



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS V  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SOCIAIS APLICADAS  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**PETRUCIA LIRA SOARES**

**AVALIAÇÃO DA INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS POR PEIXES:  
UMA COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS**

**JOÃO PESSOA  
2022**

PETRUCIA LIRA SOARES

**AVALIAÇÃO DA INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS POR PEIXES:  
UMA COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

**Orientadora:** Profa. Dra. Ana Lúcia Vendel  
**Coorientadora:** Profa. MSc. Nyedja Fialho Morais Barbosa

**JOÃO PESSOA**  
**2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S676a Soares, Petrucia Lira.  
Avaliação da ingestão de microplásticos por peixes: uma comparação entre metodologias [manuscrito] / Petrucia Lira Soares. - 2022.  
37 p. : il. colorido.  
  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2022.  
"Orientação : Profa. Dra. Ana Lúcia Vendel, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."  
  
1. Poluição por microplásticos. 2. Métodos de quantificação de microplásticos. 3. Peixes. 4. Agente oxidante. 5. Microplásticos. I. Título

21. ed. CDD 577.6

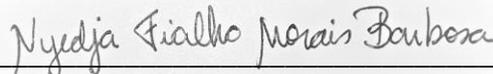
**PETRUCIA LIRA SOARES**

**AVALIAÇÃO DA INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS POR PEIXES:  
UMA COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em: 31/03/2022.

**BANCA EXAMINADORA**



Profa. MSc. Nyedja Fialho Morais Barbosa (Coorientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. MSc. Vivianne Evelyn do Nascimento Alves  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)



Prof. Dr. Cléber Ibrahim Salimon  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha MÃE, irmãs e ao meu noivo,  
Por toda força e apoio dado, DEDICO.

... Até aqui nos ajudou o Senhor.  
1 Samuel 7:12

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Pontos de arrastos (A) a margem da Ilha da Restinga no Estuário do Rio Paraíba, Paraíba. Fonte: Software QGIS 2.18.20 Lyon (2018).....	15
Figura 2 –	Atividade em campo: arrasto (a); aferição da salinidade (b); da temperatura (c); e da transparência da água (d) .....	16
Figura 3 –	Registro de procedimentos realizados em laboratório: comprimento total (a); altura (b) peso total (c) e remoção do trato gastrointestinal (d).....	16
Figura 4 –	Etapas do método de análise visual na busca por microplásticos em peixes do Estuário do Rio Paraíba, nordeste do Brasil.....	18
Figura 5 –	Etapas do método de análise química na busca por microplásticos em peixes do Estuário do Rio Paraíba, Nordeste do Brasil.....	19
Figura 6 –	Variáveis abióticas: (a) Precipitação total mensal (mm), (b) Salinidade, (c) Temperatura da água (°C), (d) Transparência de Secchi (cm) entre Março/2019 e Fevereiro/2020 no Estuário do Rio Paraíba, nordeste do Brasil.....	20
Figura 7 –	Número de MPs ingeridos por espécie nos métodos visual e químico.....	22
Figura 8 –	Tipos de MPs ingeridos por peixes, em porcentagem, no Estuário do Rio Paraíba, nordeste do Brasil.....	23
Figura 9 -	Cores de MPs ingeridas por peixes, em porcentagem, no Estuário do Rio Paraíba, nordeste do Brasil.....	24
Figura 10 -	Porcentagem de MPs encontrados no controle segundo a cor.....	24

## TABELA

Tabela 1- Parâmetros obtidos com os métodos visual e químico onde N°= número de indivíduos; TGI= número de Tratos Gastrointestinais em que cada item de MPs esteve presente; MP= quantidade de microplásticos ingeridos por espécie; (P) Prevalência de MPs nos TGI (%); (A) abundância média dos MPs nas espécies selecionadas (MP/TGI); CT= amplitude de comprimento em (mm)..... 21

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
cm	Centímetros
g	Gramas
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
há	Hectares
HNO <sub>3</sub>	Ácido nítrico
km	Quilômetros
KOH	Hidróxido de Potássio
LabIctio	Laboratório de Ictiologia
m	Metros
mm	Milímetros
MO	Matéria Orgânica
MPs	Microplásticos
NaClO	Hipoclorito de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio
PET	Tereftalato de polietileno
POPs	Poluentes Orgânicos Persistentes
PP	Polipropileno
PROCLIMA	Monitoramento Climático em Tempo Real
TGI	Trato gastrointestinal
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
µm	Micrômetros

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	MATERIALE MÉTODOS .....	14
	2.1 Área de estudo .....	14
	2.2 Amostragem de campo.....	15
	2.3 Análise laboratorial .....	16
	2.4 Controle .....	16
	2.5 Métodos de análise.....	17
	2.6 Análises de dados.....	19
3	RESULTADOS .....	19
	3.1 Dados abióticos.....	19
	3.2 Ingestão de microplásticos.....	20
	3.3 Quantificação e classificação dos microplásticos.....	22
	3.4 Controle da contaminação aérea.....	24
4	DISCUSSÃO .....	25
	4.1 Dados abióticos.....	25
	4.2 Ingestão de microplásticos.....	26
	4.3 Métodos de análise.....	26
	4.4 Classificação e quantificação dos microplásticos.....	27
	4.5 Controle da contaminação aérea.....	28
5	CONCLUSÃO .....	28
6	REFERÊNCIAS .....	29

## **AVALIAÇÃO DA INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS POR PEIXES: UMA COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS**

### **ASSESSMENT OF MICROPLASTICS INGESTION BY FISH: A COMPARISON BETWEEN METHODOLOGIES**

PETRUCIA LIRA SOARES

#### **RESUMO**

O impacto da poluição por microplásticos (MPs) nos organismos aquáticos tem evidentemente crescido, estima-se que 79% dos 9,1 bilhões de toneladas de plásticos produzidos até o momento foram depositados em aterros e no ambiente natural chegando aos organismos aquáticos. Os MPs são partículas plásticas com tamanho entre 0,1  $\mu\text{m}$  e 5,0 mm e possuem diferentes origens, coloração e formas. Neste estudo, quantificamos a ingestão de MPs por peixes provenientes do Estuário do Rio Paraíba, PB. Comparamos dois métodos de quantificação de microplásticos ingeridos por peixes, método químico a partir da oxidação da matéria orgânica (MO) pelo Peróxido de Hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e método visual através da identificação direta de microplásticos ingeridos. Com intuito de demonstrar qual método garantia maior eficácia na extração de MPs do trato gastrointestinal do peixe. No método visual foram triados 933 peixes que ingeriram apenas 180 MPs, enquanto no método químico, 415 peixes consumiram 508 MPs. Desta forma, o método químico revelou abundância média de  $1,22 \pm 1,77$  de MPs e uma incidência de MPs aproximadamente três vezes maior quando comparado ao visual ( $0,19 \pm 0,67$ ), oxidando toda MO do trato gastrointestinal em um período de duas horas, revelando uma diferença significativa entre os métodos ( $p < 0,01$ ). Um total de 621 (90,26%) fibras representou a maior incidência de MPs de classificação quanto ao tipo. Em termos de coloração, a cor azul ocorreu em 436 (63,37%) MPs. Desta forma, foi aqui demonstrado que os parâmetros oxidação de MO, tempo de exposição ao peróxido de hidrogênio e processo de filtragem para remoção de espuma formada foram eficientes, facilitando a identificação e a quantificação dos MPs, proporcionando maior eficiência da análise química para avaliar a ingestão de MPs por peixes. Estudos como este reforçam a necessidade da escolha do método adequado de extração de MPs em peixes, promovem a padronização de procedimentos e geram maior confiabilidade nos resultados obtidos.

**Palavras-chaves:** Poluição. Microplástico. Método. Peixe. Agente oxidante.

## ABSTRACT

The impact of pollution by microplastics (PMs) on aquatic organisms has evidently grown, it is estimated that 79% of the 9.1 billion tons of plastics produced so far have been deposited in landfills and in the natural environment reaching aquatic organisms. Microplastics are plastic particles with a size between 0.1  $\mu\text{m}$  and 5.0 mm and have different origins, coloring and shapes. In this study, we quantified PM ingestion by fish from the Paraíba River Estuary, PB. We compared two methods of quantification of microplastics ingested by fish, a chemical method based on the oxidation of organic matter (OM) by Hydrogen Peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) and a visual method through the direct identification of ingested microplastics. In order to demonstrate which method ensured greater effectiveness in extracting PMs from the gastrointestinal tract of fish. In the visual method, 933 fish that ingested only 180 PMs were screened, while in the chemical method, 415 fish consumed 508 PMs. In this way, the chemical method ( $1.22 \pm 1.77$ ) revealed an incidence of PMs approximately three times higher when compared to the visual method ( $0.19 \pm 0.67$ ), oxidizing all OM in the gastrointestinal tract in a period of two hours, revealing a significant difference between the methods ( $p < 0.01$ ). A total of 621 (90.26%) fibers represented the highest incidence of PMs by type. In terms of coloration, the blue color occurred in 436 (63.37%) PMs. Thus, it was demonstrated here that the parameters OM oxidation, time of exposure to hydrogen peroxide and filtering process to remove foam formed, were efficient, facilitating the identification and quantification of PMs, providing greater efficiency in the chemical analysis. Studies like this reinforce the need to choose the appropriate method for extracting PMs from fish, promote the standardization of procedures and generate greater reliability in the results obtained.

