

OLIVEIRA, T. H. L, Ingestão de microplástico por espécie de peixe de zona de arrebentação do litoral do estado de Pernambuco.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

INGESTÃO DE MICROPLÁSTICO POR ESPÉCIE DE PEIXE DE ZONA DE
ARREBENTÇÃO DO LITORAL DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Thomas Henrique Lima de Oliveira

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Recursos Pesqueiros e Aquicultura
da Universidade Federal Rural de
Pernambuco como exigência para
obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira

Orientador

Recife, Julho/2024

OLIVEIRA, T. H. L, Ingestão de microplástico por espécie de peixe de zona de arrebentação do litoral do estado de Pernambuco.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecária: Suely Manzi – CRB-4 809

O48i Oliveira, Thomas Henrique Lima de
Ingestão de microplástico por espécie de peixe de zona de
Arrebentação do litoral do estado de Pernambuco / Thomas Henrique
Lima de Oliveira. – 2024.
44 f.: il.

Orientador: Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros
e Aquicultura, Recife, BR-PE, 2024.
Inclui bibliografia.

1. Ecologia marinha 2. Peixes – Efeito da poluição da água
3. Plásticos 4. Distúrbios da ingestão 5. Ondas oceânicas 6. Homem
– Efeito do meio ambiente I. Oliveira, Paulo Guilherme Vasconcelos
de, orient. II. Título

CDD 639.3

OLIVEIRA, T. H. L, Ingestão de microplástico por espécie de peixe de zona de arrebentação do litoral do estado de Pernambuco.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**INGESTÃO DE MICROPLÁSTICO POR ESPÉCIE DE PEIXE DE ZONA DE
ARREBENTÇÃO DO LITORAL DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Thomas Henrique Lima de Oliveira

Dissertação julgada adequada para
obtenção do título de mestre em
Recursos Pesqueiros e Aquicultura.
Defendido e aprovado em
31/07/2024 pela seguinte Banca
Examinadora.

Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira

Orientador

Departamento de Pesca e Aquicultura - UFRPE

Profa. Dra. Renata Akemi Shinozaki Mendes

Membro Interno

Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura - UFRPE

Profa. Dra. Ilka Siqueira Lima Branco Nunes

Membro Externo

Departamento de Pesca e Aquicultura - UFRPE

OLIVEIRA, T. H. L, Ingestão de microplástico por espécie de peixe de zona de arrebenção do litoral do estado de Pernambuco.

Dedicatória

Dedico esta dissertação a Gilvania Glaucia, minha “mãe”, por todo apoio em todas as minhas escolhas.

OLIVEIRA, T. H. L, Ingestão de microplástico por espécie de peixe de zona de arrebentação do litoral do estado de Pernambuco.

Agradecimentos

A realização desta dissertação não teria sido possível sem o apoio e a colaboração de muitas pessoas, a quem expresso minha mais profunda gratidão.

Primeiramente, agradeço ao meu orientador, Professor, Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira por sua orientação, paciência e valiosas contribuições ao longo deste processo. Seu conhecimento e dedicação foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também aos membros do laboratório BIOIMPACT. Pela disponibilidade e ensinamentos, e a todos os docentes do programa de pós-graduação em recursos pesqueiros e aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelas aulas inspiradoras e pelo apoio acadêmico durante o curso de mestrado.

Sou imensamente grato aos meus colegas de curso e amigos, em especial, Tiago Gomes, Dayane Rodrigues, Luana Torres, Jéfferson Feitoza, Heitor Silva. Pelo companheirismo, pelas discussões enriquecedoras e pelo suporte emocional nos momentos mais desafiadores.

Agradeço à minha família pelo amor incondicional e pelo suporte contínuo. Em particular, agradeço aos meus pais, Gilvania Lima, Antônio Carlos e meus irmãos, Thiago Antônio e Thuane Maria, por acreditarem em mim e me incentivarem a seguir meus sonhos.

Por fim, expresso minha gratidão a todas as instituições e indivíduos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação. Agradeço também a agência de fomento CAPES, pelo apoio financeiro e pela confiança em meu trabalho.

A todos, meu sincero agradecimento.

OLIVEIRA, T. H. L, Ingestão de microplástico por espécie de peixe de zona de arrebentação do litoral do estado de Pernambuco.

Resumo

A crescente produção de plásticos nas últimas décadas tem ameaçado seriamente a vida marinha, com a produção global alcançando 390 milhões de toneladas em 2021. Estimativas indicam que esse número continuará a aumentar nas próximas décadas. A preocupação com a produção de plásticos está relacionada ao seu baixo custo de produção, longo tempo de degradação e grande abundância nos ecossistemas aquáticos. Microplásticos (>5 mm), originados de macrolásticos e da matéria-prima utilizada na produção de plásticos, são responsáveis por inúmeros efeitos nocivos aos organismos aquáticos, impactando toda a cadeia trófica em diversos ecossistemas marinhos, incluindo manguezais e zonas de arrebentação. As zonas de arrebentação possuem grande relevância ecológica, funcionando como refúgios contra predadores, áreas de berçário e corredores de migração para diversas espécies. Diante dessa realidade, o presente estudo teve como objetivo avaliar a contaminação por microplásticos em *Polydactylus virginicus* ao longo do ciclo sazonal. Para a análise, as amostras foram submetidas à digestão com NaOH (1 mol), e após esse processo, os microplásticos foram identificados e classificados por tipo e cor. Observou-se a frequência de ocorrência (%) de ingestão de microplásticos em indivíduos de três localidades diferentes. O Resort apresentou a maior frequência de ocorrência de ingestão de microplásticos, seguido pela localidade Meio e, por último, Aleixo. A maior abundância de microplásticos foi registrada no período chuvoso. Entre as cores observadas, a cor azul predominou, seguida de preto, rosa, roxo e vermelho. O tipo mais frequente encontrado foi fibra, seguido de filme, fragmento e pelete. Este estudo enfatiza a importância de implementar medidas de mitigação para reduzir a contaminação por microplásticos e proteger os ecossistemas marinhos, especialmente as zonas de arrebentação, que desempenham um papel crucial na sobrevivência e desenvolvimento de inúmeras espécies. Além disso, sugere a necessidade de políticas públicas eficazes e esforços de conscientização para minimizar a produção e o descarte inadequado de plásticos, assegurando a conservação desses ambientes críticos e a sustentabilidade da vida marinha.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos antrópicos; Ecologia Marinha; Zona de arrebentação, Microplásticos.

OLIVEIRA, T. H. L, Ingestão de microplástico por espécie de peixe de zona de arrebentação do litoral do estado de Pernambuco.

Abstract

The increasing production of plastics in recent decades has seriously threatened marine life, with global production reaching 390 million tons in 2021. Estimates indicate that this number will continue to rise in the coming decades. Concerns about plastic production are related to its low production cost, long degradation time, and high abundance in aquatic ecosystems. Microplastics (>5 mm), originating from macroplastics and the raw materials used in plastic production, are responsible for numerous harmful effects on aquatic organisms, impacting the entire trophic chain in various marine ecosystems, including mangroves and surf zones. Surf zones have great ecological relevance, functioning as refuges from predators, nursery areas, and migration corridors for various species. Given this reality, the present study aimed to evaluate microplastic contamination in *Polydactylus virginicus* over the seasonal cycle. For the analysis, samples were subjected to digestion with NaOH (1 mol), and after this process, microplastics were identified and classified by type and color. The frequency of occurrence (%) of microplastic ingestion in individuals from three different locations was observed. The Resort location had the highest frequency of microplastic ingestion, followed by the Meio location, and lastly, Aleixo. The highest abundance of microplastics was recorded during the rainy season. Among the observed colors, blue was predominant, followed by black, pink, purple, and red. The most frequently found type was fiber, followed by film, fragment, and pellet. This study emphasizes the importance of implementing mitigation measures to reduce microplastic contamination and protect marine ecosystems, especially surf zones, which play a crucial role in the survival and development of numerous species. Additionally, it suggests the need for effective public policies and awareness efforts to minimize plastic production and improper disposal, ensuring the conservation of these critical environments and the sustainability of marine life.

Keywords: Anthropogenic impacts; Marine Ecology; Surf Zone; Microplasti

OLIVEIRA, T. H. L, Ingestão de microplástico por espécie de peixe de zona de arrebentação do litoral do estado de Pernambuco.

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Fatores ambientais registrados nos períodos seco e chuvoso de 2012 e 2013 na praia de Serrambi, em relação à média (\pm desvio padrão – DP).....	22
---	----

Lista de Figuras

Figura 1 – Praia de Serrambi, no município de Ipojuca, em Pernambuco. Os triângulos indicam os pontos de amostragem.....	18
Figura 2 – Frequência de ocorrência de ingestão de microplásticos dos indivíduos da espécie <i>P. virginicus</i> entre as localidades, aleixo, meio e resort.....	23
Figura 3 – Frequência de ocorrência de ingestão de microplásticos dos indivíduos da espécie <i>P. virginicus</i> entre as estações por localidade.....	24
Figura 4 – Matriz de correlação Pearson demonstrando as relações entre quantidade de microplástico (MPs), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), comprimento focal (CF), peso total (PS), comprimento da boca (CB), peso do estômago (PES) e abertura da boca (AB).....	25
Figura 5 – Frequência de ocorrência de diferentes tipos de microplásticos nas três localidades: Aleixo, Meio e Resort.....	26
Figura 6 – Frequência de ocorrência dos tipos de microplásticos entre as estações (chuvosa e seca) nas três localidades (Aleixo, Meio, Resort).....	27
Figura 7 – Frequência de ocorrência das cores de microplásticos entre as três localidades (Aleixo, Meio, Resort).....	28
Figura 8 – Frequência de ocorrência das cores de microplásticos por estação entre diferentes localidades (Aleixo, Meio, Resort).....	29
Figura 9 – Distribuição percentual dos tamanhos do microplásticos das amostras totais de peixes.....	30
Figura 10 – Distribuição percentual dos tamanhos do microplásticos das amostras totais de peixes.....	31
Figura 11 – Distribuição do tamanho dos microplásticos observados em cada localidade.....	32
Figura 12 – Distribuição do tamanho dos microplásticos observados nas estações para cada localidade.....	33
Figura 13 - Formas de microplásticos encontrados nos tratos gastrointestinais de <i>P. virginicus</i> : (A, e C) Fibras na cor Azul, (B) dois pellet, (D e E) Fragmentos azul, (F) Fragmento rosa.....	34

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Geral.....	12
2.2 Específicos.....	12
CAPÍTULO I.....	13
Resumo.....	13
Introdução.....	14
Materiais e métodos.....	16
Área de estudo e amostragem.....	16
Procedimentos laboratoriais.....	19
Controle de contaminação.....	19
Extração de microplástico.....	20
Análise de dados.....	21
Resultados.....	21
Caracterização ambiental.....	21
Discussão.....	35
Conclusão.....	38
Referências.....	39

1 INTRODUÇÃO

A poluição por plástico e seus impactos em ambientes marinhos têm sido estudados com frequência ao longo dos anos, principalmente após o aperfeiçoamento das técnicas de polimerização e a criação de novos tipos de plástico no início do século XX, como o poliestireno e o policloreto de vinila. Esses avanços resultaram em um aumento exponencial na produção de plásticos em todo o mundo (Gonçalves, 2016). Segundo a Plastic Europe (2018), a produção mundial de plástico cresceu drasticamente de 1,7 milhões de toneladas em 1950 para 350 milhões de toneladas em 2017, acompanhada pelo aumento dos resíduos plásticos no ambiente marinho. Barnes et al. (2009) estimaram que 10% do plástico produzido mundialmente acaba poluindo o ambiente marinho, representando cerca de 60% a 80% de todo o lixo marinho (Moore, 2008; Barnes et al., 2009; Gonçalves, 2016).

Apesar de o plástico fazer parte da rotina humana e de sua grande versatilidade e utilidade, estando presente em roupas, embalagens de comida, peças de máquinas e ferramentas (Plastic Europe, 2018), o descarte indevido desse material pode acarretar vários problemas devido à sua resistência à degradação, sendo reconhecido mundialmente como um problema ambiental (Gregory, 2009). Entre os impactos causados aos ambientes marinhos pelos resíduos plásticos estão: a contaminação das águas com aditivos químicos tóxicos (Ascer, 2015); o emaranhamento dos animais, que pode causar morte por asfixia ou inanição; o auxílio na invasão de espécies exóticas (Goldstein et al., 2012); e a ingestão de resíduos plásticos por organismos aquáticos, que reduz a qualidade de vida e o potencial reprodutivo dos animais, podendo levar à subnutrição e morte (Gregory, 2009), afetando tanto organismos marinhos vertebrados quanto invertebrados (Gonçalves, 2016).

