occurrence in the gastrointestinal tract and gill of bioindicator fish species in the northeastern Mediterranean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 177, mar., 2022.

KIRSTEN, T. B.; BERNARDI, M. M.; LIMA, T. R. de F.; SMITH, W. S. **Pesquisas experimentais com microplástico em organismos aquáticos.** *In*: POMPÊO, M.; RANI-BORGES, B.; PAIVA, T. C. B. de (Org..). Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2022.

KOOI, M.; KOELMANS, A. A. Simplifying microplastic via continuous probability distributions for size, shape and density. **Environmental Science and Technology Letters**, v. 6, p. 551-557, 2019.

KRELLING, A. P. *et al.* First Evidence of High Microplastic Concentrations in Estuarine Litter Windrows of a World Heritage Site: The Paranaguá Estuarine Complex, Brazil. **Water Air Soil Pollut.** p. 2-14, 2025.

KRELLING, A. P.; SOUZA, M. M.; WILLIAMS, A. T.; TURRA, A. Transboundary movement of marine litter in an estuarine gradient: Evaluating sources and sinks using hydrodynamic modelling and ground truthing estimates. **Marine Pollution Bulletin**, v. 119, p. 48-63, 2017.

KWAK, J. I.; RHEE, H.; KIM, L.; AN, Y.-J. In vivo visualization of environmentally relevant microplastics and evaluation of gut barrier damages in Artemia franciscana. **Journal of Hazardous Materials**, v. 478, p. 135596, 2024.

LANA, P. C.; MARONE, E.; LOPES, R. M.; MACHADO, E. C. **The subtropical estuarine complex of Paranagua Bay, Brazil.** *In*: CALDWELL, M. M.; HELDMAIER, G.; LANGE, O. L.; MOONEY, H. A.; SCHULZE, E-D.; SOMMER, U. (Eds.). Coastal marine ecosystems of Latin America. Ecological studies, v. 144, 2001.

LAW, K. L.; THOMPSON, R. C. Microplastics in the seas: concern is rising about widespread contamination of the marine environment by microplastics. **Science**, v. 345, 2014.

LEFF, E. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. 8 ed. - Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

LEI, L.; WU, S.; LU, S.; LIU, M.; SONG, Y.; FU, Z.; SHI, H.; RALEY-SUSMAN, K. M.; HE, D. Microplastic particles cause intestinal damage and other adverse effects in zebrafish Danio rerio and nematode Caenorhabditis elegans. **Science of the Total Environment**, v. 619-620, p. 1-8, 2018.

LI, B.; LIANG, W.; LIU, Q.-X.; FU, S.; MA, C.; CHEN, Q.; SU, L.; CRAIG, N. J.; SHI, H. Fish Ingest Microplastics Unintentionally. **Environmental Science & Technology**, v. 55, p. 2021.

LI, B.; SU, L.; ZHANG, H.; DENG, H.; CHEN, Q.; SHI, H. Microplastics in fishes and their living environments surrounding a plastic production area. **Science of the Total Environment**, v. 727, p. 138662, 2020.

LIMA, A. R. A.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F.; RAMOS, J. A. A.; DANTAS, D. V.; MELO, P. A. M. C.; JUSTINO, A. K. S.; FERREIRA, G. V. B. Changes in the composition of ichthyoplankton assemblage and plastic debris in mangrove creeks relative to moon phases. **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 619–640, 2016.

LIMA, A. R. A; SILVA, M. D.; POSSATTO, F. E; FERREIRA, G. V. B.; KRELLING, A. P. Plastic Contamination in Brazilian Fresh water and Coastal Environments: A Source-to-Sea Transboundary Approach. **The handbook of Environmental Chemistry**, p. 427-460, 2020.

LIMA, F. P.; AZEVEDO-SANTOS, V. M.; SANTOS, V. M. R.; VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; SOARES, C. L.; MANZANO, F. V.; NOBILE, A. B. Plastic Ingestion by Commercial and Non-Commercial Fishes from a Neotropical River Basin. **Water Air Soil Pollut**, v. 232, n. 29, p. 1-8, 2021.

LINO, F. A. M.; ISMAIL, K. A. R.; CASTAÑEDA-AYARZA, J. A. Municipal solid waste treatment in Brazil: A comprehensive review. **Energy Nexus**, v. 11, p. 100232, 2023.

LIU, J.; ZHENG, L. Microplastic migration and transformation pathways and exposure health risks. **Environmental Pollution**, v. 368, p. 125700, 2025.