**Keywords:** Pollution. Microplastic. Method. Fish. Oxidizing agent.

## 1. INTRODUÇÃO

Microplásticos (MPs) são onipresentes no ambiente, notadamente aquático, e são classificados atualmente como contaminantes emergentes (Richardson et al., 2019). Após a Segunda Guerra Mundial, houve um aumento exponencial na demanda e na produção de plásticos pelo homem e em 2019, a produção global atingiu 368 milhões de toneladas/ano e pelo menos 10% desta produção é lançada anualmente no ambiente marinho (Plastics Europe, 2020). Até 2025, espera-se que a proporção entre a massa de resíduos sólidos e de peixes no oceano seja de 1 para 3, com 250 milhões de toneladas de lixo plástico lançadas no oceano até 2025, nesta taxa de crescimento em 2050, prevê-se que a massa de plástico será igual e provavelmente superará os estoques de peixes no oceano (Jovanović, 2017).

Utiliza-se 240 milhões de toneladas de plástico por ano e o plástico descartado acumula-se, principalmente em habitats marinhos, com elevada contaminação desde a costa até o mar profundo (Thompson et al., 2004). Em suma, estima-se que 79% dos 9,1 bilhões de toneladas de plásticos produzidos até o momento foram depositados em aterros e no ambiente natural (Geyer et al., 2017), sendo o ambiente aquático o mais afetado.

Mais de 80% de todos os resíduos sólidos encontrados no ecossistema marinho são formados por materiais poliméricos e aproximadamente 85% é proveniente de fontes terrestres (Cheshire et al., 2009). Embora os resíduos de esgoto forneçam uma rota potencial para a entrada de microplásticos no ambiente aquático, outras fontes foram identificadas, incluindo fragmentação de itens maiores, lançamento de pequenas partículas usadas como abrasivos em produtos de limpeza e higiene, conhecidos como pellets (Browne et al., 2011). Tornando essencial atentar-se para os ecossistemas aquáticos pelo crescente aumento populacional humano em seu entorno e intensas atividades antrópicas que frequentemente afetam a qualidade da água e a biodiversidade aquática (Viana et al., 2012; Santana et al., 2015). A quantidade de microplásticos lançada neste ambiente, inevitavelmente aumenta devido à sua intensa degradação ligada às propriedades dos polímeros e às condições químicas, físicas e biológicas às quais são submetidos ao longo do tempo (UNEP, 2015).

Outras fontes potenciais de microfibras plásticas são atribuídas à liberação de fibras sintéticas de roupas durante a lavagem (Browne et al, 2011), degradação de pontas de cigarro levando à liberação de fibras de acetato de celulose (Wright et al., 2015a), fragmentação de equipamentos marítimos, como por exemplo cordas e redes (Cole et al., 2015b), entre outros. Este material pode entrar na teia trófica em ambientes aquáticos de distintas formas, diretamente através da ingestão de microplásticos via captura acidental, sendo confundidos

com alimento, ou pela ingestão de presas que tenham ingerido microplásticos previamente (Wright et al., 2013b; Jovanović, 2017).

O termo microplástico refere-se às partículas plásticas com tamanho entre 0,1 µm e 5,0 mm (Thompson et al., 2004). Eles podem ser de origem primária proposadamente fabricados em tamanho microscópico e utilizados como manufatura ou secundária, derivada da fragmentação de macroplásticos inadequadamente descartados após o uso (Stephanie et al., 2013). Os microplásticos são distribuídos de forma ubíqua em todos os habitats aquáticos, tornando-os disponíveis para uma ampla gama de organismos neles ocorrentes, incluindo peixes (Dai et al., 2018). De forma que os principais riscos envolvem a sua capacidade de persistência e dispersão no ambiente marinho, a grande afinidade por poluentes orgânicos persistentes (POPs), a ingestão pela biota e a transferência de POPs via teia trófica (Silva, 2016). Após a ingestão, os microplásticos podem se acumular no trato gastrointestinal dos peixes, causando bloqueios no sistema digestório e reduzindo a alimentação devido à falsa saciedade (Lusher et al., 2013; Wright et al., 2013b).

Diante do exposto, é consenso que os microplásticos têm atraído cada vez mais a atenção dos pesquisadores como um problema ambiental mundial (Eriksen et al, 2014; Prata et al., 2020). Por sua vez, os estuários estão entre os ambientes mais importantes na zona costeira, eles constituem zonas de transição, onde a água doce da drenagem continental mistura-se com a água do mar, criando uma área biologicamente muito produtiva (Kennish, 2002). Ambientes estuarinos são fundamentais para o desenvolvimento de diversas espécies de peixes, exercendo fundamental importância em termos de alimentação, crescimento, reprodução e proteção nestes ambientes (Blaber, 2000). Uma vez que os rios funcionam como caminhos coletores de resíduos, transportando-os em direção ao mar, ou dispersando-os pela bacia hidrográfica (González et al., 2016).

O primeiro desafio para a avaliação deste impacto é a estratégia de inspeção de MPs utilizada, pois os MPs são contaminantes insolúveis, de diferentes composições e propriedades físico-químicas, estando dispersos de forma não homogênea na amostra (Montagner et al., 2021). As investigações da absorção de microplásticos pela biota são frequentemente baseadas na análise do conteúdo estomacal (Hidalgo-Ruz et al., 2012). O preparo das amostras para coletar MPs necessita de uma etapa de digestão eficiente na eliminação dos materiais biológicos e tecidos que mascaram os MPs. No entanto, não existe um método padrão que remova completamente os tecidos sem afetar a integridade do polímero (Karami et al., 2016).

Existem diferentes métodos químicos de quantificação de microplásticos disponíveis na literatura, tais como digestão por meio de enzimas, de bases tais como hidróxido de sódio (NaOH) (Cole et al., 2014a), hidróxido de potássio KOH (Fora et al., 2013), digestão ácida com a utilização de ácido nítrico HNO<sub>3</sub> (Claessens et al., 2013) ou de oxidantes como o Peróxido de Hidrogênio H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Avio et al., 2015). Certamente, o método mais adequado ao trabalho em questão, dependerá das propriedades da amostra e da pergunta a ser respondida.

A falta de protocolos padrão para amostragem e análise de MPs leva a dados não confiáveis ou incomparáveis sobre as concentrações e a origem destes polímeros entre os estudos (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Desta forma, um aspecto que deve ser analisado é a padronização da metodologia para que resultados acerca da ingestão de MPs por distintos compartimentos biológicos possam ser comparados entre si.

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo comparar a eficiência das metodologias de triagem: visual e química para quantificar os MPs ingeridos por peixes.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

Este trabalho foi realizado à jusante no Estuário do Rio Paraíba, Nordeste do Brasil (Fig. 1). A bacia hidrográfica do Rio Paraíba possui aproximadamente 380 km e intercepta 37 municípios (Nishida et al., 2008). O estuário em si, possui 3.012 ha e abrange os municípios de Santa Rita, Bayeux, João Pessoa, Lucena e Cabedelo (Nishida, 2000) e constitui uma planície flúvio-marinha formada pelo Rio Paraíba e seus afluentes: Sanhauá, Paroeira, Mandacaru, Tibiri, Tambiá, Ribeira e Guia (Guedes, 2002). O clima local é equatorial com verão seco, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (Álvares et al., 2013), com estação chuvosa estendendo-se de fevereiro a agosto e menor precipitação média em novembro (Alves et al., 2016).

O Estuário do Rio Paraíba estende-se por uma região metropolitana com mais de 1 milhão de habitantes (IBGE, 2020), representando uma importante fonte de atividades socioeconômicas e comerciais para a população local, além de ser uma área portuária e de pesca artesanal (Ferreira et al., 2017; Pessoa et al., 2019). O forte impacto humano na região litorânea do Estado da Paraíba está associado a fatores como o descarte de contaminantes domésticos e industriais sem tratamento prévio, carcinicultura e grandes plantações de cana-de-açúcar (Macêdo et al., 2019) (Fig. 1).

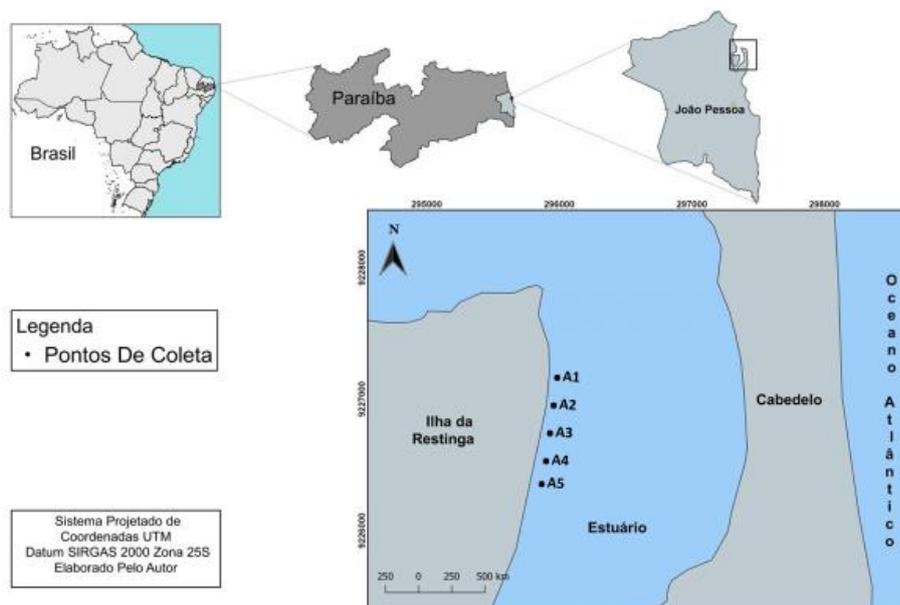


Figura 1 - Pontos de arrastos (A) a margem da Ilha da Restinga no Estuário do Rio Paraíba, Paraíba. Fonte: Software QGIS 2.18.20 - Lyon (2018).