Os microplásticos podem chegar ao ambiente marinho de diversas formas e origens, seja de resíduos plásticos maiores que se fragmentam com a ação das ondas, ventos e raios ultravioleta (Andrady, 2011), seja como partículas fabricadas em pequenas dimensões, que podem ser esféricas, irregulares e até em pó, denominadas pellets plásticos. Esses pellets podem chegar ao ambiente antes do consumo, pelo

descarte indevido no processo de fabricação e erros no transporte, ou após o consumo, no uso dos pellets em produtos com propriedades abrasivas como esfoliantes, pastas de dente, sabonetes, entre outros (Fendall e Sewell, 2009).

Com isso, torna-se inevitável a contaminação de organismos aquáticos através da ingestão, inalação e até absorção dérmica de microplásticos, trazendo alterações degenerativas nos tecidos de diversos animais e se tornando uma potencial rota de absorção de contaminantes químicos (Koelmans et al., 2016). A ingestão de microplásticos ocorre desde consumidores primários, como larvas de peixes, moluscos bivalves e outros organismos filtradores que se alimentam de fitoplâncton, até predadores de topo de cadeia pelo consumo de presas contaminadas e exposição direta a essas partículas.

A zona de arrebentação é a região compreendida entre a linha de praia e o limite externo de quebra das ondas (Carter, 1988; Brown e McLachlan, 1990). Constitui-se em uma área de transição ecológica entre os ecossistemas terrestres e marinhos, que possibilita trocas de material biológico e de nutrientes (Monteiro-Neto et al., 2008). As zonas de arrebentação apresentam conectividade entre ecossistemas de recifes e são comprovadamente importantes para o ciclo de vida de muitas espécies de peixes marinhos e estuarinos, servindo como refúgio contra predadores e atuando como berçário para esses organismos, devido à alta energia desses ambientes (Santana, 2013).

A espécie *Polydactylus virginicus*, pertencente à família Polynemidae, é a mais comum da família no Atlântico ocidental. Possui corpo alongado, escamas pequenas, focinho arredondado e proeminente em relação à boca, que é inferior, com os raios das nadadeiras peitorais livres, filamentosos e longos. Seu hábito alimentar, ainda quando juvenil, é carnívoro com tendência à carcinofagia, apresentando um hábito generalista devido à dieta diversificada. Pode atingir um tamanho máximo de 32,0 cm de comprimento, ocorrendo desde Nova Jérsei, EUA, até Necochea, Argentina (Menezes, Figueiredo, 1985; Motomura, 2004).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar e quantificar a presença de microplásticos no trato gastrointestinal das espécies de peixes *Polydactylus virginicus* encontradas na praia de Serrambi, no litoral sul do estado de Pernambuco.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar e quantificar a presença de microplásticos no trato gastrointestinal da espécie de peixe *Polydactylus virginicus* encontrada na praia de Serrambi, localizada no litoral sul do estado de Pernambuco.

2.2 Específicos

- Identificar a quantidade de microplásticos presentes no trato gastrointestinal da espécie *Polydactylus virginicus*.
- Comparar a concentração de microplásticos encontrados na praia de Serrambi em diferentes épocas do ano.
- Analisar a relação entre o tamanho da abertura da boca dos indivíduos e o tamanho dos microplásticos consumidos.

CAPÍTULO I

Este artigo será apresentado à revista Marine Pollution Bulletin

"INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS POR ESPÉCIE DE PEIXE NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO DO LITORAL DO ESTADO DE PERNAMBUCO"

Resumo

Este estudo investiga a contaminação por microplásticos em *Polydactylus virginicus*, uma espécie comum em regiões costeiras tropicais, com o objetivo de avaliar a influência de variações sazonais em uma zona de arrebentação no litoral de Pernambuco. Amostras foram coletadas entre 2012 e 2013, totalizando 100 indivíduos examinados quanto à presença de microplásticos. A análise revelou 124 itens de microplásticos. Para o procedimento, as amostras foram submetidas à digestão com NaOH (1 mol) e, após esse processo, os microplásticos foram identificados e classificados por tipo e cor. Observou-se a frequência de ocorrência (%) de ingestão de microplásticos em indivíduos de três localidades diferentes. A localidade Resort apresentou a maior frequência de ocorrência de ingestão de microplásticos, seguida pela localidade Meio e, por último, Aleixo. A maior abundância de microplásticos foi registrada no período chuvoso. Entre as cores observadas, a predominante foi azul, seguida por preto, rosa, roxo e vermelho. O tipo mais frequente encontrado foi fibra, seguido de filme, fragmento e pelete. Este estudo contribui para a compreensão da contaminação por microplásticos em ambientes de zona de arrebentação e suas implicações para espécies de peixes.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos antrópicos; Ecologia Marinha; Zona de arrebentação, Microplásticos.

Introdução

Os detritos plásticos representam vários riscos para a vida marinha (Galloway et al., 2017). A ingestão pode ser perigosa, causando lesões digestivas, diminuindo a eficiência predatória ou induzindo efeitos tóxicos (Barboza et al., 2018; de Sá et al., 2015; Moore, 2008; Teuten et al., 2007). Os microplásticos podem adsorver poluentes presentes na coluna de água, como poluentes orgânicos persistentes (POPs) (Frias et al., 2010; Oehlmann et al., 2009; Rochman et al., 2013) os quais podem ser posteriormente bioacumulados e biomagnificados na cadeia alimentar (Batel et al., 2016; Teuten et al., 2009). Além disso, os microplásticos podem ser transferidos na cadeia trófica antes de serem consumidos pela presa contaminada (Chagnon et al., 2018; Ferreira et al. 2019). A transferência trófica já foi identificada como um mecanismo relevante de contaminação para espécies estuarinas (Athey et al., 2020).

A exposição a partículas de microplásticos em peixes pode resultar em impactos comportamentais, físicos, de crescimento, genéticos e reprodutivos (Chae e An, 2017; Xiong et al., 2018). Estes microplásticos podem aderir à pele dos peixes, translocar-se para tecidos como guelras, músculos e fígado, e penetrar no sistema circulatório ou linfático, causando distúrbios nutricionais e de crescimento, além de afetar a alimentação, a atividade predatória, o forrageamento e a natação (Subaramaniam et al., 2023).

A utilização e dependência de materiais plásticos pela humanidade resultaram em um aumento significativo de sua produção, tornando-se um dos principais problemas ambientais contemporâneos. A Organização das Nações Unidas (ONU) destacou a contaminação dos ecossistemas aquáticos por plásticos, juntamente com as mudanças climáticas, como um dos desafios ambientais mais críticos do século XXI (PNUMA, 2014). As projeções de Geyer (2020) indicam que a produção de plásticos poderá atingir 1,1 bilhão de toneladas até 2050, considerando que a produção global de plásticos já ultrapassou 390 milhões de toneladas em 2021 (Plastic Europe, 2022). Anualmente, enormes quantidades de poluição plástica são despejadas nos oceanos, exacerbando a crise ambiental (Focardi et al., 2022).

Entre os diversos ecossistemas aquáticos, os ambientes costeiros, como estuários, praias arenosas e manguezais, destacam-se por sua alta vulnerabilidade à poluição devido à proximidade com fontes potenciais de contaminação (Rummel et al., 2016; Mizraji et al., 2017; Amorim et al., 2020). As praias arenosas, em particular, funcionam tanto como fontes quanto como reservatórios de resíduos plásticos, o que as torna ecossistemas cruciais para a investigação ecológica sobre a ingestão de microplásticos por organismos marinhos e costeiros (Costa et al., 2023b; 2022). Esses ambientes abrigam uma diversidade de espécies marinhas, terrestres e semi terrestres, conforme evidenciado por estudos que examinam a ingestão de plástico em habitats naturais (Costa et al., 2023a).

Os microplásticos, definidos como partículas de plástico com menos de 5 mm, são amplamente difundidos e representam um risco significativo de ingestão acidental por diversos organismos (Andrady, 2011). Diversos fatores contribuem para a ingestão desses microplásticos por organismos marinhos, incluindo tamanho, densidade, abundância e cor, os quais aumentam sua biodisponibilidade em comparação com outros resíduos antropogênicos (Ugwu et al., 2021).

Com relação à sua origem, os microplásticos podem ser classificados como primários ou secundários (Karkanorachaki et al., 2018). Os microplásticos primários são inicialmente fabricados em formas ou tamanhos específicos para aplicações específicas, como abrasivos em produtos domésticos, cosméticos, jateamento industrial e agentes de limpeza (Thompson, 2015). Em contrapartida, os microplásticos secundários resultam involuntariamente da fragmentação e degradação de plásticos macroscópicos devido a processos de intemperismo biótico e abiótico (Huang et al., 2022; Compa et al., 2018).

A persistência e acumulação de microplásticos no ecossistema resultam de sua durabilidade, que está relacionada com suas origens (Barnes et al., 2009; Galgani et al., 1996). Uma vez introduzidos no ambiente marinho, há uma crescente preocupação com sua acumulação e destino devido à dificuldade de remoção do ambiente (Lusher et al., 2014).

A ingestão de microplásticos pode comprometer a imunidade, a sobrevivência, o metabolismo e outras respostas relacionadas à toxicidade, como o estresse oxidativo

(Subaramaniyam et al., 2023). Além disso, substâncias potencialmente nocivas liberadas pelos microplásticos podem contribuir para sua toxicidade (Koelmans et al., 2016; Xiong et al., 2018). A taxa de contaminação pode ser intensificada pela transferência de microplásticos da presa para o predador (Justino et al., 2023a; Lusher et al., 2018; Rochman et al., 2015).

A espécie *Polydactylus virginicus* é de tamanho médio e possui corpo comprimido. A altura corporal na origem da nadadeira dorsal está contida entre 3,0 a 3,9 vezes no comprimento padrão, enquanto o comprimento da cabeça está contido entre 2,8 a 3,6 vezes no mesmo parâmetro. A margem posterior do pré-opérculo apresenta menos de 65 serrilhas. Os rastros branquiais na quinta arcada branquial estão organizados em 8 conjuntos. A segunda nadadeira dorsal possui 1 espinho e entre 11 a 12 raios moles, e a nadadeira anal apresenta 3 espinhos e de 11 a 14 raios moles, com sua base contida entre 4,7 a 6,2 vezes no comprimento padrão. As nadadeiras peitorais têm de 14 a 16 raios moles, e há 7 filamentos ventrais, sendo o sétimo geralmente o mais longo. A linha lateral contém entre 54 a 63 escamas, com 6 a 8 escamas acima e 4 a 10 escamas abaixo da linha lateral. A cabeça e o corpo são oliva ou azul-acizentados dorsalmente, tornando-se mais claros (amarelados) ou esbranquiçados ventralmente. As nadadeiras dorsais, anal e peitoral são pálidas ou amareladas, com pontuações escuras, e a primeira nadadeira dorsal é enegrecida (Carpenter, 2002c).

Considerando a ocorrência frequente de *P. virginicus* nas regiões tropicais, particularmente como espécie residente em zonas de arrebentação (Santana et al., 2009), e reconhecendo a importância ecológica das zonas de arrebentação para diversas espécies (Santana, 2013; Amorim et al., 2020), este estudo teve como objetivo explorar a contaminação por microplásticos em *P. virginicus*. A investigação foi realizada em uma praia do litoral sul de Pernambuco, Brasil, com foco na avaliação da influência da sazonalidade.