LIZAMA, M. DE L. A. P.; ZAVASKI, F.; SANTOS JUNIOR, H. M.; FLORÊNCIO, G. A. DOS S.; PETROLI, M. L. C.; ANGELO, G. L. D. **Uso de peixes como indicadores biológicos?** o estudo destes animais para o monitoramento dos recursos hídricos dentro da área das ciências ambientais. **Open Science Research**, Editora Científica Digital, v. 1, p. 413-426, 2022.

LUSHER, A. L.; HERNANDEZ-MILIAN, G. Microplastic extraction from marine vertebrate digestive tracts, regurgitates and scats: a protocol for researchers from all experience levels. **Bio-Protocol**, v. 8, 2018.

LUSHER, A. L.; MCHUGH, M.; THOMPSON, R. C. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. **Microplastics and Nanoplastics**, v. 2, p. 2-9, 2013.

LUSHER, A.; HOLLMAN, P.; MENDOZA-HILL, J. Microplastics in fisheries and aquaculture Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. **FAO,** Roma, 2017.

MA, H.; PU, S.; LIU, S.; BAI, Y.; MANDAL, S.; XING, B. Microplastics in aquatic environments: Toxicity to trigger ecological consequences. **Environmental Pollution**, v. 261, p. 114089, 2020.

MACHADO, J. A.; OLIVEIRA, S. de; NAZÁRIO, M. G.; FERNANDES, H.; KRELLING, A. P. Análise da presença de microplástico em bivalves (perna-perna): um estudo de caso em Matinhos, litoral do Paraná. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável, Guaju**. Matinhos, v. 7, n. 1, p. 156-179, jan./jun. 2021.

MACIEIRA, R. M.; OLIVEIRA, L. A. S.; CARDOZO-FERREIRA, G. C.; PIMENTEL, C. R.; ANDRADES, R.; GASPARINI, J. L.; SARTI, F.; CHELAZZI, D.; CINCINELLI, A.; GOMES, L. C.; GIARRIZZO, T. Microplastic and artificial cellulose microfibers ingestion by reef fishes in the Guarapari Islands, southwestern Atlantic. **Marine Pollution Bulletin,** v. 167, p. 1-9, 2021.

MACLEOD, M.; ARP, H. P. H.; TEKMAN, M. B.; JAHNKE, A. The global threat from plastic pollution. **Science**, v. 373, p. 61-65, 2021.

MAGNO, I. (Org.). **Fragmentos da destruição**: impactos do plástico na biodiversidade marinha brasileira. Brasília: 1. ed. Brasília: Oceana Brasil, 2024. Disponível em: < https://brasil.oceana.org/wp-content/uploads/sites/23/2024/10/Fragmentos-da-destruicao_FINAL-FINAL-FINAL_compressed.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2025.

MAQUART, P.-O.; FROEHLICH, Y.; BOYER, S. Plastic pollution and infectious diseases. **Lancet Planet Health**, v. 6, p.842–845, 2022.

MARIANO, S.; TACCONI, S.; FIDALEO, M.; ROSSI, M.; DINI, L. Micrro and Nanoplastics identifications: Classic methods and innovative detections techniques. **Frontiers in Toxicilogy**, v. 3, 2021.

MARTINS, T. F.G; POMPÊO, M. O cenário atual e o avanço das pesquisas sobre microplásticos em interações com plantas vasculares aquáticas. *In* POMPÊO, M; RANI-BORGES, B; PAIVA, T. C. B. de. (Org.) **Microplásticos nos ecossistemas:** impactos e soluções. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, 216 p., São Paulo, 2022.

MARTINS, T.F.G; FERREIRA, K. de S.; ROJAS, I. E. B.; POMPÊO, M**.** Bioindicadores para avaliação do impacto ambiental em ecossistemas aquáticos e os efeitos dos contaminantes sobre os organismos aquáticos. *In:* POMPÊO, M; MOSCHINI-CARLOS, V.; LÓPEZ- DOVAL, J.C. (Org.) **Aspectos da ecotoxidade em ambientes aquáticos.** Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 274 p., 2022.

MATTSSON, K.; HANSSON, L.-A.; CEDERVALL, T. **Nano-plastics in the aquatic environment.** Environmental. Science.: Processes Impacts, v. 17, p. 1712, 2015.

MCNEISH, R. E.; KIM, L. H.; BARRETT, H. A.; MASON, S. A.; KELLY, J. J.; HOELLEIN, T. J. Microplastic in riverine fish is connected to species traits. **Scientific Reports**, v. 8, p. 1-12, 2018.