## 2.2 Amostragem de campo

Os peixes foram coletados mensalmente entre março de 2019 e fevereiro de 2020, em 5 arrastos manuais por mês, com rede do tipo picaré com 10m de comprimento x 1,5 m de altura e malha de 8mm, por uma extensão de aproximadamente 30m cada arrasto marginal durante a maré baixa (Fig. 2a). Os peixes capturados foram armazenados em sacos, devidamente etiquetados de acordo com cada arrasto e em seguida depositados em caixa térmica com gelo e transportados ao Laboratório de Ictiologia. Ainda em campo, foram coletados dados de variáveis abióticas como salinidade com refratômetro (Fig. 2b), temperatura (°C) (Fig. 2c) e transparência da água, utilizando disco de Secchi (Fig. 2d). Dados pluviométricos utilizados foram obtidos pelo Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste (PROCLIMA, 2020).

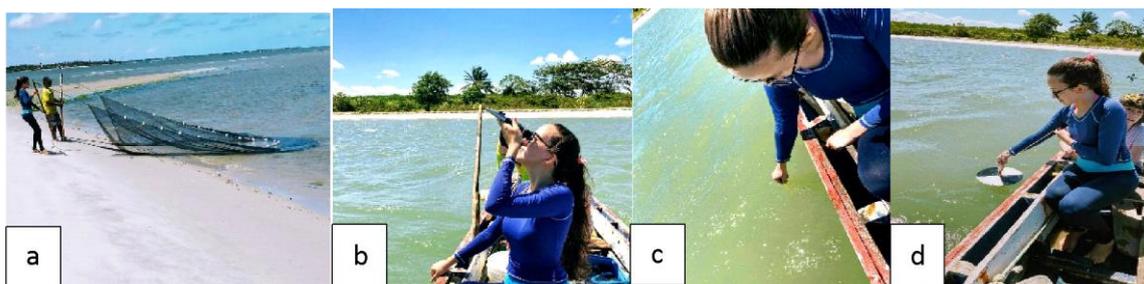


Figura 2 - Atividade em campo: arrasto (a); aferição da salinidade (b); da temperatura (c); e da transparência da água (d).

### 2.3 Análise laboratorial

Em laboratório, foi conferida a identificação taxonômica dos peixes, em nível específico com auxílio de literatura específica e realizada a biometria dos indivíduos com ictiômetro (mm) e/ou paquímetro digital (0,01 mm de precisão) (Fig. 3a). Sendo mensurados o comprimento total (Fig. 3b) e o peso total e do trato gastrointestinal (TGI) com balança eletrônica (0,001 g) (Fig. 3c). Em seguida, os peixes foram dissecados, sendo feita uma incisão na região ventral do ânus em direção a cabeça (Fig. 3d) e todo o TGI foi retirado e depositado em frascos previamente limpos com água destilada, os TGIs permaneceram imersos em álcool 70%, para posterior triagem de MPs sob microscópio estereoscópico.

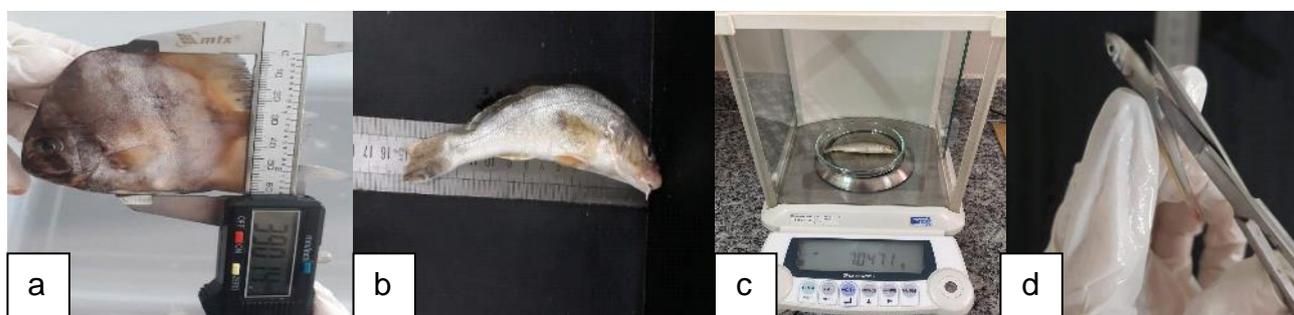


Figura 3 - Registro de procedimentos realizados em laboratório: comprimento total (a); altura (b) peso total (c) e remoção do trato gastrointestinal (d).

### 2.4 Controle da contaminação aérea

No processo de análise de trato digestório em laboratório foram tomadas medidas para minimizar a contaminação aérea das amostras, tais como higienização de placas de Petri, microscópio estereoscópico, redes de filtragem e bancadas com álcool 70%. Toda a água destilada utilizada foi filtrada em rede de 15  $\mu$ m. As cadeiras e todos os equipamentos do laboratório foram recobertos com capas 100% algodão, assim como os jalecos utilizados foram 100% algodão. Foram utilizadas luvas cirúrgicas em látex e mantido o ar-condicionado

desligado, além de ser reduzido ao máximo o tempo de análise das amostras e ser interditado o acesso ao laboratório, durante as triagens.

Em seguida foram preparados três brancos, cuja análise passou por três processos: 1) placas triplamente lavadas com água destilada; 2) cada placa foi analisada sob microscópio estereoscópico, ainda sem adição da água destilada; 3) placas depositadas próximo ao microscópio estereoscópico com água destilada durante o período de análise do trato digestório, para promover uma maior confiabilidade de que os microplásticos encontrados nas amostras não são proveniente da contaminação aérea ocorrente no ambiente. Por fim, estas três placas de controle foram avaliadas na busca de microplásticos, os quais foram identificados, quantificados e classificados de acordo com suas características físicas e coloração.

## 2.5 Métodos de análise

A triagem dos TGIs dos peixes analisados ocorreu de duas formas: **1)** método de análise visual ou **2)** método químico.

Devido ao fato do método de análise visual aplicado às amostras revelar baixo registro de MPs, na busca por maior eficiência da metodologia, a partir do segundo semestre de amostragens, aplicou-se o método químico que implica em oxidação da MO e com isso, uma melhor aferição da quantidade de MPs ingerida pelos peixes, a qual foi aqui testada.

O método de **análise visual** subdividiu-se em 4 etapas:

- I Triagem do TGI;
- II Remoção do conteúdo estomacal para uma placa de Petri e adição de água destilada filtrada para melhor visualização na busca ativa por MPs;
- III Análise visual em microscópio estereoscópico, com identificação e contagem dos MPs encontrados, segundo suas características físicas, sendo classificados quanto ao tipo (fibra, filme, grânulo, fragmento, pellet) e coloração;
- IV MPs armazenados em eppendorfs com álcool 70% (Fig. 4).

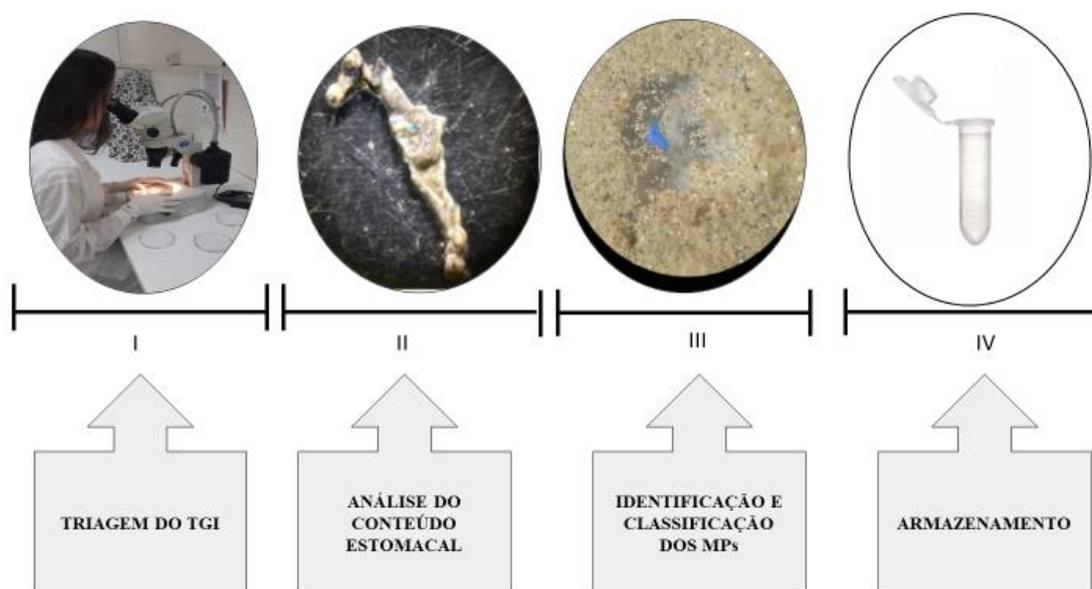


Figura 4 - Etapas do método de análise visual na busca por microplásticos em peixes do Estuário do Rio Paraíba, nordeste do Brasil.