Materiais e métodos

Área de estudo e amostragem

A área de estudo está localizada no litoral sul de Pernambuco, Brasil, a cerca de 70 km de Recife, abrangendo aproximadamente 4 km de extensão (Figura 1). A praia de

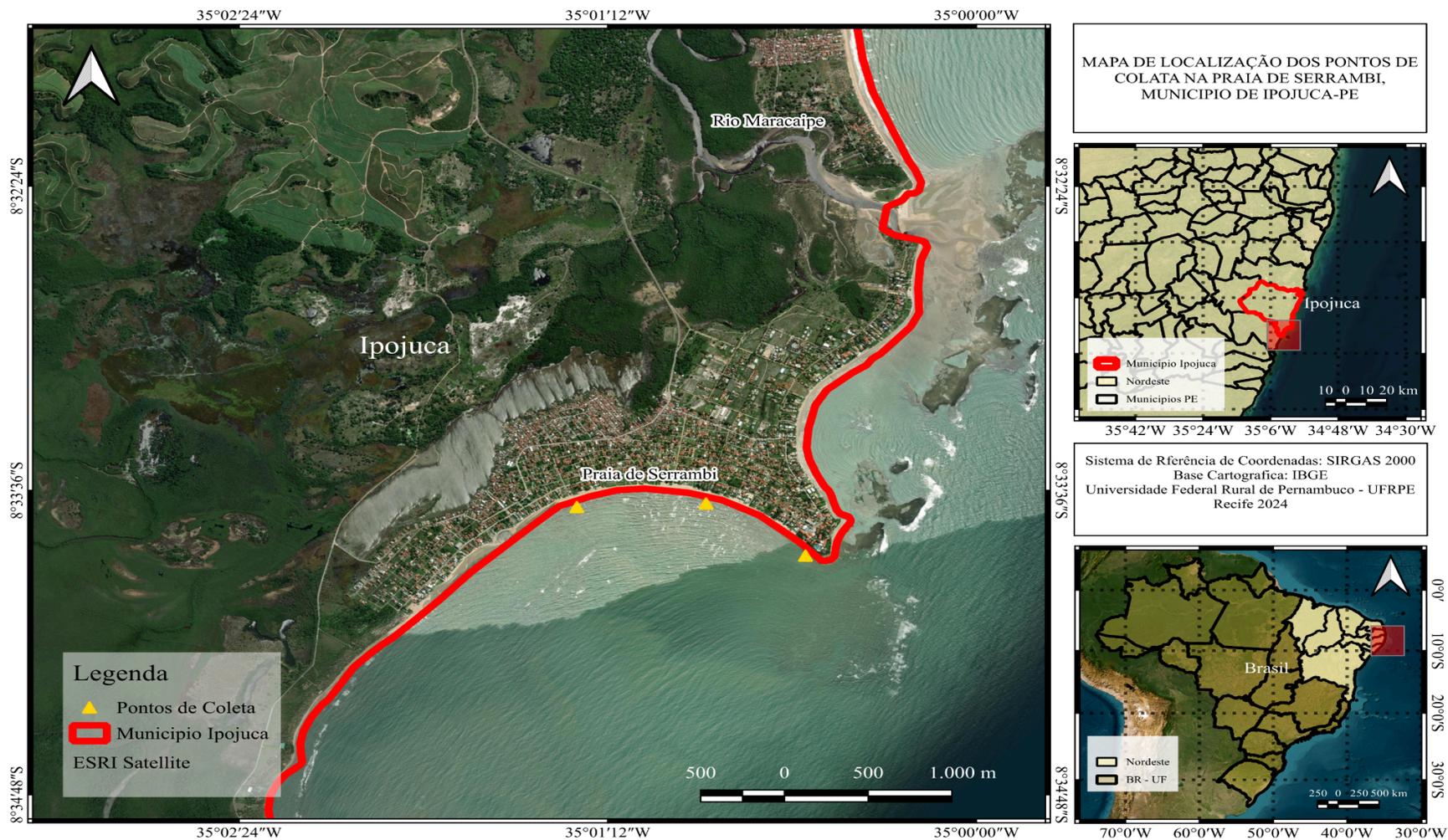
Serrambi é caracterizada por recifes de arenito que se estendem por grande parte de sua área (Jales et al., 2012). A maioria dos habitantes locais depende da pesca artesanal e de subsistência para obter rendimentos e alimentos, totalizando 4.300 residentes. Durante os períodos de alta temporada, essa população duplica, aumentando consideravelmente a produção de resíduos sólidos e entulhos (Jales et al., 2012).

Segundo Jales e colaboradores (2012) a classificação de Köppen, o clima do litoral pernambucano é classificado como tipo 'As', que é designado como tropical quente e úmido (Andrade e Lins, 1965). Este clima é marcado por dois períodos distintos de chuvas: uma estação seca, de setembro a fevereiro (primavera-verão), e uma estação chuvosa, entre março e agosto (outono-inverno).

As amostras foram coletadas na zona de arrebentação da Praia de Serrambi (Ipojuca) durante o período seco (setembro a fevereiro) e o período chuvoso (março a agosto) em três locais diferentes, que foram determinados de acordo com diferentes características físicas, totalizando duas redes de arrasto em cada ponto. As repetições foram realizadas mensalmente durante um ano, abrangendo os anos de 2012 e 2013. As capturas foram realizadas com autorização do SISBIO (Autorização nº 34250-1 do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade).

A pesca de arrasto foi realizada paralelamente à linha de costa, dia e noite, durante as marés mortas e sizígias semidiurnas. Cada rede de arrasto cobriu uma área de 500 m² com profundidade inferior a 1,5 metros durante a maré baixa, seguindo a direção da corrente predominante. Os espécimes foram capturados com rede tipo “picaré”, medindo 20 m de comprimento e 2 m de altura e com malha de 5 mm entre nós.

Figura 1 – Praia de Serrambi, no município de Ipojuca, em Pernambuco. Os triângulos indicam os pontos de amostragem.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os dados de precipitação foram obtidos no site do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2014) para caracterização do ambiente. Além disso, durante a amostragem, foram medidas a temperatura da água, a salinidade e o oxigênio dissolvido por meio de um multiparâmetro (YSI-556). Para turbidez, uma amostra de água foi coletada em um recipiente de 500 mL para análise em laboratório por meio de turbidímetro de bancada. As variáveis foram consideradas elementos essenciais para determinar a influência desses parâmetros nos ecossistemas. Porém, alguns elementos também podem contribuir para esta caracterização, como a transparência da água, medida pelo disco de Secchi.

Após a pesca de arrasto, os peixes capturados foram imersos em solução de formaldeído a 10% e transportados ao laboratório, onde foram conservados em álcool etílico 70%.

Procedimentos laboratoriais

Os indivíduos de *Polydactylus virginicus* foram estudados quanto à contaminação por microplásticos. Esta espécie foi selecionada devido à sua abundância e importância ecológica na zona de arrebentação (Santana et al., 2009; Itagaki et al., 2007). Com base na sazonalidade da área de estudo e no número de indivíduos capturados pelas redes de arrasto, foram selecionados 100 peixes para a análise de contaminação por microplásticos. Os peixes foram medidos em relação ao comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), comprimento focal (cm), comprimento dos olhos (cm), comprimento da abertura da boca (cm), peso total, peso eviscerado e peso do estômago, sendo todos os pesos registrados com precisão de 0,0001 g.

Controle de contaminação

Protocolos específicos foram seguidos dentro do laboratório para evitar possível contaminação cruzada nas amostras e garantir a garantia e controle de qualidade (QA/QC) das análises. Durante todo o processo de manuseio das amostras, o ambiente de trabalho foi mantido livre de exposição externa ao laboratório, sendo utilizadas luvas de látex e jalecos 100% algodão. Todas as ferramentas utilizadas para o manuseio das amostras foram meticulosamente limpas com etanol 70% filtrado (filtro de fibra de vidro de 47 mm (GF/F 0,7 µm - Whatman), enxaguadas com água destilada filtrada e

secas em estufa por 24 horas a 60°C (Justino et al., 2021). As etapas de digestão e filtração da amostra foram realizadas em uma capela de fluxo laminar para evitar a entrada de partículas. Os procedimentos de branco foram realizados para cada dia de análise antes do início da digestão da amostra, com 50 ml de solução de NaOH (1 mol/L) e selados com tampa de vidro. Esses brancos foram submetidos ao mesmo protocolo utilizado para as amostras analisadas. Não foram identificadas partículas de microplásticos nos procedimentos em branco, indicando que não houve contaminação cruzada nas amostras estudadas.

Extração de microplástico

Seguimos o protocolo de Justino et al. (2021) para extrair as partículas de microplásticos. Este método utiliza um protocolo de digestão em que o trato digestivo do peixe é imerso em uma solução de NaOH (1 MOL) e mantido em estufa a 60°C por 24 horas. Assim, a matéria orgânica é digerida e os microplásticos são separados. Após a digestão, os peixes e as amostras em branco foram submetidos a um processo de filtração a vácuo utilizando filtro de fibra de vidro de 47 mm (GF/F 0,7 µm - Whatman). Os filtros foram então secos em estufa a 60°C por 24 horas. O protocolo de digestão separa efetivamente os materiais orgânicos e auxilia na identificação visual, mas por si só não consegue identificar polímeros (Justino et al., 2021). Portanto, nós também empregamos o método descrito por Ferreira et al. (2019), que envolve a secagem das amostras em forno para avaliar quaisquer alterações em suas características físicas e para confirmar a presença de detritos plásticos.

Para identificar visualmente os itens considerados microplásticos, todos os filtros foram minuciosamente examinados em placas de Petri coberta com auxílio de estereomicroscópio (Leica EZ4W) com aumento de 35x para identificação mais precisa. Os itens considerados microplásticos foram classificados quanto ao seu formato em fibras (formato filamentosos), fragmentos (formato irregular), pellets (formato esférico), filmes e espumas (conforme descrito por Justino et al., 2021). Registramos dados sobre cor, tamanho (em mm) e fotografias das partículas.

Análise de dados

Para verificar se os dados dos grupos seguem uma distribuição normal, foi aplicado o teste de *Shapiro-Wilk*, com a finalidade de avaliar a hipótese nula de que uma amostra foi extraída de uma população normalmente distribuída. Para cada grupo foi calculado o valor *W* e o valor-p associado. Como a hipótese nula foi rejeitada, pois o valor-p foi menor que 0,05, indicando que os dados não seguem uma distribuição normal, como alternativa foi aplicado o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*, usado para comparar três ou mais grupos independentes para determinar se há diferenças estatisticamente significativas entre as medianas dos grupos. A hipótese nula de que todas as medianas dos grupos são iguais foi testada contra a hipótese alternativa de que pelo menos um grupo tem uma mediana diferente. O teste gera um valor de *H* e um valor-p. A hipótese nula será rejeitada se o valor-p for menor que 0,05. Em seguida, após a identificação de diferenças significativas entre os grupos com o teste de *Kruskal-Wallis*, foi aplicado o teste de *Dunn* para realizar comparações múltiplas entre pares de grupos. O teste foi usado para cada par de grupos, calculando-se os valores de *Z* e os valores-p ajustados para múltiplas comparações. Ajustes como o método de Bonferroni foi usado para controlar a taxa de erro familiar.

Para verificar a correlação entre as variáveis foi aplicado a correlação de *Pearson*, que é considerado com um índice que mede a relação linear entre as variáveis. Esse método permitiu verificar a relação linear entre a presença de microplásticos com as demais variáveis, oferecendo uma visão inicial sobre possíveis interações entre as variáveis estudadas. Os valores de correlação variam de -1 e 1: i) 1 indica uma correlação positiva perfeita, ii) -1 indica uma correlação negativa perfeita e iii) 0 indica nenhuma correlação.

Resultados

Caracterização ambiental

As características ambientais da área mudaram ao longo das estações: na estação seca, a precipitação mínima foi de 9,3 mm e a máxima de 156,6 mm ($62,8 \pm 51,4$ mm; média \pm desvio padrão), e a transparência da água foi de 0,4 m e 1,3 m ($0,8 \pm 0,2$).

A salinidade variou ao longo do ano ($34,9 \pm 0,6$), confirmando as características marinhas deste habitat, e a temperatura da água variou entre $24,5 \text{ }^\circ\text{C}$ e $32,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ($28,2 \pm 1,6 \text{ }^\circ\text{C}$).