MELO, R. R. R. C. B.; BARLETTA, M.; CYSNEIROS, F. F. J. A.; TAVARES, M. I. B.; SANTANA, K. S.; CARTY, S.; MORLEY, S. A. Top predator feeding ecology and microplastic (MP) contamination on the far eastern South American coast: Evidence of MP trophic biotransfer. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 301, p. 108736, 2024.

MENEGHETTI, F. K.; FARIA, J. H. Gestão e reificação dos homens do mar**. Rev. Adm. Mackenzie**, v. 13, n. 4, p. 15-47, 2012.

MENEZES, N. A.; BUCKUP, P. A.; FIGUEIREDO, J. L. de; MOURA, R. L. de. **Catálogo das Espécies de Peixes Marinhos do Brasil**. São Paulo: Museu de Zoologia da USP, 2003.

MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. de. **Manual de peixes marinhos do sudoeste do Brasil**. IV Teleostei. São Paulo: Museu de Zoologia da USP, 1980.

MESQUITA, G. C. de; MENEZES, R.; CUNHA-NETO, M. A. da; DANTAS-NETO, A. B.; SILVA, G. B. da. Feeding strategy of pelagic fishes caught in aggregated schools and vulnerability to ingesting anthropogenic items in the western equatorial Atlantic Ocean. **Environmental Pollution**, v.282, 2021.

MIRANDA, D. D.; CARVALHO-SOUZA, G. F. de. Are we eating plastic-ingesting fish? **Marine Pollution Bulletin**, v. 103, p. 109-114, 2016.

MONTAGNER, C. C.; DIAS, M. A.; PAIVA, E. M.; VIDAL, C. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Quim. Nova**, v. 44, n. 10, p. 1328-1352, 2021.
MOORHEAD, G. Plástico: um problema sem fronteiras. In: MAGNO, I. (Org.). **Fragmentos da destruição**: impactos do plástico na biodiversidade marinha brasileira. Brasília: Oceana Brasil, 2024.

MOTA, G. G. P.; BARBONI, S. DE A. V. JESUS, M. C. DE**.** Tilápias (*Actinopterygii*: *Cichlidae*) comercializadas em feira de Santana (Bahia) como bioindicadores de poluição ambiental em rios da bacia do Paraguaçu. Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.19, p. 11-18, jan./dez, 2009.

NELMS, S. E.; GALLOWAY, T. S.; GODLEY, B. J.; JARVIS, D. S.; LINDEQUE, P. K. Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. **Environmental Pollution**, v. 238, p. 999-1007, 2018.

NETO, J. G. B.; RODRIGUES, F. L.; ORTEGA, I.; RODRIGUES, L. dos S.; LACERDA, A. L. D. F.; COLETTO, J. L.; KESSLER, F.; CARDOSO, L. G.; MADUREIRA, L.; PROIETTI, M. C. Ingestion of plastic debris by commercially important marine fish in southeast-south Brazil. **Environmental Pollution**, v. 267, 2020.

NOGUEIRA, E. J.; FERNANDES, E.; NOGUEIRA, M. G.; CETRA, M.; MATTOX, G. M. T. Microplastics contamination in fish, water, and sediment surrounding Ubatuba beaches, Southeastern Brazil. **Neotrop. Ichthyol.**, v. 22, n. 2, p. e230092, 2024.

NUNES, L. S.; SILVA, A. G.; ESPÍNOLA, L. A.; BLETTLER, M. C. M.; SIMÕES, N. R. Intake of microplastics by commercial fish: A Bayesian approach. **Environ Monit Assess**, v. 193, n. 402, p. 1-15, 2021.

NUNES, L. T.; CORD, I.; FRANCINI-FILHO, R. B.; STAMPAR, S. N.; PINHEIRO, H. T.; ROCHA, L. A.; FLOETER, S. R.; FERREIRA, C. E. L. Ecology of Prognathodes obliquus, a butterflyfish endemic to mesophotic ecosystems of St. Peter and St. Paul's Archipelago. **Coral Reefs**, v.38, p.955-960, 2019.

OJEDA, M.; RIMONDINO, G. N.; FRAYSSE, C. P.; COSSI, P. F.; BOY, C. C.; PÉREZ, A. F. Microplastic ingestion in key fish species of food webs in the Southwest Atlantic (Marine Protected Area Namuncurá / Burdwood Bank). **Aquatic Toxicology**, v. 267, p. 106827, 2024.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. Microplásticos: contaminantes de preocupação global no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018.