O **método químico** utilizou Peróxido de Hidrogênio ( $H_2O_2$ ) em concentração de 30%, com a finalidade de oxidar a MO nos TGIs e facilitar a visualização dos MPs ingeridos.

O método de **análise química** subdividiu-se em 4 etapas:

- I Triagem do TGI;
- II TGIs depositados em Becker de vidro de 50ml submerso em torno de 40 ml de solução de  $H_2O_2$  por aproximadamente 2 horas, mantidos fechados com papel alumínio;
- III Após este período, todo o material degradado foi filtrado em malha de 15  $\mu m$ ;
- IV Produto da filtragem foi analisado e classificado segundo suas características físicas e classificando-os quanto ao tipo (fibra, filme, grânulo, fragmento, pellet) e coloração, no mesmo padrão da análise visual, sendo armazenado em eppendorf com álcool 70% (Fig. 5).

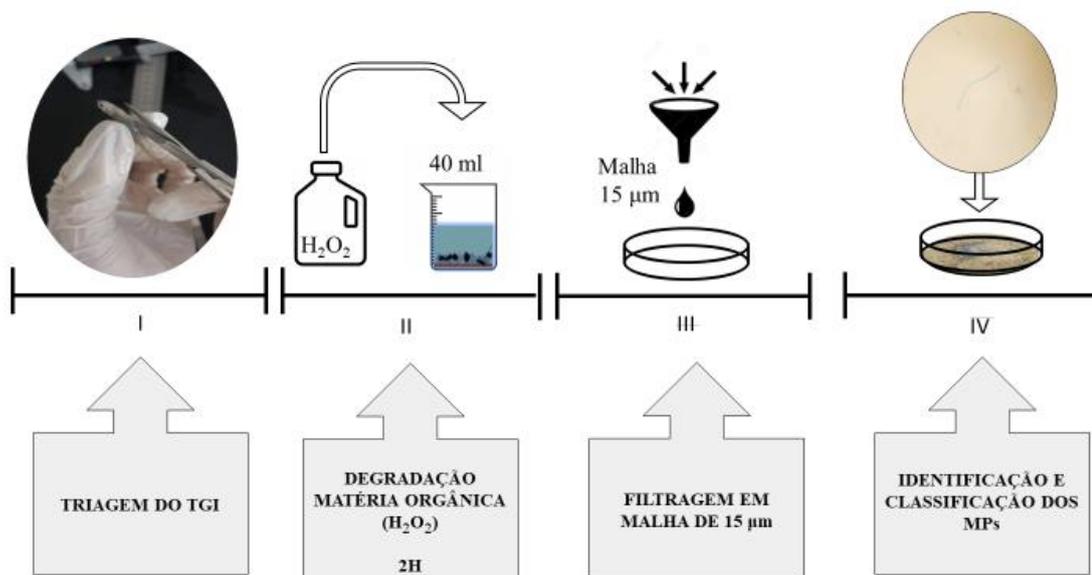


Figura 5 - Etapas do método de análise química na busca por microplásticos em peixes do Estuário do Rio Paraíba, Nordeste do Brasil.

## 2.6 Análise de dados

A comparação de eficiência das metodologias utilizadas ocorreu de acordo com os seguintes critérios: **1)** peixes terem ingerido MPs; **2)** espécies comuns aos dois períodos de captura; **3)** espécies com captura de  $n \geq 10$  indivíduos. Ambos os grupos tiveram sua normalidade testada através do teste Shapiro-Wilk, e de acordo com a não-normalidade dos dados foi aplicado o teste Mann-Whitney para a comparação das médias de MPs entre os métodos. A ingestão de MPs nas espécies selecionadas, em comparação às metodologias distintas, foi analisada através da Prevalência  $PV = (TGI/N_i)$ , que indica a relação entre TGIs onde MPs estavam presentes por número indivíduos e Abundância média  $Am = (MP/TGI)$ , que relaciona a quantidade de MPs ingeridos por espécie e o número de TGIs que continham MPs. As análises estatísticas foram feitas através do software R Studio.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Dados abióticos

Como esperado, no período de estudo, a precipitação foi maior em Junho/2019 e menor em Novembro/2019, meses descritos como picos das estações chuvosa e seca,

respectivamente, no local estudado (Fig. 6a). A salinidade oscilou entre 26 e 36, característico do setor euhalino do estuário (Fig. 6b) e a temperatura da água variou entre 25°C e 30°C ao longo do ano (Fig. 6c). Com base nos valores obtidos, nota-se temperaturas mais elevadas no período seco, como esperado, com baixa amplitude anual. A transparência da água variou entre 15 cm e 50 cm ao longo do ano, valores também condizentes com variações entre estações chuvosa e seca (Fig. 6d).

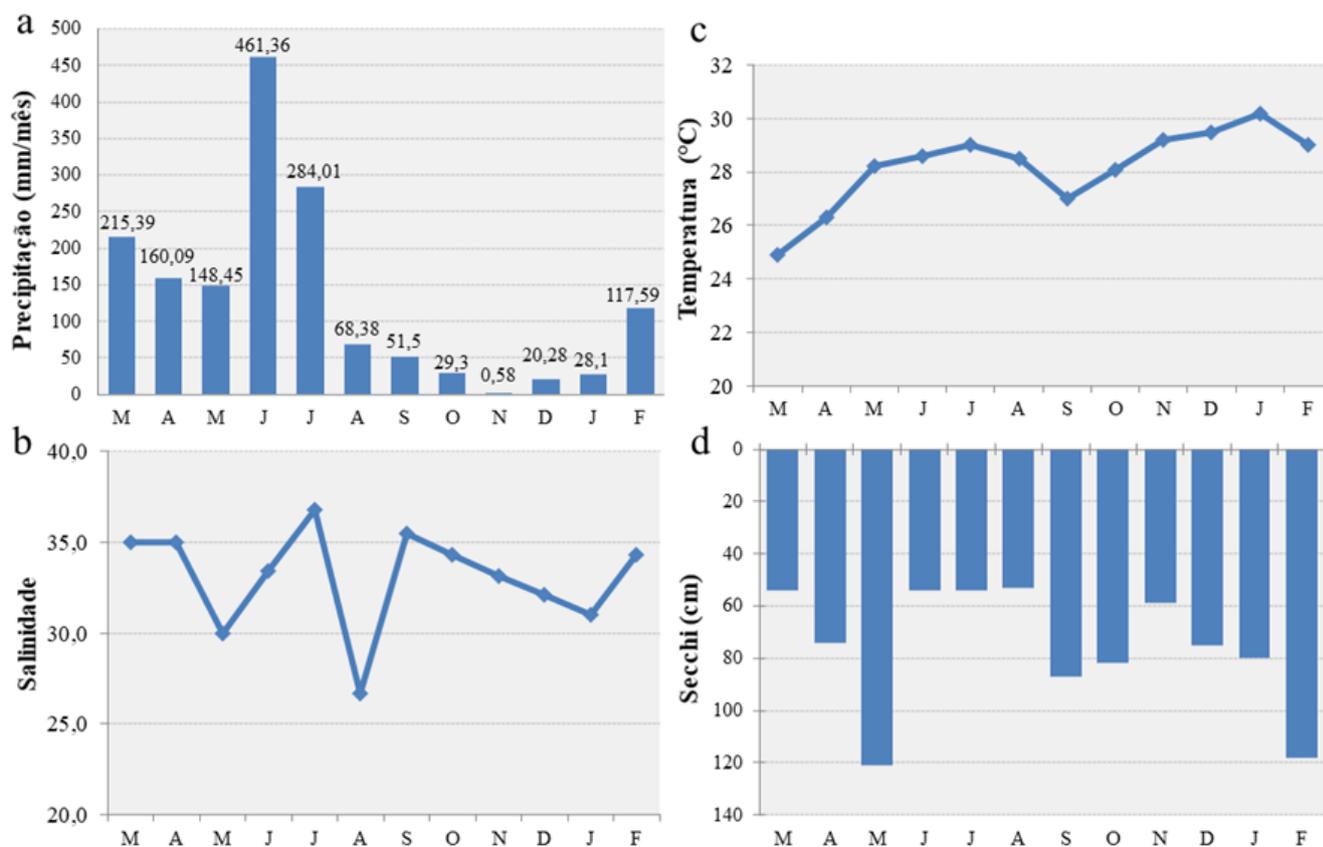


Figura 6 - Variáveis abióticas: (a) Precipitação total mensal (mm), (b) Salinidade, (c) Temperatura da água (°C), (d) Transparência de Secchi (cm) entre Março/2019 e Fevereiro/2020 no Estuário do Rio Paraíba, nordeste do Brasil.

### 3.2 Ingestão de microplásticos

No período de estudo, foram capturadas 45 espécies de peixes, pertencentes a 36 gêneros e 20 famílias. Destas, 75,6% (34) consumiram MPs. Ao todo foram capturados 1846 indivíduos, todos com seus respectivos TGIs analisados. Dentre eles, 504 TGIs continham MPs perfazendo um total de 1075 microplásticos ingeridos, cuja abundância média foi de 2,13 MPs/TGIs.