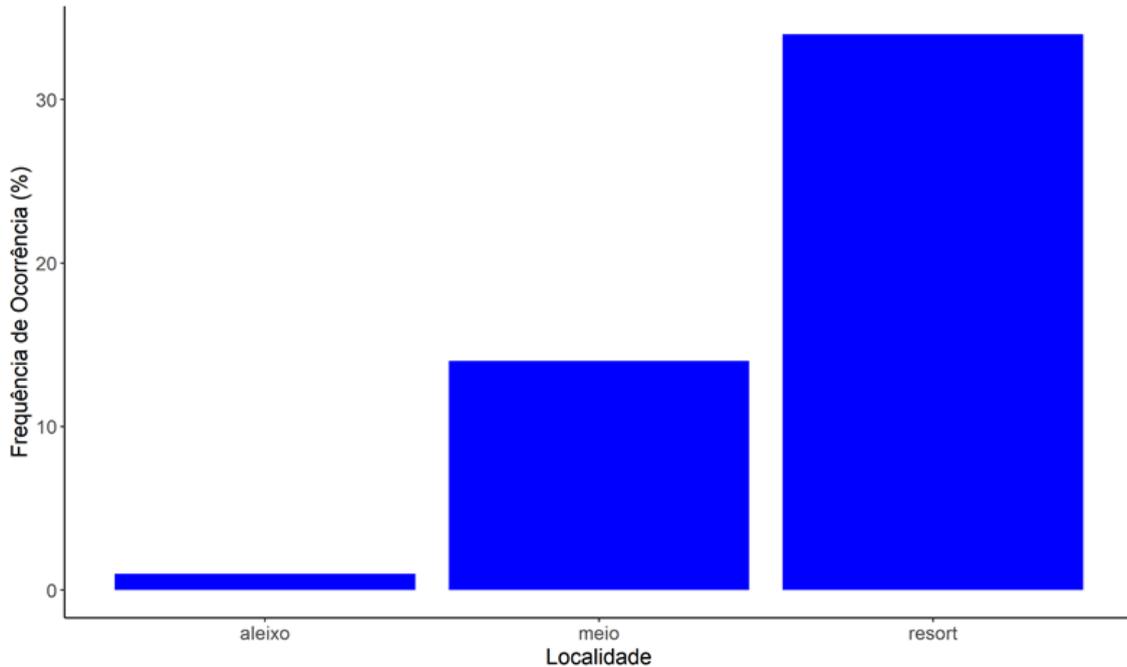
No período chuvoso foram registrados os maiores valores de precipitação ($187,6 \pm 113,4 \text{ mm}$), atingindo um acúmulo mensal de $402,9 \text{ mm}$, e o menor acúmulo mensal foi de $37,5 \text{ mm}$. Como resultado, o disco de Secchi variou de $0,3 \text{ m}$ a $1,4 \text{ m}$ ($0,7 \pm 0,3 \text{ m}$). A temperatura da água foi, em média, $28,1 \pm 1,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (mín. $24,5^\circ\text{C}$ e máx. $33,2^\circ\text{C}$). Os maiores volumes de chuvas levaram à diminuição da salinidade ($32,8 \pm 2,8$), com salinidade máxima mensal de $36,1^\circ\text{C}$ e mínima de $26,4^\circ\text{C}$.

O oxigênio dissolvido variou entre $8,8 \text{ mg/L} \pm 2,2$ no período seco e $7,9 \text{ mg/L} \pm 1$ no período chuvoso. Entre as estações, o parâmetro turbidez apresentou variação considerável entre as máximas, sendo que a estação seca teve máxima de $18,7$ ($7,4 \pm 3,9$) e a estação chuvosa $23,0$ ($9,3 \pm 4,9$).

Tabela 1 – Fatores ambientais registrados nos períodos seco e chuvoso de 2012 e 2013 na praia de Serrambi, em relação à média (\pm desvio padrão – DP).

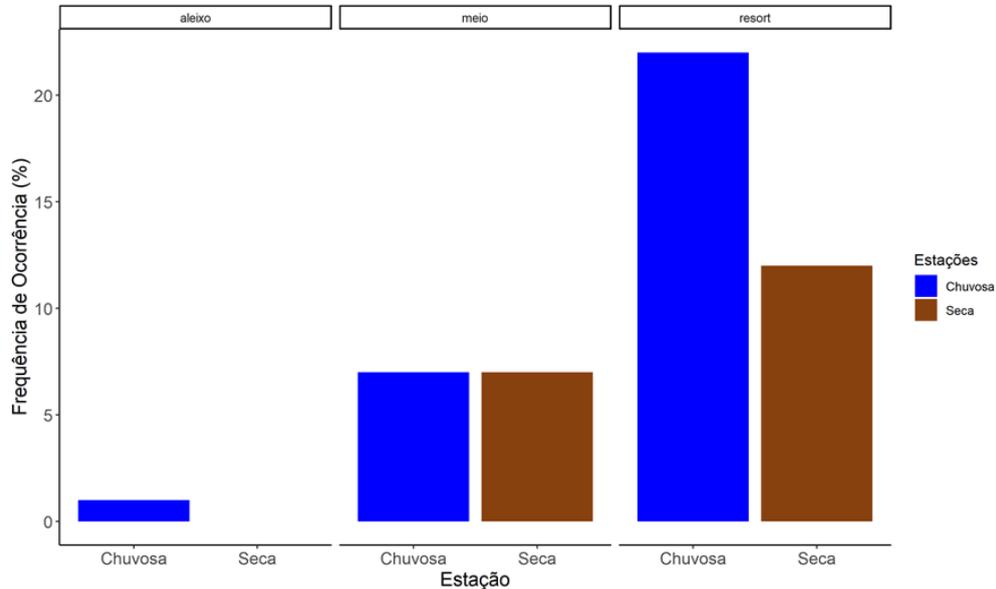
Fatores Ambientais	Estação Chuvosa			Estação Seca		
	Média \pm DP	Mínimo	Máximo	Média \pm DP	Mínimo	Máximo
Chuva (mm)	1876 ± 1134	375	4029	628 ± 514	9.3	1566
Temperatura ($^\circ\text{C}$)	28.11 ± 1.7	24.50	33.26	28.26 ± 1.64	24.58	32.35
Salinidade	32.83 ± 2.8	26.40	36.15	34.98 ± 0.6	32.12	35.83
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7.90 ± 1.0	6.17	10.97	8.85 ± 2.2	5.8	16.26
Turbidez	9.3 ± 4.9	2.7	23.0	7.4 ± 3.9	2.7	18.7

Figura 2 – Frequência de ocorrência de ingestão de microplásticos dos indivíduos da espécie *P. virginicus* entre as localidades, aleixo, meio e resort.



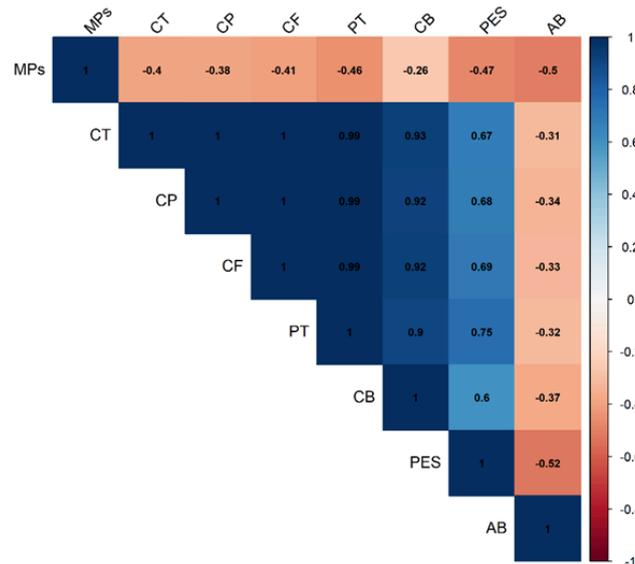
A Figura 2 representa a frequência de ocorrência (%) de ingestão de microplásticos por indivíduos nas três localidades diferentes. O Resort apresentou indivíduos com as maiores frequência de ocorrência de ingestão de microplástico, seguida da localidade Meio. Por meio do teste de *Kruskal-Wallis* foi visto que não há evidências suficientes para concluir que há uma diferença nas medianas entre os grupos (valor-p > 0,05), mesmo que o gráfico mostra diferentes frequências de ocorrência visualmente.

Figura 3 – Frequência de ocorrência de ingestão de microplásticos dos indivíduos da espécie *P. virginicus* entre as estações por localidade.



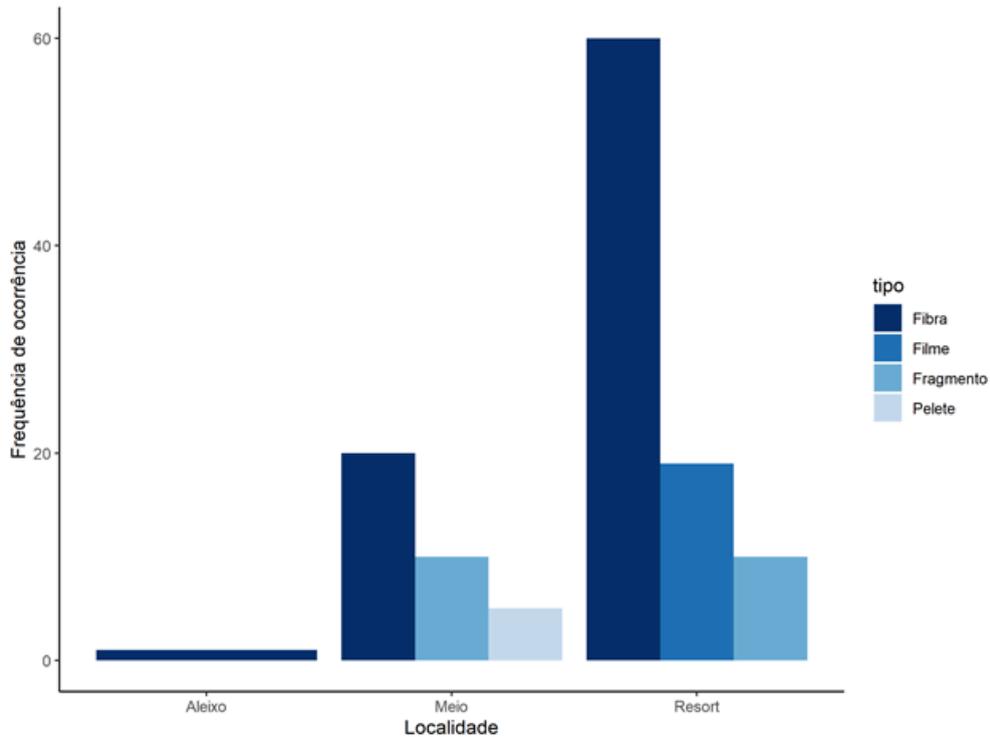
A Figura 3 ilustra a frequência de ocorrência de ingestão de microplásticos nos indivíduos da espécie *P. virginicus* entre as estações chuvosa e seca. Para a localidade de Aleixo a frequência é muito baixa na estação chuvosa e não há registro na estação seca, já em relação ao Meio a frequência é relativamente baixa e similar entre as estações chuvosa e seca. No Resort, a frequência é significativamente mais alta, especialmente na estação chuvosa, com uma queda notável na estação seca, mas ainda assim maior do que nas outras duas localidades. Aplicando o teste de *Kruskal-Wallis* foi visto que não há evidências suficientes para concluir que há diferenças significativas na ingestão de microplásticos entre as estações (valor-p > 0,05), que o gráfico mostra diferentes frequências de ocorrência visualmente.

Figura 4 – Matriz de correlação *Pearson* demonstrando as relações entre quantidade de microplástico (MPs), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), comprimento focal (CF), peso total (PS), comprimento da boca (CB), peso do estômago (PES) e abertura da boca (AB).