OLIVEIRA, C. W. S.; CORRÊA, C. S.; SMITH, W. S. Food ecology and presence of microplastic in the stomach content of neotropical fish in an urban river of the upper Paraná River Basin. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 15, n. 4, p. e2551, 2020

OLIVEIRA, O. M. B. A. de.; SILVA, V. L. da. **O processo de industrialização do setor pesqueiro e a desestruturação da pesca artesanal no brasil a partir do código de pesca de 1967**. Seqüência, n. 65, p. 329-357, dez. 2012

OLIVEIRA, S.; KRELLING, A. P; TURRA, A. Contamination by microplastics in oysters shows a widespread but patchy occurrence in a subtropical estuarine system. **Marine Pollution Bulletin**, v. 203, 2024.

ONU. ONU NEWS. **Tratado Global pode ficar pronto até 2024.** Publicado em 03 fev. 2023. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2023/02/1809202. Acesso em: 29 jan. 2025.

OSPAR. **Pilot Project on Monitoring Marine Beach Litter**: monitoring of marine litter in the Ospar region. London: Biodiversity Series, 2007.

PALMEIRA, L. P.; MONTEIRO-NETO, C. Ecomorphology and food habits of teleost fishes *Trachinotus carolinus* (Teleostei: Carangidae) and Menticirrhus littoralis (Teleostei: Sciaenidae), inhabiting the surf zone off Niterói, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, p. 1-9, 2010.

PAULA, E. V. de; PIGOSSO, A. M. B.; WROBLEWSKI, C. A. Unidades de Conservação no Litoral do Paraná: evolução territorial e grau de implementação. *In*: SULZBACH, M. T.; ARCHANJO, D. R.; QUADROS, J. (Org.). **Litoral do Paraná: território e perspectivas**. Rio de Janeiro: Autografia, v.3, Dimensões de desenvolvimento, 2018.

PEGADO, T. de S. e S.; SCHMID, K.; WINEMILLER, K. O.; CHELAZZI, D.; CINCINELLI, A.; DEI, L.; GIARRIZZO, T. First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary. **Marine Pollution Bulletin,** v. 133, p. 814-821, 2018.

PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A.; AZEVEDO-SANTOS, V. M.; BESSA, E.; CASATTI, L.; GARRONE-NETO, D.; GOMES, L. C.; PAVANELLI, C. S.; PETRY, A. C.; POMPEU, P. dos S; REIS, R. E.; ROQUE, F. de O.; SABINO, J.; L. M. de S.; VILELLA, F. S.; ZUANON,

J. **Ecosystem services generated by neotropical freshwater fishes**. Hydrobiologia, v. 850, p. 2903–2926, 2023.

PEMALM. **Plano Estratégico de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar do Estado de São Paulo**. Org: Turra, A.; Neves, A. M.; Panarelli, A. M.; Elliff, C. I.; Romanelli, M. F.; Mansor, M. T., Andrade, M. M.; Grilli, N. M.; Cardoso, O. A.; Zanetti, R.; Scrich, V. M. Primeira edição. São Paulo: PEMALM, 72 p., 2021.

PETERS, C. A.; BRATTON, S. P. Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA. **Environmental Pollution**, v. 210, p. 380–387, 2016.

PETERS, C. A.; THOMAS, P. A.; RIEPER, K. B.; BRATTON, S. P. Foraging preferences influence microplastic ingestion by six marine fish species from the Texas Gulf Coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 124, p. 82-88, 2017.

PHAM, C. K.; RODRÍGUEZ, Y.; DAUPHIN, A.; CARRIÇO, R.; FRIAS, J. P. G. L.; VANDEPERRE, F.; OTERO, V.; SANTOS, M. R.; MARTINS, H. R.; BOLTEN, A. B.; BJORNDALE, K. A. Plastic ingestion in oceanic-stage loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) off the North Atlantic subtropical gyre. **Marine Pollution Bulletin**, v. 121, p. 222–229, 2017.

PIERRI, N.; ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C. de; KIM, M. K. A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 13, p. 137-167, 2006.

PINHEIRO, L.; CORIOLANO, L. N.; COSTA, M. F.; DIAS, J. O Nordeste brasileiro e a região costeira. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, 2008.

PINTO, A. DA C.; MARQUES, L. H. B. DA S.; SANTOS, F. L. DE B. DOS. Utilização de bioensaio na avaliação ecotoxicológica de lagos urbanos (Paulo Afonso/BA) com *Poecilia reticulata* (Peters, 1859) (Chordata: Teleostei). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n.3, p.1297-1313, 2020.