Para este estudo, foram selecionadas oito espécies, em um total de 1348 peixes analisados e utilizadas na comparação entre as metodologias distintas, são elas: *Sphoeroides greeleyi* Gilbert, 1900, *Chaetodipterus faber* (Broussonet, 1782), *Hyporhamphus unifasciatus* (Ranzani, 1841), *Bairdiella goeldi* Marceniuk et al., 2019, *Anchoa januaria* (Steindachner, 1879), *Haemulopsis corvinaeformis* (Steindachner, 1868), *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) e *Lycengraulis grossidens* (Spix & Agassiz, 1829). Diante disso, os 1348 peixes analisados ingeriram 688 MPs, correspondendo a 51% das amostras de peixes. (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros obtidos com os métodos visual e químico onde N°= número de indivíduos; TGI= número de Tratos Gastrointestinais em que cada item de MPs esteve presente; MP= quantidade de microplásticos ingeridos por espécie; (P) Prevalência de MPs nos TGI (%); (A) abundância média dos MPs nas espécies selecionadas (MP/TGI); CT= amplitude de comprimento em (mm).

<b>Método Visual</b>						
<b>Espécies</b>	<b>N°</b>	<b>TGI</b>	<b>MP</b>	<b>P(%)</b>	<b>A (MP/TGI)</b>	<b>CT (mm)</b>
<i>Atherinella brasiliensis</i>	348 (37%)	30	33	9%	1,10	2,9-52,0
<i>Lycengraulis grossidens</i>	315 (34%)	58	90	18%	1,55	4,0-13,3
<i>Haemulopsis corvinaeformis</i>	101 (11%)	10	14	10%	1,40	4,5-10,3
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	70 (8%)	4	4	6%	1,00	10,0-17,0
<i>Anchoa januaria</i>	38 (4%)	11	22	29%	2,00	4,5-6,8
<i>Sphoeroides greeleyi</i>	35 (4%)	1	1	3%	1,00	2,8-9,8
<i>Bairdiella goeldi</i>	14 (2%)	2	3	14%	1,50	6,0-11,0
<i>Chaetodipterus faber</i>	12 (1%)	3	13	25%	4,33	3,3-7,5
<b>Total</b>	<b>933</b>	<b>119</b>	<b>180</b>	<b>13%</b>	<b>1,74</b>	
<b>Método Químico</b>						
<b>Espécies</b>	<b>N°</b>	<b>TGI</b>	<b>MP</b>	<b>P(%)</b>	<b>A (MP/TGI)</b>	<b>CT (mm)</b>
<i>Atherinella brasiliensis</i>	115 (28%)	69	158	60%	2,29	4,5-11,5
<i>Lycengraulis grossidens</i>	153 (37%)	87	212	57%	2,44	4,2-14,9
<i>Haemulopsis corvinaeformis</i>	37 (9%)	21	41	57%	1,95	4,1-14,0
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	12 (3%)	8	14	67%	1,75	8,3-14,0
<i>Anchoa januaria</i>	30 (7%)	20	41	67%	2,05	5,0-6,7
<i>Sphoeroides greeleyi</i>	11 (3%)	5	7	45%	1,40	3,5-20,0
<i>Bairdiella goeldi</i>	36 (9%)	8	26	22%	3,25	5,0-14,0
<i>Chaetodipterus faber</i>	21 (5%)	8	9	38%	1,13	3,5-10,9
<b>Total</b>	<b>415</b>	<b>226</b>	<b>508</b>	<b>54%</b>	<b>2,03</b>	

No método visual as espécies que apresentaram maior ingestão de MPs foram: *Lycengraulis grossidens* que ingeriu 90 (50%) MPs, *Atherinella brasiliensis* 33 (18,3%) MPs, *Anchoa januaria* 22 (12,2%) MPs e *Haemulopsis corvinaeformis* 14 (7,8%) MPs. Quando analisada a ingestão de MPs nas mesmas espécies, via método de análise química, aquelas

com maior registro foram, respectivamente: *Lycengraulis grossidens* que ingeriu 212 (41,7%) MPs, *Atherinella brasiliensis* 158 (31,1%) MPs, *Haemulopsis corvinaeformis* e *Anchoa januaria*, ambas com 41 (8,1%).

O método químico revelou uma incidência aproximadamente três vezes maior de MPs (508 MPs) quando comparado ao visual (180 MPs), no qual, O H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> promoveu 100% da oxidação do TGI em aproximadamente duas horas de imersão (Fig. 7).

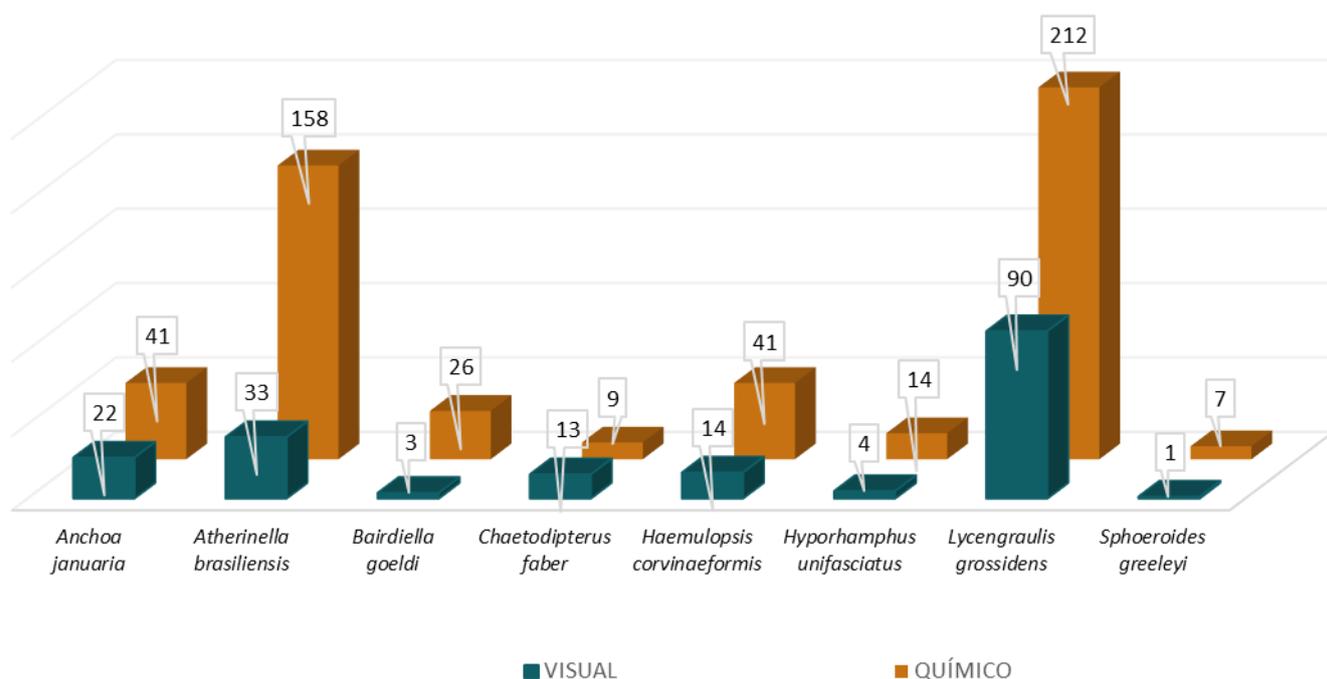


Figura 7 - Número de MPs ingeridos por espécie nos métodos visual e químico.

A ingestão média de MPs no método visual foi  $0,19 \pm 0,67$  MPs ind<sup>-1</sup>, enquanto no método químico foi de  $1,22 \pm 1,77$ . Os dados tiveram sua normalidade testada, tendo como resultado o método químico ( $p = 0,006922$ ) e método visual ( $p = 0,005769$ ), indicando a não normalidade. Diante disto o teste de Mann-Whitney foi aplicado ( $w = 2$ ;  $p < 0,01$ ) verificando diferença significativa entre as médias de MPs entre os métodos, revelando maior visualização de MPs quando utilizado o químico.

### 3.3 Quantificação e classificação dos microplásticos

Os microplásticos foram classificados de acordo com cor e tipo. Ao todo, foram registrados 688 itens ingeridos pelos peixes das espécies selecionadas. Os MPs do tipo fibra

foram os mais abundantes, representando um total de 621 (90,26%) fibras, os demais 67 MPs subdividiram-se em 53 (7,70%) fragmentos, 11 (1,60%) filamentos e 3 (0,44%) pellets (Fig. 8).