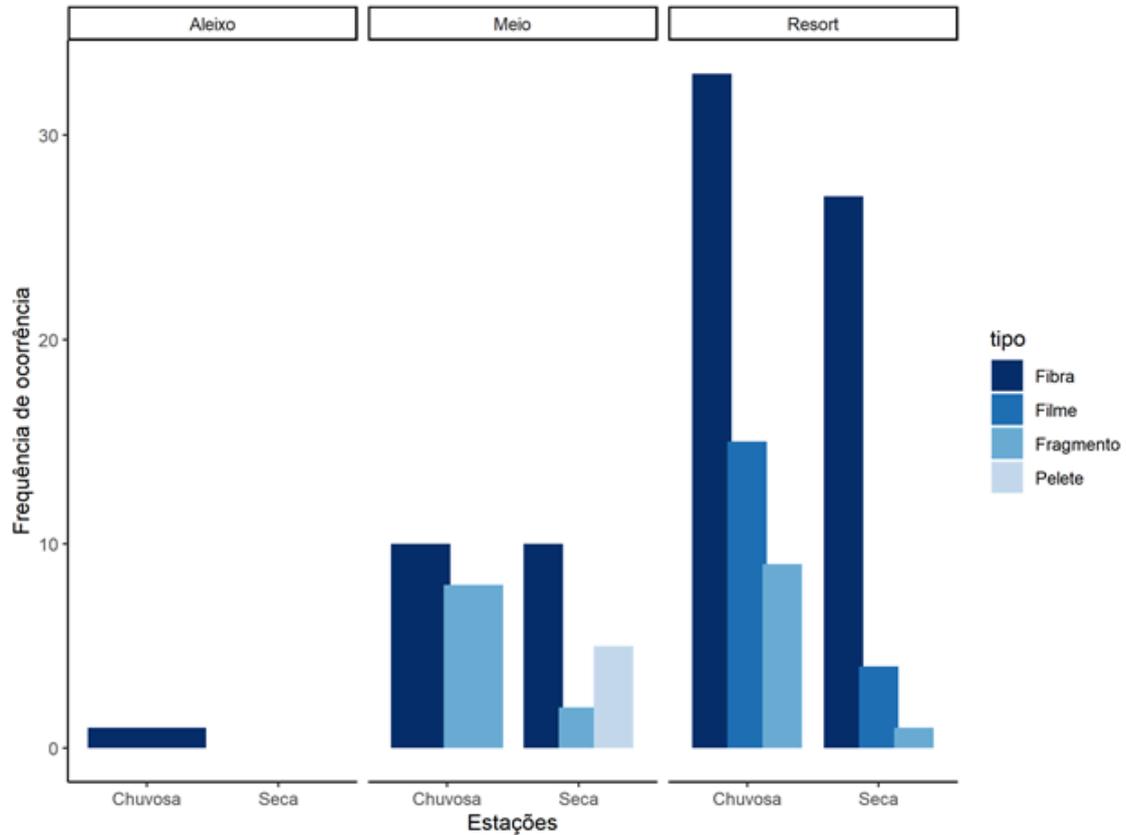
A matriz de correlação mostra as relações entre as variáveis, reveladas no Figura 4, assim é possível observar que a quantidade de microplásticos têm correlações negativas com todas as variáveis, o que sugere que, conforme o tamanho eo peso dos peixes aumentam, a quantidade de microplásticos encontrada neles tende a diminuir. A correlação mais forte é com a abertura da boca, seguida pelo peso do estômago e pelo peso total. Essas correlações negativas indicam uma relação inversamente moderada.

Figura 5 – Frequência de ocorrência de diferentes tipos de microplásticos nas três localidades: Aleixo, Meio e Resort.



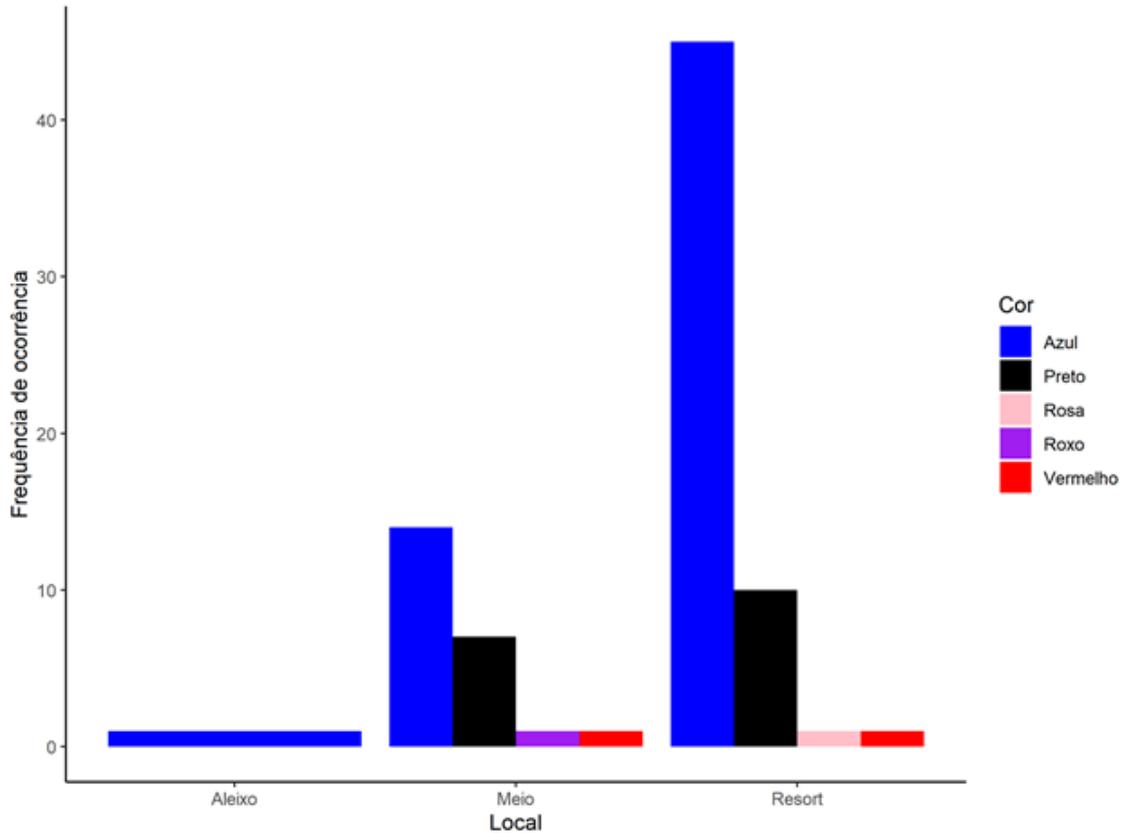
Em relação aos tipos de microplástico entre as localidades (Figura 5), em Aleixo houve apenas a presença da fibra. Em Meio tem uma distribuição mais equilibrada entre os tipos de microplásticos, com fibras sendo o tipo mais frequente, seguido por fragmento e peletes. O Resort destaca-se com a maior ocorrência de fibras, com uma frequência significativamente mais alta em comparação com as outras localidades. Filmes, fragmentos e peletes também estão presentes, mas em menor quantidade comparado às fibras. Por meio do teste foi visto que não há uma diferença estatisticamente significativa nas frequências de ocorrência dos tipos de microplásticos entre as localidades (valor-p > 0,05).

Figura 6 – Frequência de ocorrência dos tipos de microplásticos entre as estações (chuvosa e seca) nas três localidades (Aleixo, Meio, Resort).



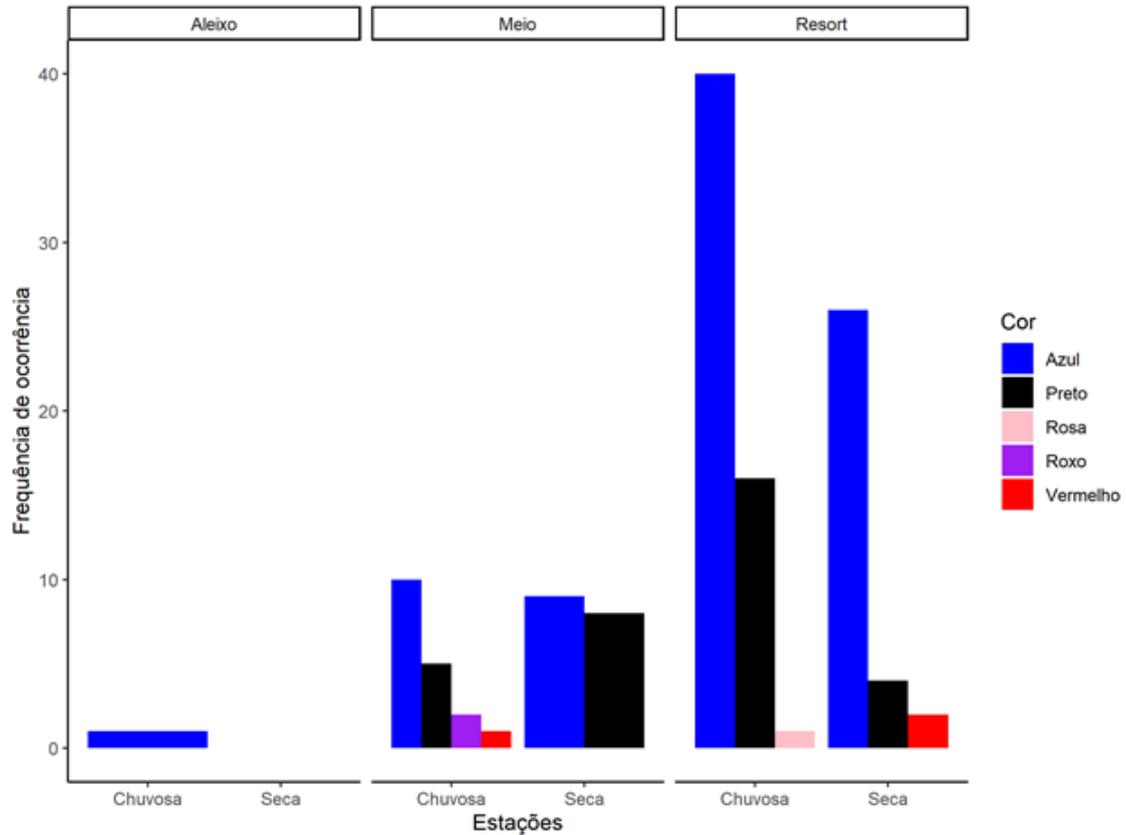
Em Aleixo não houve dados de microplásticos na estação seca. Em Meio houve uma distribuição equilibrada dos tipos de microplásticos em ambas as estações. Na chuvosa houve a presença de dois tipos, com maior frequência a fibra, seguida de fragmento, já na estação seca apresentou três tipos, com maior frequência a fibra, seguida do pelete, e fragmento. No Resort ambas as estações apresentaram três tipos, com maior frequência de ocorrência a fibra, seguida do filme e por último fragmento. O teste *Mann-Whitney* mostrou que não há diferença significativa na frequência de ocorrência dos tipos de microplásticos entre as estações (valor-p > 0,05).

Figura 7 – Frequência de ocorrência das cores de microplásticos entre as três localidades (Aleixo, Meio, Resort).



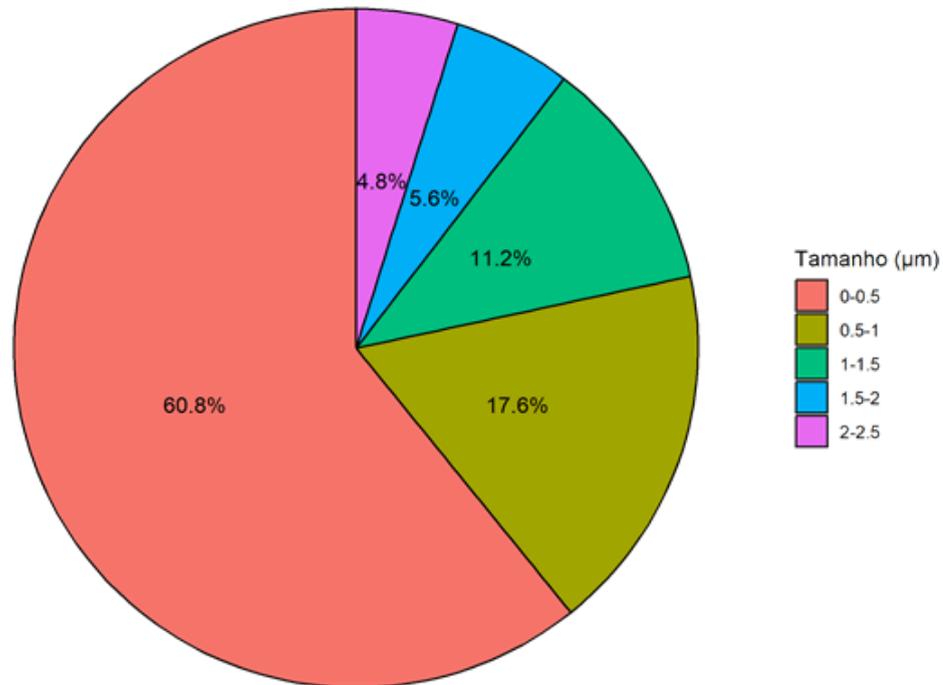
Em Aleixo apenas o microplástico azul foi encontrado, com uma frequência muito baixa (quase 0). Em Meio os microplásticos azuis são os mais frequentes, seguida do preto, apresentando uma pequena ocorrência de microplásticos roxos e rosas. No Resort, também a maior frequência foi do azul, seguida do preto, e por último o rosa e vermelho. É notável que a cor azul é a mais predominante nas três localidades, especialmente no Resort. Aplicando o teste de *Kruskal-Wallis* foi visto que não há uma diferença estatisticamente significativa nas frequências de ocorrência das cores de microplásticos entre as localidades (valor-p > 0,05).

Figura 8 – Frequência de ocorrência das cores de microplásticos por estação entre diferentes localidades (Aleixo, Meio, Resort).