POLLI, D. A. Caracterização dos municípios brasileiros com disposição irregular de resíduos sólidos. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 7, p. 1-9, 2024.

POSSATTO, F.E.; BARLETTA, M.; COSTA, M.F.; SUL, J. A. I. do; DANTAS, D.V. Plastic debris ingestion by marine catfish: An unexpected fisheries impact. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, p. 1098 -1102, 2011.

PRADIT, S.; NOPPRADIT, P.; SENGLOYLUAN, K.; SUWANNO, P.; TANRATTANAKUL, V.; SORNPLANG, K.; NUTHAMMACHOT, N.; JITKAEW, P.; NITIRATSUWAN, T. Occurrence of Microplastics in River Water in Southern Thailand. **J. Mar. Sci. Eng**., v. 11, n. 1, p. 90, 2023.

PURCELL, J.; SAYYAD, K.; HEINZMANN, L.; AWRAMENKO, S.; DORNER-MULLER, S. Plastic pollution: Pathways to net zero. A Center for Sustainability publication. **Credit Suisse Research Institute, 2023.** Disponível em: https://www.credit-suisse.com/sustainability/en/thought-leadership.html. Acesso em: 05 de fev. 2024.

QIAO, R.; DENG, Y.; ZHANG, S.; BORRI WOLOSKER, M.; ZHU, Q.; REN, H.; ZHANG, Y. Accumulation of different shapes of microplastics initiates intestinal injury and gut microbiota dysbiosis in the gut of zebrafish. **Chemosphere**, v. 236, p. 124334, 2019.

QUADROS, D. A. de; BOLINI, H. M. A**.** Biometric characterization, proximate composition, and fillet yield and waste of serra spanish mackarel (*Scomberomorus brasiliensis*). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 877-888, 2015.

QUADROS, D. A. de; CASTRO, J. A. R. de; COSTA, N. C. da. **Entre a terra e o mar**: dicas e receitas do preparo de pescados. Curitiba: Brazil Publishing, p.120, 2016.

QUEIROZ, L. G. Microplásticos: uma abordagem introdutória. *In*: POMPÊO, M.; RANI-BORGES, B.; PAIVA, T. C. B. de (Org.). **Microplásticos nos ecossistemas**: impactos e soluções. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2022.

RAHMAN, R.-R.; BAQEE, A.; ALAM, M.; KHAN, M. W.; MUHIB, M. I.; KABIR, A**.** Organ-specific bioaccumulation of microplastics in market fish of Dhaka and size-dependent impacts of PVC microplastics on growth of *Anabas testudineus*. **Environmental Pollution**, v. 361, p. 124807, 2024.

RIBEIRO-BRASIL, D. R. G.; TORRES, N. R.; PICANÇO, A. B.; SOUSA, D. S.; RIBEIRO, V. S.; BRASIL, L. S.; MONTAG, L. F. de A. **Contamination of stream fish by plastic waste in the Brazilian Amazon.** Environmental Pollution, v. 266, p. 115241, 2020.

RICHON, C.; KVALE, K.; LEBRETON, L.; EGGER, M. Legacy oceanic plastic pollution must be addressed to mitigate possible long-term ecological impacts. **Microplastics and Nanoplastics**, v. 3, 2023.

RILLIG, M. C.; KIM, S. W.; KIM, T. Y.; WALDMAN, W. R. The global plastic toxicity debt. **Environmental Science and Technology**, v. 55, p. 2717-2719, 2021.

RÍOS, J. M.; TEIXEIRA, de M. F.; F., B. de; KROJMAL, E.; VIDAL, C.; LOZA-ARGOTE, V. A.; SCHEIBLER, E. E. Occurrence of microplastics in Fish from Mendoza River: First Insights into Plastic Pollution in the Central Andes, Argentina. **Water**, v. 14, p. 3905, 2022.

ROMA, J.C. Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e sua transição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Cienc. Cult**. v.71, n.1, São Paulo. Jan.-mar. 2019.

ROMANO, N.; RENUKDAS, N.; FISCHERA, H.; SHRIVASTAV, J.; BARUAH, K.; EGNEW, N.; SINHA, A. K. Differential modulation of oxidative stress, antioxidant defense, histomorphology, ion-regulation and growth marker gene expression in goldfish (*Carassius auratus)* following exposure to different dose of virgin microplastics. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 238, p. 108862, 2020.