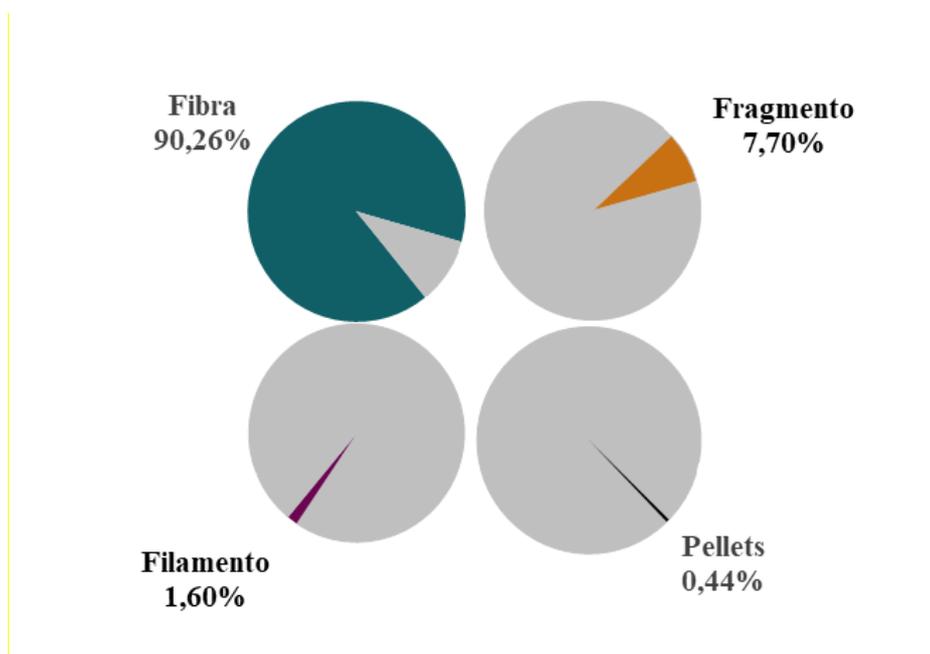


Figura 8 - Tipos de MPs ingeridos por peixes, em porcentagem, no Estuário do Rio Paraíba, nordeste do Brasil.

Dos 688 MPs observados foram registradas sete cores, sendo 436 (63,37%) azuis, a cor predominante, seguida por 126 (18,31%) transparentes, 80 (11,63%) pretos e 40 (5,81%) vermelhos. As outras cores representaram apenas 6 (0,87%) da amostra, sendo 1 amarelo, 2 verdes e 3 cor de rosa.(Fig. 9).

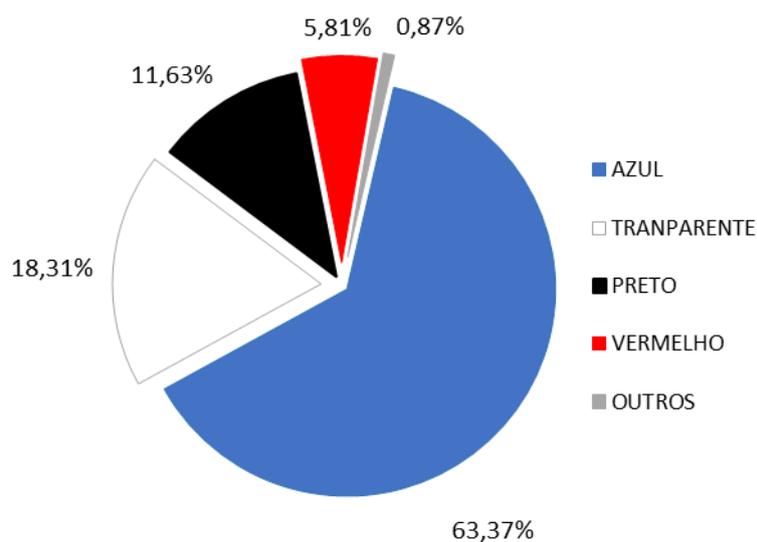


Figura 9 - Cores de MPs ingeridas por peixes, em porcentagem, no Estuário do Rio Paraíba, nordeste do Brasil.

### 3.4 Controle da contaminação aérea

Inicialmente, foram registrados apenas 23 (0,42%) microplásticos em um total de 5.529 brancos analisados em laboratório. Os microplásticos encontrados foram 100% do tipo fibras, com três cores, sendo 10 (43,48%) pretas; 8 (34,78%) azuis e 5 (21,74%) transparentes (Fig. 10). Este baixo grau de contaminação aérea no interior do laboratório foi totalmente controlado no decorrer da triagem, com o uso do Protocolo de Contaminação Aérea segundo Paiva et al. (2022b).

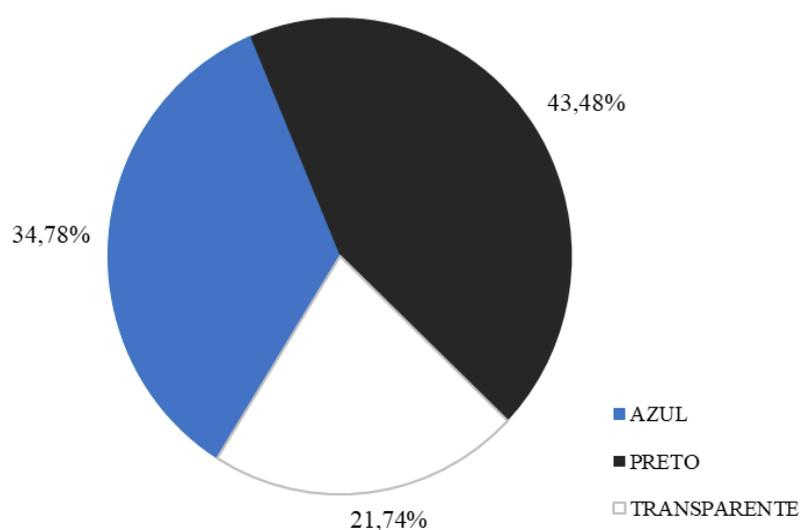


Figura 10. Porcentagem de MPs encontrados no controle segundo a coloração.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1 Dados abióticos

Em sistemas estuarinos, a variabilidade das condições ambientais pode refletir na dieta dos peixes segundo as flutuações intrínsecas do ambiente e da disponibilidade de alimento (Elliott et al., 2002; Selleslagh & Amara, 2014). Desta forma, na estação chuvosa e, mais pontualmente, em períodos de preamar, as concentrações de MPs podem aumentar devido às descargas de detritos associadas ao escoamento dos rios que adentram o estuário e as marés inferem no retorno de partículas na preamar (Figueiredo e Vianna, 2018). No entanto, neste estudo, a ingestão de MPs foi observada indistintamente em todo o período analisado, independente das variáveis ambientais consideradas. O mesmo foi documentado em estudo feito neste estuário avaliando as águas superficiais por De Souza (2021), no qual sob as mesmas condições ambientais, de temperatura, salinidade, transparência, precipitação, além do volume de água mensal filtrada, a altura da maré e a estação do ano não foram correlacionados com a quantidade de MPs encontrada nas amostras de águas superficiais, sem variações significativas e com ocorrência em todas as amostras analisadas.

É consenso que a poluição de origem marinha no estuário pode ser proveniente de atividades realizadas no mar, como atividade portuária, transportes marítimos, plataformas de extração de petróleo e gás, embarcações de pesca e lazer (Cheshire et al., 2009) e quanto à poluição de origem terrestre, cujos meios de entrada são rios, drenagens pluviais e ventos (Cheshire et al., 2009). Sendo assim, uma partícula plástica, adsorvida de poluentes persistentes ingerida por um peixe, carrega este poluente na teia trófica da qual ele faz parte (Pinheiro et al., 2017).

### 4.2 Ingestão de microplásticos

Este estudo partiu do pressuposto de que a atividade antrópica no estuário do Rio Paraíba acarretaria riscos às assembleias de peixes via ingestão de MPs, com base no registro prévio da ingestão de MPs por populações de peixes no local (Alves et al., 2016, Vendel et al., 2017), fato que conduziu ao estudo do método que represente maior fidelidade na investigação desta ingestão de forma comparativa.

Neste estudo, a maioria dos peixes selecionados entre Março/2019 e Fevereiro/2020 no Estuário do Rio Paraíba, ingeriu microplásticos. Fato que reforça o impacto antrópico local, seja ele de origem industrial, agropecuária e/ou doméstica, o qual tem sido relatado

mais recentemente e com propriedade em diversas abordagens (Dolbeth et al., 2016; Alves et al., 2016; Moura et al., 2016).

### 4.3 Métodos de análise

Em nossa abordagem, dados testados na metodologia visual não se mostraram eficientes na identificação dos MPs, por consequência demonstrando baixo índice médio de MPs encontrados ( $0,19 \pm 0,67$ ). As características ambíguas de não plásticos (semelhantes a plásticos) e plásticos (semelhantes a não plásticos) dificultam a identificação precisa dos microplásticos (Song et al., 2015). Logo o processo de digestão intrínseco do peixe, pode camuflar ou confundir a identificação dos MPs, sugerindo uma subestimação do total de MPs presentes nas amostras, como relatado por Avio et al. (2015) que registraram menos de 60% de polietileno e poliestireno na triagem visual direta do conteúdo estomacal fresco, em peixes. Os autores revelaram um potencial de subestimação dos resultados obtidos em seu estudo associado ao elevado teor de matéria orgânica e outras partículas presentes no estômago do peixe, o que dificulta a identificação e a quantificação dos MPs pelo método, além do fato de que a análise visual direta não permite identificar e contar os microplásticos contidos em uma presa ingerida (Avio et al., 2015).

A digestão de matéria orgânica pelo uso do agente oxidante teve a finalidade de aprimorar a extração de microplásticos de sedimentos e/ou organismos por diversos autores (Claessens et al., 2013; Cole et al., 2014a; Van Cauwenberg et al., 2014a, 2015b). No caso, a solução de Peróxido de Hidrogênio com concentração de 30% tem sido frequentemente utilizada para esta finalidade (Liebezeit e Dubaish, 2012 Mathalon e Hill, 2014; Stolte et al., 2015) justamente por promover a digestão química da MO de forma branda, enquanto o uso de um método de isolamento entre MP e MO pode causar corrosão do polímero e consequente subestimativa da quantidade de MPs nas amostras, soluções altamente digestivas de MO podem causar superestimativas das cargas de MPs (Karami et al., 2016). O ideal é testar a eficácia e o tempo de ação do método escolhido para a triagem a qual o estudo se propõe. Segundo Paiva et al. (2021a), a digestão da MO pelo  $H_2O_2$  demonstrou um resultado comparativamente melhor do que por Hipoclorito de Sódio (NaClO) ou Hidróxido de Potássio (KOH), por garantir sua oxidação facilitando o isolamento e a extração de microplásticos após o processo de filtração.