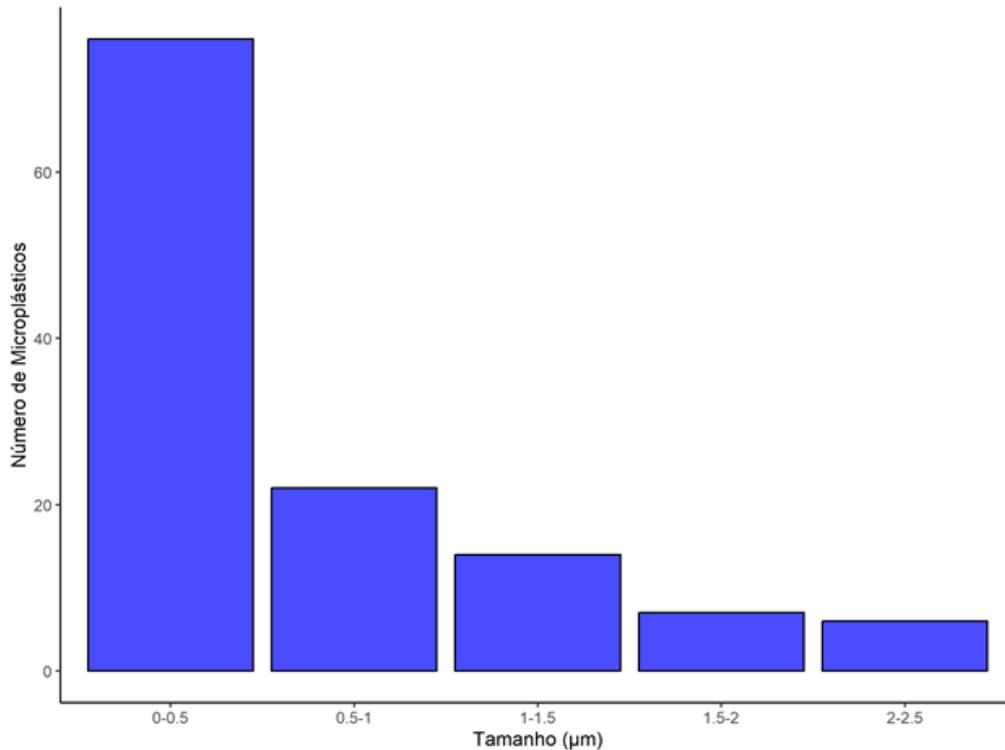
Na localidade de Aleixo observa-se apenas uma pequena frequência de microplástico da cor azul na estação chuvosa. Em Meio, a cor de maior frequência foi azul, seguida do preto, roxo e vermelho, já na estação seca ocorreu a presença apenas de duas cores, azul e preto. Para o Resort na estação chuvosa a maior frequência foi azul, seguida do preto e rosa, para a estação seca também houve a predominância do azul e preto, porém a cor vermelha se manteve presente ao invés da rosa. O teste mostrou que não há diferença significativa na frequência de ocorrência das cores de microplásticos entre as estações (valor-p > 0,05).

Figura 9 – Distribuição percentual dos tamanhos do microplásticos das amostras totais de peixes.



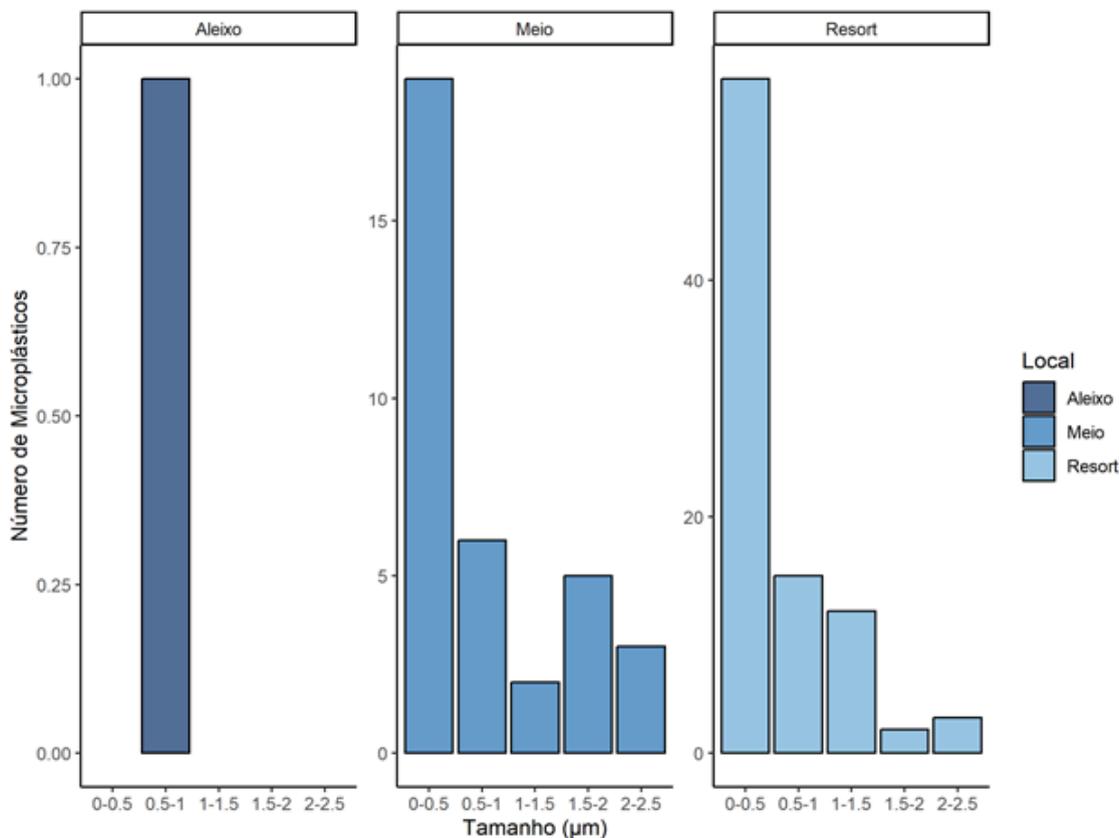
Em termos de tamanho de MPs (**Figura 9**), a maior fatia, representando 60.8% dos MPs, corresponde à faixa de 0-0.5 μm, indicando que a maioria dos microplásticos é extremamente pequena. A faixa seguinte, de 0.5-1 μm, contribui com 17.6%, seguida pelas faixas de 1-1.5 μm (11.2%), 1.5-2 μm (5.6%) e 2-2.5 μm (4.8%).

Figura 10 – Distribuição percentual dos tamanhos do microplásticos das amostras totais de peixes.



A figura 10 ilustra a distribuição dos tamanhos de MPs destacando a contagem absoluta em diferentes intervalos de tamanho. O tamanho na faixa de 0-0.5 μm demonstrou ser a mais abundante, com aproximadamente 67 microplásticos, A faixa de 0.5-1 μm segue com cerca de 23 microplásticos, enquanto as faixas de 1-1.5 μm, 1.5-2 μm e 2-2.5 μm apresentam quantidades menores, com aproximadamente 19, 8 e 7 microplásticos, respectivamente.

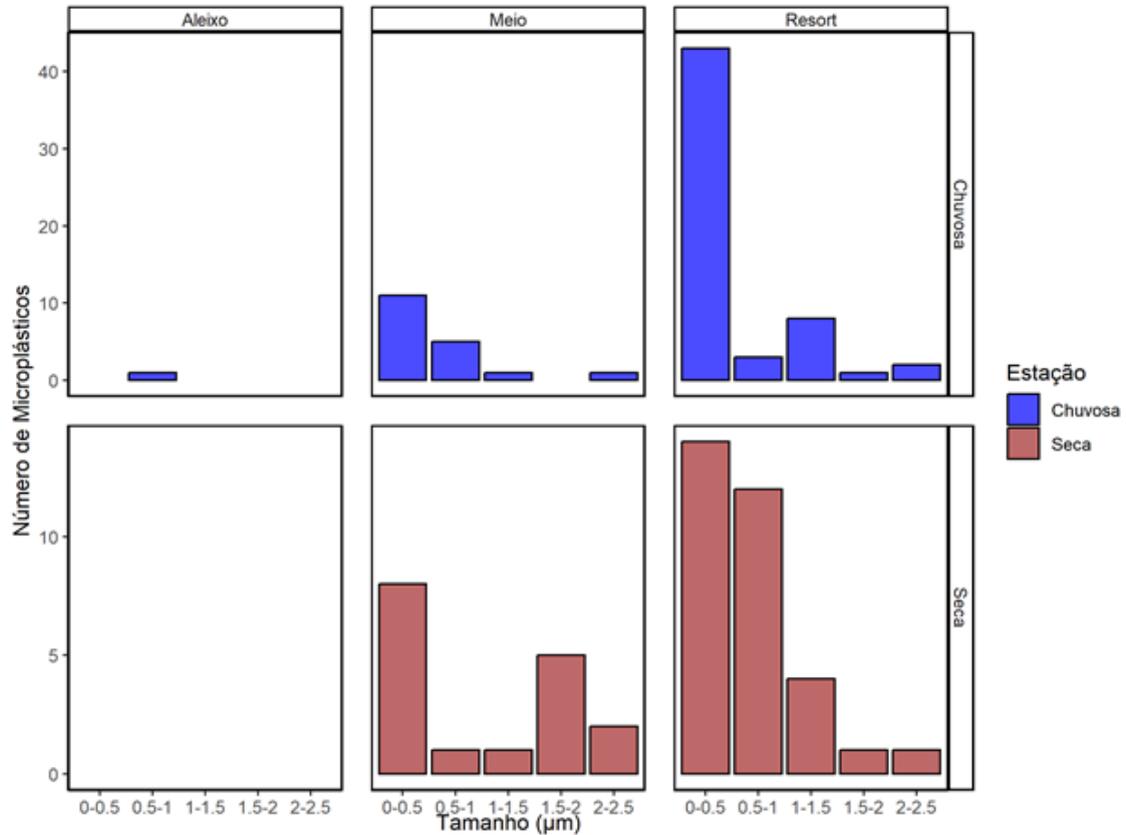
Figura 11 – Distribuição do tamanho dos microplásticos observados em cada localidade.



Em relação a distribuição dos tamanhos de MPs para cada localidade (**Figura 11**) foi observado que em Aleixo, a presença de microplásticos é restrita ao intervalo de 0.5-1 μm , com apenas uma ocorrência registrada. No local Meio observa-se uma predominância significativa de microplásticos na faixa de 0-0.5 μm , seguida do tamanho 0.5-1 μm e 1.5-2, e os menores foram 1-1.5 e 2-2.5. No Resort, o tamanho 0-0.5 μm também predominou, seguido por um número considerável na faixa de 0.5-1 μm e menores quantidades nas faixas de 1-1.5 μm , 1.5-2 μm , e 2-2.5 μm . Não houve diferença significativa no tamanho dos MPs entre as localidades.