RONDINELI, G. R.; BRAGA, F. M. de S.; TUTUI, S. L. dos S.; BASTOS, G. C. C. Dieta de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) e *Cynoscion jamaicensis* (Vaillant E Bocourt, 1883) (Pisces, Sciaenidae) no sudeste do Brasil, estado de São Paulo. **B. Inst. Pesca**, São Paulo,v. 33, n. 2, p. 221-228, 2007.

RUIJTER, V. N. de; REDONDO-HASSELERHARM, P. E.; GOUIN, T.; KOELMANS, A. A. Quality Criteria for Microplastic Effect Studies in the Context of Risk Assessment: A Critical Review. **Environ. Sci. Technol**., v. 54, p. 11692−11705, 2020.

SACCO, V. A. *et* al. What are the global patterns of microplastic ingestion by fish? A scientometric review. **Environmental Pollution** v.350, 2024.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Organização Paula Yone Stroh. Rio de Janeiro, Garamond, 2002.

SALAGER-MEYER, F. Scientific publishing in developing countries: Challenges for the future. **Journal of English for Academic Purposes**, v. 7, p- 121-122, 2008.

SANCHEZ, W.; BENDER, C.; PORCHER, J.-M. Wild gudgeons (*Gobio gobio*) from French rivers are contaminated by microplastics: Preliminary study and first evidence. **Environmental Research**, v. 128, p. 98–100, 2014.

SANTANA, T. C. de; TEIXEIRA, E. G.; CASTRO, J. da S.; FERNANDES, J. F. F.; LOBATO, R. S.; CARREIRO, C. R. P. Principais espécies de Sciaenidae marinhas e estuarinas comercializadas na Ilha do Maranhão, Brasil. *In*: ALMEIDA, Z. S.; CARVALHO-NETA, R. N. F.; SANTOS, D. M. S. (Org.). **Recursos pesqueiros e pesca artesanal no Maranhão: Sumário Executivo**. São Luís: Uema, v. 1, p. 67-76, 2016.

SANTOS, A. C.; REIS, A.; MENDIONDO, E. M. **Segurança hídrica no Brasil: situação atual, principais desafios e perspectivas futuras**. Revista DAE. São Paulo, v. 68, n 225, p. 167-179, 2019.

SANTOS, L. de O.; CATTANI, A. P.; SPACH, H., L. Ictiofauna acompanhante da pesca de arrasto para embarcações acima de 45 hp no litoral do Paraná, Brasil. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, p. 816-830, 2016.

SANTOS, T.; BASTIAN, R.; FELDEN, J.; RAUBER, A. M.; REYNALTE-TATAJE, D. A.; MELLO, F. T. First record of microplastics in two freshwater fish species (*Iheringhthys labrosus* and *Astyanax* l*acustris*) from the middle section of the Uruguay River, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, e26, 2020.

SARTORI, A. G. O.; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. Segurança Alimentar e Nutricional, v. 19, p. 83-93, 2012.

SCHERER, M; SANCHES. M.; NEGREIROS, D. H. Gestão das zonas costeiras e as políticas públicas no Brasil: um diagnóstico. MUNOZ; J.M.B.(Coord). **Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica:** Un diagnóstico. Necesidad de cambio. Red IBERMAR. Cadiz, 2010.

SELINGER, A.; COSTA, J. H. A. da; SANDRI, L. M.; WOLFF, L. L.; SOUZA, U. P.; SILVEIRA, L. Jr.; DELARIVA, R. L. **Diet composition and plastic ingestion in Poecilia reticulata from urban streams**. Environmental Science and Pollution Research, v. 31, p. 51647–51657, 2024.

SETTI; A. A.; LIMA; J.E.F. W; CHAVES; A. G.de M.; PEREIRA; I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2ª ed., 207 p., 2000.

SHARMA, P.; SHARMA, P.; ABHISHEK, K. Sampling, separation, and characterization methodology for quantification of microplastic from the environment. **Journal of Hazardous Materials Advances**, v. 14, 2024.

SHIM, W. J.; HONG, S. H.; SOEUN E. E. Identification methods in microplastic analysis: a review. **Analytical Methods**, v. 9, p. 1384-1391, 2017.

SILVA, C. A. da. **Política pública e território:** Passado e presente da efetivação de direitos dos pescadores artesanais no Brasil. Consequência / Ministério de Educação / FAPERJ / CNPq, 2014.