Neste estudo, a digestão dos TGIs é significativamente mais eficiente na quantificação dos MPs ( $p < 0,01$ ), confirmando os resultados encontrados por Karami et al. (2016), o qual utilizou o mesmo método e concluiu a eficácia do  $H_2O_2$  no consumo de MO. Nesta

abordagem, o Peróxido de Hidrogênio exerceu um papel fundamental na digestão de toda a MO, em curto intervalo de tempo, o que parece reduzir a subestimação de polímeros, os quais seriam danificados com uso de material ácido na análise, como relatado por Enders et al. (2016). Uma desvantagem da solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> é a produção de espuma que pode mascarar a visualização dos microplásticos subestimando o total de MPs presentes na amostra. Isso também foi relatado por Avio et al. (2015) que atribuíram a baixa extração de partículas de MPs à densa espuma formada após a adição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, que dificulta o processamento posterior das amostras. Todavia, de acordo com os resultados significativos obtidos neste estudo, há evidências que o processo adequado de filtração é fundamental para remoção da espuma produzida pela solução, reforçando que no método químico foi possível visualizar maior quantidade de MPs ingeridos. Da mesma maneira, Mathalon e Hill (2014) utilizaram H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30% para digerir tecidos moles de bivalves e registraram significativa presença de MPs nas amostras, estes autores destacam ser crucial controlar o peso máximo dos tecidos moles quando H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> é utilizada, pois tempo do processo de oxidação é diretamente proporcional à massa do material a ser consumido.

Desta forma, o método de digestão se propõe eficiente para consumo da MO para amostras pequenas, as variáveis tamanho, peso e tipo da amostra são fatores essenciais a serem considerados para o uso dessa substância. O aprimoramento deste método deve levar em consideração outros organismos com tamanhos e formas variadas, o tempo que leva para a oxidação acontecer e se causa alguma alteração no polímero, além de formas de aperfeiçoar o método de filtração. Para as amostras utilizadas neste estudo, o peso não foi considerado limitante para a digestão do TGI, tendo em vista a baixa amplitude de tamanho da amostra, foram padronizadas no máximo duas horas de exposição assistida e, neste intervalo de tempo, toda a matéria orgânica encontrava-se digerida em 100% das amostras. Sendo assim uma forma eficiente de detectar e quantificar microplásticos no TGI de peixes.

#### **4.4 Classificação e quantificação dos microplásticos**

As formas mais frequentemente presentes de microplásticos em ambientes aquáticos são fibras e fragmentos de resíduos sólidos, que são gerados principalmente pela sua fragmentação (Dai et al., 2018). Da mesma forma, neste estudo os microplásticos do tipo fibra foram os mais abundantes, seguidos por fragmentos. De maneira semelhante, Andrady et al. (2011) relatam que fibras estão entre os tipos mais comuns de resíduos microplásticos encontrados no ambiente natural e são tipicamente fabricadas de nylon (poliamida), tereftalato de polietileno (poliéster, PET) ou polipropileno (PP). Diversos estudos apontam que as

lavagens domésticas de vestuário estão entre as principais fontes de fibras sintéticas ao ambiente marinho (Browne et al., 2011; Carr et al., 2017).

Os microplásticos são constituídos por um complexo conjunto de partículas com diferentes formas, tamanhos, cores, densidades e composições químicas, que podem ter consequências nos seus processos de transporte e eventuais destinos em ambientes aquáticos (Zhang, 2017). Neste estudo, o azul, foi a cor mais comumente encontrada, similar ao estudo feito por Avio et al. (2015) que nos TGI de peixes registraram fibras de várias cores, como preto, branco, verde, azul, branco e vermelho, sendo também azul a cor dominante, principalmente na forma de fibras, muito provavelmente associadas à fragmentação de artefatos marítimos, como por exemplo cordas e redes (Cole et al., 2015b), podendo ser confundidos com alimentos.

#### **4.5 Controle da contaminação aérea**

Estudos recentes evidenciam a alta probabilidade de transmissão por MPs aerotransportados no decurso de amostragens em laboratório e aconselham o uso de protocolos e técnicas para reduzir e anular as causas de contaminação (Lusher et al., 2017; Prata et al., 2020). A contaminação aérea, pode ser proveniente de diferentes fontes, tais como roupas sintéticas e instrumentos e materiais mal higienizados (Hidalgo-Ruz et al., 2012) As medidas de limpeza, desinfecção, uso de jalecos de algodão, luvas de látex, restrição da circulação de pessoas no local, redução do tempo de análise das amostras, são medidas simples que permitem um melhor controle da contaminação aérea por MPs nas amostragens e triagens em laboratório, como aqui demonstrado, com tais medidas foi possível o controle total da contaminação aérea local (Paiva et al., 2022b).

### **5. CONCLUSÃO**

Por meio da comparação de metodologias, conclui-se que o método químico revelou-se mais eficiente na quantificação de MPs ingeridos pelos peixes, quando comparado com o tratamento de amostras pelo método visual. Uma metodologia de baixo custo operacional e fácil aplicação e otimização do tempo de análise, o que favorece o aumento do número de pesquisas sobre microplásticos presentes em peixes e, conseqüentemente, fornece subsídios para tomadores de decisões, visando à promoção da preservação do ecossistema marinho diante da crescente poluição por materiais plásticos.

## REFERÊNCIAS

- AESA., 2018. **Agência Executiva De Gestão Das Águas Do Estado Da Paraíba**. Disponível em: [Http://Www.Aesa.Pb.Gov.Br/Aesa-Website/Comite-De-Bacias/Rio-Paraiba](http://www.Aesa.Pb.Gov.Br/Aesa-Website/Comite-De-Bacias/Rio-Paraiba) Acesso em: 03 de Junho 2019.
- Alvares C.A.; Stape J.L.; Sentelhas P.C.; Moraes Gonçalves J.L.; Sparovek G. 2013. **Koppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*. 22(6): 711-728. Doi:[10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507)
- Alves V.E.; Patrício J.; Dolbeth M.; Pessanha A.; Palma A.R.; Dantas E.W.; Vendel A. L. 2016. **Do different degrees of human activity affect the diet of Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis*?** *Journal Fish Biology*, 89(2): 1239-1257. [https://10.1111/jfb.13023](https://doi.org/10.1111/jfb.13023).
- Andrady, A.L. 2011. **Microplastics in the marine environment**. *Marine Pollution Bulletin*, 62:1596-1605. [doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030)
- Avio, C. G.; Gorbi, S.; Regoli, F. 2015. **Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea**. *Marine Environmental Research*, S0141113615300039-. [https://Doi:10.1016/j.marenvres.2015.06.014](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.014)
- Andréa P. Viana.; Flávia L. Frédou.; Thierry Frédou. 2012. **Measuring the ecological integrity of an industrial district in the Amazon estuary, Brazil**. *Marine Pollution Bulletin*, 64(3): 489–499. [https://doi:10.1016/j.marpolbul.2012.01.006](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.01.006)
- Browne, M.A.; Crump, P.; Niven, S.J.; Teuten, E.; Tonkin, A.; Galloway, T.; Thompson, R. 2011. **Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks**. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Carr, S A.; Liu, J.; Tesoro, A.G. 2016. **Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants**. *Water Research*, 91:174-182. [https://doi:10.1016/j.watres.2016.01.002](https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002)
- Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jeftic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wenneker, B., Westphalen, G. 2009. **UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter**. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83: xii + 120 pp.
- Claessens, M.; Van Cauwenberghe, L.; Vandegehuchte, M.B.; Janssen, C. R. 2013. **New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms**. *Marine Pollution Bulletin*, 70(1-2), 227–233. [https://doi:10.1016/j.marpolbul.2013.03.009](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.03.009)
- Cole, M.; Webb, Hannah.; Lindeque, Pennie.K.; Fileman, Elaine.S.; Halsband, Claudia.; Galloway, Tamara.S. 2014a. **Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms**. *Scientific Reports*. [https://doi:10.1038/srep04528](https://doi.org/10.1038/srep04528)

Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Galloway, T.S., 2015b. **The Impact of Polystyrene Microplastics on Feeding, Function and Fecundity in the Marine Copepod *Calanus helgolandicus***. Environ. Sci. Technol. <http://dx.doi.org/10.1021/es504525u>

De Souza, Ana Karolyna Maia. **Ocorrência E Quantificação De Microplásticos Em Águas Superficiais À Jusante Do Estuário Do Rio Paraíba, Pb.** João Pessoa. 2021. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual da Paraíba.