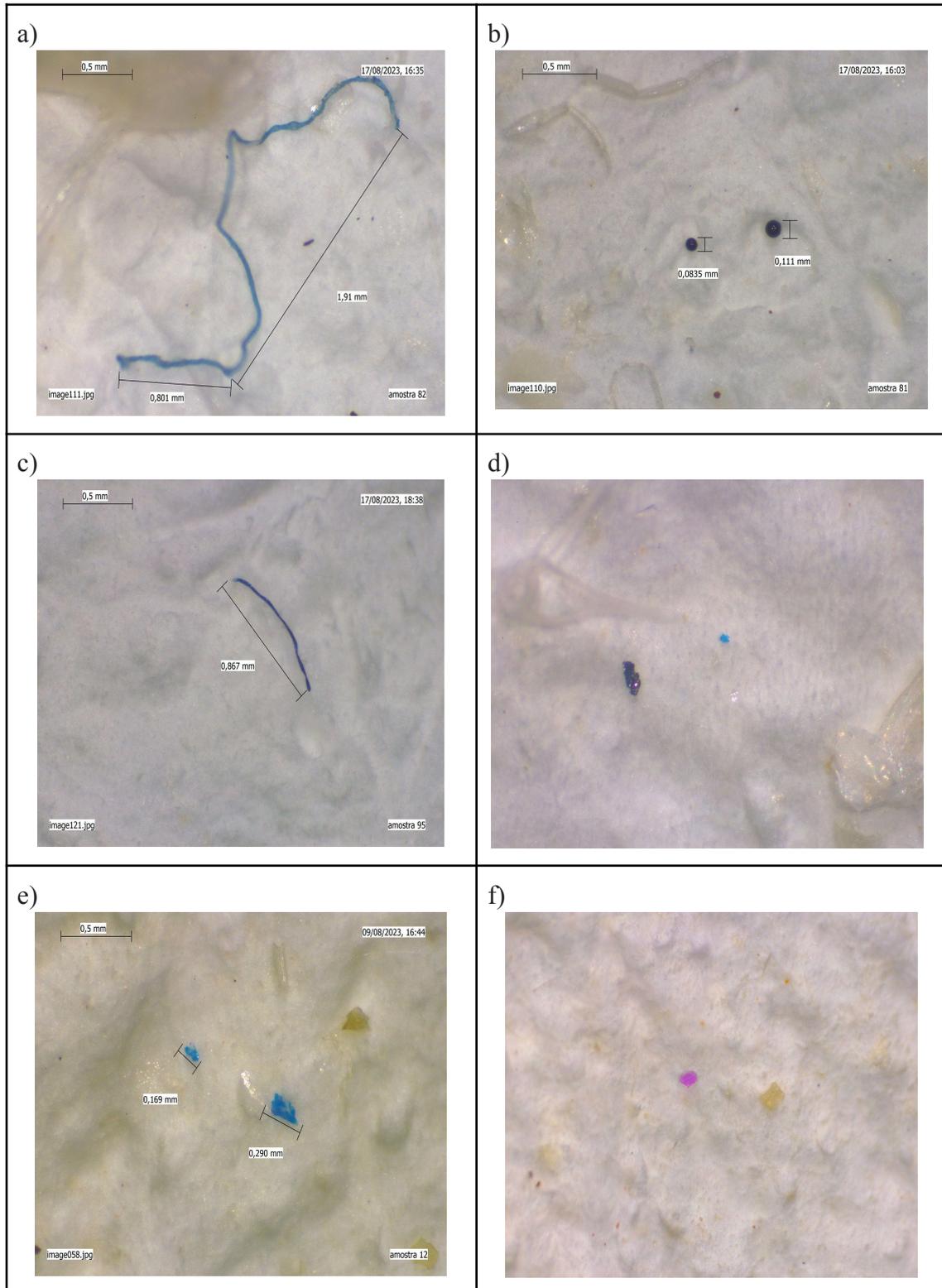
Comparando os tamanhos de microplásticos da localidade Meio, o teste demonstrou que há diferença significativa entre os tamanhos 0-0.5 com 1.5-2, e 0-0.5 com 2-2.5. Já para a localidade Resort o tamanho 0-0.5 apresentou diferença significativa para os demais tamanhos.

Figura 12 – Distribuição do tamanho dos microplásticos observados nas estações para cada localidade.



Em relação à distribuição do tamanho dos microplásticos (MPs) entre as estações (**Figura 12**) chuvosa e seca nas localidades, em Aleixo, os MPs foram encontrados apenas durante a estação chuvosa, predominando na faixa de tamanho de 0-0.5 µm. No local Meio, na estação chuvosa houve a predominância dos tamanhos 0-0.5 µm, seguida dos tamanhos 0.5-1 µm, além disso não houve ocorrência dos tamanhos 1.5-2 µm, já na estação seca os tamanhos 0-0.5 µm também predominou, seguida dos tamanhos 1.5-2 µm. No Resort, a estação chuvosa apresentou uma abundância especialmente na faixa de tamanhos de 0-0.5 µm, seguida dos tamanhos 1-1.5 µm. Na estação os tamanhos 0-0.5 µm predominaram, seguida dos 0.5-1 µm. Em relação aos tamanhos dos MPs não houve diferença significativa entre as estações da localidade Meio, porém para as estações do Resort houve diferença significativa.

Figura 13 - Formas de microplásticos encontrados nos tratos gastrointestinais de *P. virginicus*: (A, e C) Fibras na cor Azul, (B) dois pellet, (D e E) Fragmentos azul, (F) Fragmento rosa.



Discussão

A variabilidade dos parâmetros abióticos é um fator-chave na estruturação dos ecossistemas aquáticos, impactando a composição das comunidades de peixes, seus padrões de migração e reprodução, preferências alimentares e até mesmo a presença de contaminantes (Andrade-Tubino et al., 2020; Souza et al., 2018). No entanto, numerosos estudos apontam a falta de pesquisa sobre os impactos temporais da poluição por microplásticos em ambientes aquáticos (Kittipongvises et al., 2022; Thompson, 2015; Xia et al., 2021). Os resultados revelam que as flutuações nos parâmetros ambientais ao longo das estações influenciaram significativamente a contaminação por microplásticos.

Quer seja intencional ou acidental, a ingestão de plástico pelos peixes parece ser influenciada pelo comportamento alimentar da espécie (Xiong et al., 2019; McGregor e Strydom, 2020; Justino et al., 2021). Os peixes podem consumir inadvertidamente partículas de plástico durante a alimentação, um processo influenciado pela abundância e tamanho das partículas tanto nos sedimentos quanto na coluna de água (Cole et al., 2011; Possatto et al., 2011; Justino et al., 2023b). Estas partículas tornam-se acessíveis aos peixes durante a alimentação, aumentando a probabilidade de ingestão acidental (Cole et al., 2013; Besseling et al., 2015).

A sazonalidade desempenhou um papel decisivo, revelando diferenças significativas entre as estações na abundância de microplásticos ingeridos pela espécie *P. virginicus*. Notavelmente, a quantidade de microplásticos foi mais elevada durante a estação chuvosa, particularmente no início das chuvas, impactando negativamente o meio ambiente. Esta descoberta está alinhada com estudos anteriores que relataram um aumento na abundância de microplásticos durante esta estação (Ferreira et al., 2019; 2018). Os níveis de oxigênio estão diretamente ligados a fatores ambientais, como estações e ondas na região. Embora nosso estudo tenha identificado uma diferença significativa, a variabilidade observada não foi substancial.

A frequência de ocorrência (%) de ingestão de microplásticos por indivíduos da espécie *P. virginicus* nas localidades Aleixo, Meio e Resort. Observa-se que o Resort apresentou os indivíduos com as maiores frequências de ocorrência de ingestão de

microplásticos, seguido pela localidade Meio. No entanto, o teste de Kruskal-Wallis mostrou que não há evidências suficientes para concluir que há diferença nas medianas entre os grupos (valor-p > 0,05). Isso sugere que, embora visualmente haja uma variação nas frequências, estatisticamente elas não são significativas. Este resultado pode ser comparado com estudos como o de Choy et al. (2019), que também não encontraram diferenças significativas na ingestão de microplásticos entre diferentes locais de coleta.

A frequência de ocorrência de ingestão de microplásticos nos indivíduos da espécie *P. virginicus* entre as estações chuvosa e seca. Para a localidade Aleixo, a frequência é muito baixa na estação chuvosa e inexistente na estação seca. No Meio, a frequência é relativamente baixa e similar entre as estações, enquanto no Resort a frequência é significativamente mais alta na estação chuvosa, com uma queda notável na estação seca, embora ainda maior do que nas outras duas localidades. O teste de Kruskal-Wallis mostrou que não há diferenças significativas na ingestão de microplásticos entre as estações (valor-p > 0,05). Estudos como o de Lusher et al. (2015) também apontam para variações sazonais na presença de microplásticos, mas sem diferenças estatísticas significativas entre as estações.

A matriz de correlação revela correlações negativas entre a quantidade de microplásticos e todas as variáveis medidas (comprimento total, comprimento padrão, comprimento focal, peso total, comprimento da boca, peso do estômago e abertura da boca). Isso sugere que peixes maiores e mais pesados tendem a ingerir menos microplásticos. A correlação mais forte é com a abertura da boca, seguida pelo peso do estômago e pelo peso total. Estas correlações negativas indicam uma relação inversamente moderada, similar aos achados de Neves et al. (2015), que também observaram uma diminuição na quantidade de microplásticos com o aumento do tamanho do peixe.

Os diferentes tipos de microplásticos nas três localidades (Aleixo, Meio e Resort). Em Aleixo, apenas fibras foram encontradas. Em Meio, há uma distribuição mais equilibrada entre fibras, fragmentos e peletes, enquanto no Resort a maior ocorrência é de fibras, com menores quantidades de filmes, fragmentos e peletes. O teste não indicou diferenças significativas nas frequências de ocorrência dos tipos de

microplásticos entre as localidades (valor- $p > 0,05$). Trabalhos como o de Cole et al. (2013) destacam a predominância de fibras em estudos de microplásticos, corroborando os achados na localidade Resort.

As cores de microplásticos nas três localidades e por estação, respectivamente. A cor azul é a mais predominante nas três localidades, especialmente no Resort. O teste de Kruskal-Wallis não encontrou diferenças estatisticamente significativas nas frequências de ocorrência das cores entre as localidades (valor- $p > 0,05$). Estudos como o de Wesch et al. (2016) também identificaram a cor azul como predominante em amostras de microplásticos, sugerindo uma maior vulnerabilidade desses detritos para a ingestão pelos peixes.

A maior parte dos microplásticos está na faixa de 0-0,5 μm , indicando que a maioria dos microplásticos ingeridos são extremamente pequenos. A distribuição percentual dos tamanhos de microplásticos por localidade (Gráfico 10) e por estação (Gráfico 11) também não mostrou diferenças significativas, exceto na localidade Meio onde o tamanho 0-0,5 μm apresentou diferença significativa para os tamanhos 1,5-2 e 2-2,5 μm , e no Resort, onde o tamanho 0-0,5 μm apresentou diferença significativa para os demais tamanhos. A predominância de microplásticos menores pode estar relacionada à maior disponibilidade e facilidade de ingestão, como discutido por Thompson et al. (2004).

Conclusão

Os resultados indicam que, embora existam variações visuais na ingestão de microplásticos por peixes entre localidades e estações, essas variações não são estatisticamente significativas. A predominância de fibras e a cor azul como os microplásticos mais frequentes sugerem um padrão consistente com a literatura. A correlação negativa entre o tamanho do peixe e a quantidade de microplásticos ingeridos aponta para uma menor vulnerabilidade dos peixes maiores. Estes achados contribuem para a compreensão da distribuição e impacto dos microplásticos nos ecossistemas marinhos, destacando a necessidade de estudos contínuos e abrangentes para avaliar

melhor os riscos ecológicos associados aos microplásticos.

Os estudos referentes à espécie *Polydactylus virginicus* são bastante escassos. A literatura carece de dados sobre a reprodução, alimentação e a primeira maturação sexual (L50) dessa espécie, o que reduz a robustez dos dados apresentados neste trabalho.

A preservação da biodiversidade e da saúde dos ecossistemas costeiros exige a implementação de medidas de conservação e estratégias de gestão integradas. Esses esforços devem considerar fatores naturais e abordar a crescente preocupação com a contaminação por microplásticos.

Referências

- AMORIM, A. L. A. D.; RAMOS, J. A. A.; NOGUEIRA JÚNIOR, M. 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, set. 2020.
- ANDRADE, G. O.; LINS, R. Introdução à morfoclimatologia do Nordeste do Brasil Arquivos do Instituto de Ciências da Terra. Recife (3-4), p. 11-28, 1965.
- ANDRADE-TUBINO, M. F.; AZEVEDO, M. C. C.; FRANCO, T. P.; ARAÚJO, F. G. How are fish assemblages and feeding guilds organised in different tropical coastal systems? Comparisons among oceanic beaches, bays and coastal lagoons. **Hydrobiologia**, v. 847, p. 403-419, 2020.
- ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011.
- ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596–1605, ago. 2011.
- ASCER, L. G. Efeitos de microplástico na fisiologia do mexilhão *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae). 2015. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo.
- ATHEY, S. N. et al. Trophic transfer of microplastics in an estuarine food chain and the effects of a sorbed legacy pollutant. **Limnology and Oceanography Letters**, v. 5, n. 1, p. 154–162, fev. 2020.
- BARBOZA, L. G. A. et al. Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. **Marine Pollution Bulletin**, v. 133, p. 336–348, ago. 2018.

BARNES, D. K. A. et al. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1985–1998, 27 jul. 2009.

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.

BATEL, A. et al. Transfer of benzo[*a*]pyrene from microplastics to *Artemia* nauplii and further to zebrafish via a trophic food web experiment: CYP1A induction and visual tracking of persistent organic pollutants. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 35, n. 7, p. 1656–1666, jul. 2016.

BESSELING, E.; FOEKEMA, E. M.; FRANEKER, J. A. V.; LEOPOLD, M. F.; KÜHN, S.; REBOLLEDO, E. L. B.; HEBE, E.; MIELKE, L.; IJZER, J.; KAMMINGA, P.; KOELMANS, A. A. Microplastic in a macro filter feeder: Humpback whale *Megaptera novaeangliae*. **Marine Pollution Bulletin**, v. 95, n. 1, p. 248–252, jun. 2015.

BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. **Ecology of sandy shores**. Amsterdam ; New York: Elsevier, 1990.

CARPENTER, K. E. (ed.). **The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras**. Rome: FAO, 2002a. 600 p.

CARTER, R. W. G. **Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines**. London, England: Academic Press, 1988.

CHAE, Y.; AN, Y.-J. Effects of micro- and nanoplastics on aquatic ecosystems: Current research trends and perspectives. **Marine Pollution Bulletin**, v. 124, n. 2, p. 624–632, nov. 2017.

CHAGNON, C. et al. Plastic ingestion and trophic transfer between Easter Island flying fish (*Cheilopogon rapanouiensis*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from Rapa Nui (Easter Island). **Environmental Pollution**, v. 243, p. 127–133, dez. 2018.

CHOY, C. A. et al. The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 7843, 6 jun. 2019.

COLE, M. et al. Microplastic Ingestion by Zooplankton. **Environmental Science & Technology**, v. 47, n. 12, p. 6646–6655, 18 jun. 2013.

COLE, M.; LINDEQUE, P.; HALSBAND, C.; GALLOWAY, T. S. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 12, p. 2588–2597, dez. 2011.

COMPA, M.; VENTERO, A.; IGLESIAS, M.; DEUDERO, S. Ingestion of microplastics and natural fibres in *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) and *Engraulis*

encrasicolus (Linnaeus, 1758) along the Spanish Mediterranean coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 128, p. 89–96, mar. 2018.

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

COSTA, L. L.; FANINI, L.; BEM-HADDAD, M.; PINNA, M.; ZALMON, I.R. Marine litter impact on sandy beach fauna: A review to obtain an indication of where research should contribute more. **Microplastics**, v. 1, n. 3, p. 554-571, 2022.

COSTA, L. L.; OLIVEIRA, A. S.; COSTA, E. D.; SILVA, T. N.; SANTANNA, 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, ago. 2023b.

DE SÁ, L. C.; LUÍS, L. G.; GUILHERMINO, L. Effects of microplastics on juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): Confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions. **Environmental Pollution**, v. 196, p. 359–362, jan. 2015.

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

FERREIRA, G. V. B. **A ecologia dos predadores de topo na ictiofauna do estuário do Rio Goiana**. doctoralThesis. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/36876>>. Acesso em: 17 jul. 2024.

FERREIRA, G. V.; BARLETTA, M.; LIMA, A. R.; MORLEY, S. A.; COSTA, M. F. Dynamics of marine debris ingestion by profitable fishes along the estuarine ecocline. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 13514, 2019.

FERREIRA, G. V.; BARLETTA, M.; LIMA, A. R.; MORLEY, S. A.; JUSTINO, A. K.; 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.

FOCARDI, A.; MOORE, L R.; RAINA, J.; SEYMOUR, J.R.; PAULSEN, I. T.; TETU, S. G. Plastic leachates impair picophytoplankton and dramatically reshape the marine microbiome. **Microbiome**, v. 10, n. 1, p. 179, 2022.

FRIAS, J. P. G. L.; SOBRAL, P.; FERREIRA, A. M. Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 11, p. 1988–1992, nov. 2010.

GALGANI, F.; SOUPLLET, A.; CADIOU, Y. Accumulation of debris on the deep sea floor off the French Mediterranean coast. **Marine Ecology Progress Series**, v. 142, p. 225–234, 1996.

GALLOWAY, T. S.; COLE, M.; LEWIS, C. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 5, p. 0116, 20 abr. 2017.

GEYER, R. Production, use, and fate of synthetic polymers. Em: **Plastic Waste and Recycling**. [s.l.] Elsevier, 2020. p. 13–32.

GOLDSTEIN, M.C.; ROSENBERG, M.; CHENG, L. Increased oceanic microplastic debris enhances oviposition in an endemic pelagic insect. *Biol. Lett.* n. 8. p. 817-820. 2012.

GONÇALVES, A. C. S., Ocorrência de microplásticos em zonas intermareais e sua relação com variáveis ambientais. 2016. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade de Lisboa, Lisboa.

GREGORY, M. R. 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings- entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2013-2025. 2009.

HUANG, D.; TUO, J.; WANG, L.; LIU, J. Recent advances on the transport of microplastics/nanoplastics in abiotic and biotic compartments. **Journal of Hazardous Materials**, v. 438, p. 129515, set. 2022.

IPA. Instituto Agrônomo de Pernambuco. Disponível em:
<http://www.ipa.br/indice_pluv.php#calendario_indices>.

ITAGAKI, M. K.; OHKAWARA, M. H.; DIAS, J. F. Description of larvae and juveniles of *Bairdiella ronchus* (Sciaenidae: Teleostei) in southeastern Brazil. **Scientia Marina**, v. 71, n. 2, p. 249–257, 30 jun. 2007.

JALES, M. C.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L.; BASTOS, R. B.; MACHADO, R.C. A. O ecossistema recifal de Serrambi (nordeste do Brasil): biomassa fitoplanctônica e parâmetros hidrológicos. **Atlântica (Rio Grande)**, v. 34, n. 2, p. 87-102, 2012.

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

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. 101857, jun. 2021.

KARKANORACHAKI, K.; KIPARISSIS, S.; KALOGERAKIS, G. C.; YIANTZI, E.; PSILLAKIS, E.; KALOGERAKIS, N. Plastic pellets, meso- and microplastics on the coastline of Northern Crete: Distribution and organic pollution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 133, p. 578–589, ago. 2018.

KITTIPONGVISES, S.; PHETRAK, A.; HONGPRASITH, N.; LOHWACHARIN, J. Unravelling capability of municipal wastewater treatment plant in Thailand for microplastics: Effects of seasonality on detection, fate and transport. **Journal of Environmental Management**, v. 302, p. 113990, jan. 2022.

KOELMANS, Albert A. et al. Microplastic as a vector for chemicals in the aquatic environment: critical review and model-supported reinterpretation of empirical studies. **Environmental science & technology**, v. 50, n. 7, p. 3315-3326, 2016.

LUSHER, A. L. et al. Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 14947, 8 out. 2015.

LUSHER, A. L.; BURKE, A.; O'CONNOR, I.; OFFICER, R. Microplastic pollution in the Northeast Atlantic Ocean: Validated and opportunistic sampling. **Marine Pollution Bulletin**, v. 88, n. 1–2, p. 325–333, nov. 2014.

LUSHER, A. L.; HERNANDEZ-MILIAN, G.; BERROW, S.; ROGAN, E.; O'CONNOR, I. Incidence of marine debris in cetaceans stranded and bycaught in Ireland: Recent findings and a review of historical knowledge. **Environmental Pollution**, v. 232, p. 467–476, jan. 2018.

MCGREGOR, S.; STRYDOM, N. A. Feeding ecology and microplastic ingestion in *Chelon richardsonii* (Mugilidae) associated with surf diatom *Anaulus australis* accumulations in a warm temperate South African surf zone. **Marine Pollution Bulletin**, v. 158, p. 111430, 2020.

MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1985. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. V. Teleostei** (4). São Paulo: Museu de Zoologia da USP. 105p.

MIZRAJI, R.; AHRENDT, C.; PEREZ-VENEGAS, D.; VARGAS, J.; PULGAR, J.; ALDANA, M.; OJEDA, P.; DUARTE, C.; GALBÁN-MALAGÓM, C. Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut?. **Marine pollution bulletin**, v. 116, n. 1-2, p. 498-500, 2017.

MONTEIRO-NETO, C. et al. Associações de peixes na região costeira de Itaipu, Niterói, RJ. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 98, n. 1, p. 50–59, mar. 2008.

MOORE, C. J. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. **Environmental Research**, v. 108, n. 2, p. 131–139, out. 2008.

MOTOMURA, H. **Threadfins of the world (family Polynemidae): an annotated and illustrated catalogue of polynemid species known to date**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004.

NASCIMENTO, Cristiano Marcelo da Silva; RAMOS, Jonas de Assis Almeida. **Peixes da zona de arrebentação do litoral de Cabedelo e Lucena: um guia**. Paraíba: IFPB, 2024.

NEVES, D. et al. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese

coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 101, n. 1, p. 119–126, dez. 2015.

OEHLMANN, J. et al. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2047–2062, 27 jul. 2009.

PLASTIC EUROPE. **Plastics – the Facts 2022**. Bélgica, 2022. Disponível em: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>. Acesso em 10 de maio. 2024.

PLASTICSEUROPE. **Plastics - The Facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data**, 2018.

PNUMA. (2014). **Um dia dedicado às ações positivas pelo meio ambiente**, 2014. Disponível em: <http://www.unep.org/portuguese/wed/about/>

POSSATTO, F. E.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F.; IVAR DO SUL, J. A.; DANTAS, D. V. Plastic debris ingestion by marine catfish: An unexpected fisheries impact. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 5, p. 1098–1102, maio 2011.

ROCHMAN, C. M. et al. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. **Scientific Reports**, v. 3, n. 1, p. 3263, 21 nov. 2013.

ROCHMAN, C. M. The complex mixture, fate and toxicity of chemicals associated with plastic debris in the marine environment. **Marine anthropogenic litter**, p. 117-140, 2015.

RUMMEL, C. D.; LÖDER, M. G. J.; FRICKE, N. F.; LANH, T. GRIEBELER, E.; JANKE, M.; GERDTS, G. Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 102, n. 1, p. 134–141, jan. 2016.

SANTANA, F. M. DA S. **Ecologia da assembléia de peixes da zona de arrebentação da praia de Jaguaribe, Itamaracá, Pernambuco**.

SANTANA, F.M.S. & SEVERI, W. Composição e estrutura da assembléia de peixes da zona de arrebentação da praia de Jaguaribe, Itamaracá -Pernambuco. **Bioikos** Campinas, v.23, n.1, 2009.

SOUZA, J. S. D.; SANTOS, L. N. D.; SANTOS, A. F. G. N. D. Habitat features not water variables explain most of fish assemblages use of sandy beaches in a Brazilian eutrophic bay. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 211, p. 100–109, out. 2018.

SUBARAMANIYAM, U. et al. Effects of microplastics, pesticides and nano-materials on fish health, oxidative stress and antioxidant defense mechanism. **Frontiers in Physiology**, v. 14, p. 1217666, 26 jun. 2023.

TEUTEN, E. L. et al. Potential for Plastics to Transport Hydrophobic Contaminants. **Environmental Science & Technology**, v. 41, n. 22, p. 7759–7764, 1 nov. 2007.

TEUTEN, E. L. et al. Transport and release of chemicals from plastics to the

environment and to wildlife. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2027–2045, 27 jul. 2009.

THOMPSON, R. C. et al. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? **Science**, v. 304, n. 5672, p. 838–838, 7 maio 2004.

THOMPSON, R. C. Microplastics in the Marine Environment: Sources, Consequences and Solutions. **Marine Anthropogenic Litter**. Springer Nature, 2015. Cap. 7, p. 185-200.

UGWU, K.; HERRERA, A.; GÓMEZ, M. Microplastics in marine biota: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 169, p. 112540, ago. 2021.

WESCH, C. et al. Towards the suitable monitoring of ingestion of microplastics by marine biota: A review. **Environmental Pollution**, v. 218, p. 1200–1208, nov. 2016.

XIA, F.; YAO, Q.; ZHANG, J.; WANG, D. Effects of seasonal variation and resuspension on microplastics in river sediments. **Environmental Pollution**, v. 286, p. 117403, out. 2021.

XIONG, B. et al. Polyacrylamide degradation and its implications in environmental systems. **npj Clean Water**, v. 1, n. 1, p. 17, 7 set. 2018.

XIONG, X.; CHEN, X.; ZHANG, K.; MEI, Z.; HAO, Y.; ZHENG, J.; WU, X.; WHANG, K.; RUAN, Y.; LAM, P. K. S.; WANG, D. Microplastics in the intestinal tracts of East Asian finless porpoises (*Neophocaena asiaeorientalis sunameri*) from Yellow Sea and Bohai Sea of China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 136, p. 55–60, nov. 2018.

XIONG, X.; TU, Y.; CHEN, X.; JIANG, X.; SHI, H.; WU, C.; ELSER, J. Ingestion and egestion of polyethylene microplastics by goldfish (*Carassius auratus*): influence of color and morphological features. **Heliyon**, v. 5, n. 12, p. e03063, dez. 2019.