SILVA, E. A.; NETO, J. M. M. Logística Reversa nas Indústrias de Plásticos de Teresina-PI: Um Estudo de Viabilidade. **Polímeros: Ciência e Tecnologia,** v. 21, n. 3, p. 217-222, 2011.

SILVA, J. D. B.; BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A.; FERREIRA, G. V. B. Use of resources and microplastic contamination throughout the life cycle of grunts (Haemulidae) in a tropical estuary. **Environmental Pollution**, v. 242, p. 1010-1021, 2018.

SILVA, N. L. da; PAGLIARINI, C. D.; KLIEMANN, B. C. K.; RAMOS, J. K. K.; BONFIM, V. C. do; BRANDÃO, H.; RAMOS, I. P. Diet composition of a native fish species in a neotropical lentic environment. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 45, n. 1, p. e67806, 2023.

SILVA-CAVALCANTI, J. S.; SILVA, J. D. B.; FRANÇA, E. J. de; ARAÚJO, M. C. B. de; GUSMÃO, F. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. **Environmental Pollution**, v. 221, p. 218–226, 2017.

SILVESTRE, M. E. D. Falsas respostas à "crise ambiental". **Tensões Mundiais**. Fortaleza, v. 9, n. 16, p. 15-38, 2013.

SINGH, A; MISHRA, B. K. Microbeads in personal care products: An overlooked environmental concern. **Journal of Cleaner Production**, v. 427, 2023.

SINGH, N.; MONDAL, A.; BAGRI, A.; TIWARI, E.; KHANDELWAL, N.; MONIKH, F. A.; DARBHA, G. K. Baseline Characteristics and spatial distribution of microplastics in the lower Ganga River water and sediment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 163, 2021.

SMITH, W. S. et al. Peixe e plástico em ecossistemas de água doce: contribuição da ciência brasileira e pesquisas futuras. *In* POMPÊO, M; RANI-BORGES, B; PAIVA, T. C. B. de. (Org.) **Microplásticos nos ecossistemas:** impactos e soluções. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, 216 p., São Paulo, 2022.

SOARES, K. M. P.; GONÇALVES, A. A. Qualidade e segurança do pescado. **RIALA**, v. 6, 2012.

SODRÉ, F. F.; *et al.* How natural and anthropogenic factors should drive microplastic behavior and fate: The scenario of Brazilian urban freshwater. **Chemosphere**, v. 340, 2023.

STRAUB, S.; HIRSCH, P. E.; BURKHARDT-HOLM, P. Biodegradable and petroleum-based microplastics do not differ in their ingestion and excretion but in their biological effects in a freshwater invertebrate gammarus fossarum. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, p. 774, 2017.

THOMPSON, R. C.; OLSEN, Y.; MITCHELL, R. P.; DAVIS, A.; ROWLAND, S. J.; JOHN, A. W. G.; McGONIGLE, D.; RUSSELL, A. E. Lost at Sea: Where is all the plastic? **Science**, v. 304, n. 5672, p. 838, 2004.

TIEPOLO, L. M.; DENARDIN, V. F. Desenvolvimento territorial sustentável: uma nova experiência na Mata Atlântica *In*: DENARDIN, V. F.; ALVES, R. A. (Eds.). **Desenvolvimento territorial**: olhares contemporâneos. Londrina: Mecenas, p. 21-32, 2019.

TREGIDGO, D.; BARLOW, J.; POMPEU, P. S.; PARRY, L. Tough fishing and severe seasonal food insecurity in Amazonian flooded forests. **People and Nature.** p 468–482, 2020.

TURRA, A.; S. F. B.; BESSA, E.; FERNANDEZ, W. S.; BERNADOCHI, L. C.; DENADAI, M. R. Population biology and diet of the southern kingcroaker *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Sciaenidae) in Caraguatatuba Bay, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n. 3, p. 343-352, 2012.

TURRA, A.; SANTANA, M. F. M.; OLIVEIRA, A. de L.; BARBOSA, L.; CAMARGO, R. M.; MOREIRA, FABIANA D., MÁRCIA, R. **Lixo Nos Mares:** do entendimento à solução. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo: p.124, 2020.

TURRA; A. The ocean decade in the perscpective of the Global South. **Ocean and Coast Researche**, v.69, 2021.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIROMENT PROGRAMME- **Guidelines on survey and monitoring of marine litter.** Regional Seas Reports and Studies n. 186. IOC Technical Series n. 83, 2009.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIROMENT PROGRAMME. **Marine plastic debris and microplastics** – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. Nairobi, 2016.

UNEP- UNITED NATIONS ENVIROMENT PROGRAMME. **From polluition to solution**: a global assessment of marine litter and plastic pollution. Nairobi, 2021.

UNEP- UNITED NATIONS ENVIROMENT PROGRAMME. **Guidelines on survey and monitoring of marine litter**. Regional Seas Reports and Studies, n. 186, IOC Technical Series n. 83, 2009.

UNEP -UNITED NATIONS ENVIROMENT PROGRAMME. **Unep year book**. Emerging issues in our global environment. Nairobi, 2014.

UNESCO. **A ciência que precisamos para o oceano que queremos:** a Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030). Paris, 2019.

URBANSKI, B. Q.; DENADAI, A. C.; AZEVEDO-SANTOS, V. M.; NOGUEIRA, M. G. First record of plastic ingestion by an important commercial native fish (*Prochilodus lineatus*) in the middle Tietê River basin, Southeast Brazil. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 3, p. e20201005, 2020.

VARGAS, J. G. M.; SILVA, V. B. da; OLIVEIRA, L. K. de; MOLINA, E. F. Microplásticos**:** Uso na indústria cosmética e impactos no ambiente aquático. **Quim. Nova**, v. 45, n. 6, p. 705–711, 2022.

VASCONCELOS FILHO, J. I. F. de; LIMA, D. J. A. de; SOUSA, A. P. de; NASCIMENTO, A. dos S. Pesca acidental de espécies não-alvo no Brasil: uma revisão sistemática. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, p.1-13, 2024.

VENDEL, A.L.; BESSA, F.; ALVES, V.E.N.; AMORIM, A.L.A.; PATRÍCIO, J.; PALMA, A.R.T. Widespread microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressures. **Marine Pollution Bulletin**, v. 117, p. 448-455, 2017.

VIVEKANAND, A. C.; MOHAPATRA, S.; TYAGI, V. K. Microplastics in aquatic environment: Challenges and perspectives. **Chemosphere**, v. 282, p. 131151, 2021.

WAGNER, M., *et al.* **Microplastics in freshwater ecosystems:** what we know and what we need to know. Environmental Sciences Europe, v.26, 2014.

WALDMAN, W. R.; RILLIG, M. C. Microplastic research should embrace the complexity of secondary particles. **Environmental Science and Technology,** v. 54, p. 7751-7753, 2020.

WATSON, A. R.; BLOUNT, C.; MCPHEE, D. P.; ZHANG, D.; SMITH, M. P. Lincoln; REEDS, K.; WILLIAMSON, J. E**.** Source, fate and management of recreational fishing marine debris. **Marine Pollution Bulletin**, v. 178, 2022.

WEISS, L.; LUDWIG, W.; HEUSSNER, S.; CANALS, M. GHIGLIONE, JEAN-FRANÇOIS; ESTOURNEL, C.; CONSTANT, M; KERHERVÉ, P. The missing ocean plastic sink: Gone with the rivers. **Science** 373, 107–111, 2021.

WINTON, D. J; ANDERSON, L. G.; ROCLIFFE, S.; LOISELLE, S. Macroplastic pollution in fresh water environments: Focusing public and policyaction. **Science of the Total Environment,** V.704, 2020.

XAVIER, L.Y; LEONEL, A. L; TURRA, A. O Oceano e a Sociedade. **Diálogos Socioambientais**, v. 5, n. 14, p. 06 – 10, 2022.

ZANIN, M.; MANCINI, S.D. Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia. **EdUFSCar**, 143 p., 2009.

ZHANG, W.; TIAN, D.; YU, Y.; TONG, D.; ZHOU, W.; YU, Y.; LU, L.; LI, W.; LIU, G.; SHI, W. Micro/nanoplastics impair the feeding of goldfish by disrupting the complicated peripheral and central regulation of appetite. **Science of the Total Environment,** v. 946, p. 174112, 2024.

ZHU, L.; WANG, H.; CHEN, B.; SUN, X.; QU, K.; XIA, B. Microplastic ingestion in deep-sea fish from the South China Sea. **Science of the Total Environment**, v. 677, p. 493-501, 2019.

ZHU, X.; QIANG, L.; SHI, H.; CHENG, J. Bioaccumulation of microplastics and its in vivo interactions with trace metals in edible oysters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 154, 2020.

ZOLOTOVA, N. A.; KOSYREVA, A. M.; DZHALILOVA, D.; FOKICHEV, N.; MAKAROVA, O. Harmful effects of the microplastic pollution on animal health: a literature review. **Peer J**, 2022.