Dolbeth, M., Vendel, A. L., Pessanha, A., Patricio, J., 2016. **Functional diversity of fish communities in two tropical estuaries subjected to anthropogenic disturbance**. Mar. Pollut. Touro.112 (1-2), 244-254. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2016.08.011>

Dai, Z; Zhang, H; Zhou, Q; Tian, Y; Chen, T; Tu, C; Fu, C; Luo, Y. 2018. **Occurrence of microplastics in the water column and sediment in an inland sea affected by intensive anthropogenic activities**. Environmental Pollution, S0269749118314775–. <https://doi:10.1016/j.envpol.2018.07.131>

Eriksen, M.; Lebreton, L.C.M.; Carson, H.S.; Thiel, M.; Moore, C.J.; Borerro, J.C.; Galgani, F.; Ryan, P. G.; Reisser, J.; Dam, H. G. 2014. **Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea**. PLoS ONE, 9(15), e111913–. <https://doi:10.1371/journal.pone.0111913>

Elliott, M.; Hemingway, K. L.; Costello, M. J.; Duhamel, S.; Hostens, K.; Labropoulou, M.; Marshall, S. & Winkler, H. 2002. **Links between fish and other trophic levels**. In *Fishes in Estuaries* pp. 124–216. Oxford: Blackwell Science.

Enders, K.; Lenz, R.; Beer, S.; Stedmon, C. A. 2016. **Extraction of microplastic from biota: recommended acidic digestion destroys common plastic polymers**. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil, 74: <https://doi326–331.doi:10.1093/icesjms/fsw173>

Figueiredo, G.M.; Vianna, T.M.P. 2018. **Suspended microplastics in a highly polluted bay: Abundance, size, and availability for mesozooplankton**. Marine Pollution Bulletin, 135: 256-265. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.020>

Ferreira, P.V.C.; Amorim, A.L.A.; Pessoa, W.V.N.; Ramos, J.A.A.; 2017. **Influência das fases da lua na abundância de *Larimus breviceps* na zona de arrebenção da praia de Miramar-PB**. Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, [S.l.], n. 36, p. 107-115, set. 2017. ISSN 2447-9187. Disponível em:< <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/976>>. Acesso em: 10 de Outubro de 2021. <https://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n36p107-115>

Geyer, R.; Jambeck, J. R.; Law, K. L. 2017. **Production, use, and fate of all plastics ever made**. Science Advances, 3(7), e1700782–. <https://doi:10.1126/sciadv.1700782>

Guedes, Luciano Da Silva. **Monitoramento geoambiental do estuário do rio Paraíba do norte-PB por meio da cartografia temática digital e de produtos de sensoriamento**

**remoto**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

GFS/NCEP/US 2020. National Weather Service EUA (NWS).<<https://www.earth.nullschool.net>> Acesso em: 20 de Novembro de 2020.

González, D.; Hanke G.; Tweehuysen, G.; Bellert, B.; Holzhauer, M.; Palatinus, A.; Hohenblum, P.; Oosterbaan, L. 2016. **Riverine Litter Monitoring: Options and Recommendations**. Marine Litter Thematic Report; JRC Technical Report; EUR 28307. 52 p. <https://doi.org/10.2788/461233>

Hidalgo-Ruz V.; Gutow L.; Thompson R.C.; Thiel M. 2012. **Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification**. Environmental Science & Technology, 46(6), 3060–3075. <https://doi:10.1021/es2031505>

IBGE., 2010. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Censo Demográfico. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>>. Acesso em: 01 de Janeiro de 2022.

Jovanović, B. 2017. **Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective**. Integrated Environmental Assessment and Management, 13(3), 510–515. <https://doi:10.1002/ieam.1913>

Karami, A.; Golieskardi, A.; Choo, C. K.; Romano, N.; Ho, Y. B.; Salamatinia, B. 2016. **A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish**. Science of The Total Environment, <https://doi:10.1016/j.scitotenv.2016.10.213>

Lusher, A.L.; Welden, N.A.; Sobral, P.; Cole, M. 2017. **Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates**. Analytical Methods 9, 1346. <https://doi.org/10.1039/C6AY02415G>

Lusher, A. L.; McHugh, M.; Thompson, R.C. 2013. **Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel**. Marine Pollution Bulletin, 67(1-2), 94–99. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>

Liebezeit G.; Dubaish F. 2012. **Microplastics in Beaches of the East Frisian Islands Spiekeroog and Kachelotplate**. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 89(1), 213-217. <https://doi:10.1007/s00128-012-0642-7>

Mathalon, A.; Hill P. 2014. **Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia**. Marine Pollution Bulletin, 81(1): 69-79. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2014.02.018>

Montagner,C.C.; Dias, M.A.; Paiva, E.M.; Vidal, C. 2021. **Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos**. Quim. Nova, Vol. 44, No. 10, 1328-1352. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>

Macêdo, A.K.S.; da Silva, J.R.P.; dos Santos, H.B.; Thomé, R. G.; Vendel, A.L.; Amado, E.M. 2019. **Estuarine fish assemblages present a species-specific difference in the multixenobiotics resistance activity**. Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology – <https://doi:10.1002/jez.2320>

Nishida, A.K.; Nordi, N.; Alves, R.R.N. 2008. **Aspectos socioeconômicos dos catadores de moluscos do litoral paraibano, Nordeste do Brasil.** Revista de Biologia e Ciências da Terra. v8. 207-215.

Nishida, A.K.; 2000. **Catadores De Moluscos Do Litoral Paraibano. Estratégias De Subsistência E Formas De Percepção Da Natureza.** São Carlos/SP. (TESE DE DOUTORADO) – UFSCAR, Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Centro De Ciências Biológicas e da Saúde.

Prata, J.C.; Castro, J.L.; da Costa, J.P.; Duarte, A.C.; Rocha-Santos, T.; Cerqueira, M. 2020. **The importance of contamination control in airborne fibers and microplastic sampling: Experiences from indoor and outdoor air sampling in Aveiro, Portugal.** Marine Pollution Bulletin, 159,111522. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111522>

Pinheiro, C.; Oliveira, U.; Vieira, M.; **Occurrence and impacts of microplastics in Freshwater fish.** 2017. Journal of aquaculture & Marine biology. 5(6).

Pessoa, W.V.N.; Ramos, J.A.A.; Oliveira, P.G.V.; 2019. **Composition, density and biomass of fish community from the surf zone as a function of the lunar cycle at Miramar Beach in Cabedelo, Paraíba.** Neotropical Ichthyology, 17(2): e170042, <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170042>

Possatto, F.E.; Barletta, M.; Costa, M.F.; Ivar do Sul, J.A.; Dantas, D. V. 2011. **Detritos plásticos em manejo por peixes marinhos: um impacto inesperado na pesca.** Marine Pollution Bulletin. 5: 1098 -1102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.01.036>.

Paiva B.O., Souza A.K.M., Soares P.L., Silva J.R.P., Vendel A.L. 2021a. **Elevada ingestão de microplásticos pela corvina *Micropogonias furnieri* (Acanthuriformes: Sciaenidae).** Gaia Scientia. 15(4): 83-96. <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/60649>.

Paiva B.O., Souza A.K.M., Soares P.L., Palma A.R.T., Vendel A.L. 2022b. **Control of Airborne Contamination in Laboratory Analyses of Microplastics.** Brazilian Archives of Biology and Technology. 65(1):1-9. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210399>

Plastics Europe, 2019. **Association of Plastics Manufactures. Plastics - the Facts 2020: An analysis of European plastics production, demand and waste data.** Disponível em: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/4312-plastics-facts-2020>

Richardson, S.D.; Kimura, S.Y. 2019. **Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues. Analytical Chemistry,** acs.analchem.9b05269–. <https://doi:10.1021/acs.analchem.9b05269>

Santana, L. M. B. M.; Costa, L. V.; Abessa, D. M. S.; 2015. **A Contaminação Antrópica E Seus Efeitos Em Três Estuários Do Litoral Do Ceará, Nordeste Do Brasil – Revisão.** Arquivos De Ciências Do Mar, 48(2): 93-115

Stolte, A.; Forster, S.; Gerdt, G.; Schubert, H. 2015. **Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast.** Marine Pollution Bulletin, (99:216–229), S0025326X15004427–. <https://Doi:10.1016/j.marpolbul.2015.07.022>

Silva, P. P. G. **Contaminação E Toxicidade De Microplásticos Em Uma Área De Proteção Marinha Costeira**. 85f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. <https://Doi10.11606/D.18.2016.tde-27092016-084059>

Song, Y.K.; Hong, S.H.; Jang, M.; Han, G.M.; Rani, M.; Lee, J.; Shim, W.J.; 2015. **A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples**. Marine Pollution Bulletin, 93(1-2): 202-209. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2015.01.015>

Selleslagh, J.; Amara, R. 2015. **Are Estuarine Fish Opportunistic Feeders? The Case of a Low Anthropized Nursery Ground (the Canche Estuary, France)**. Estuaries and Coasts, 38(1): 252-267. <https://doi:10.1007/s12237-014-9787-4>

Thompson, R.C.; Olsen, Y.; Mitchell, R.P.; Davis, A.; Rowland, S.J.; John, A.W.G.; McGonigle, D.; Russel, A.E. 2004. **Lost at sea: where is all the plastic?**. Science, 304, 838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>

UNEP. **Biodegradable plastics and marine litter misconceptions, concerns and impacts on marine environments** 2015. United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi.

Vendel, A.L.; Bessa, F.; Alves, V.E.N.; Amorim, A.L.A.; Patrício, J.; Palma, A.R.T. 2017. **Widespread microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressures**. Marine Pollution Bulletin, 117(1-2): 448-455. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.081>

Vendel, A. L.; Bouchereau, J-L.; Chaves, P. T. 2010. **Environmental and subtidal fish assemblage relationships in two different brazilian coastal estuaries**. Brazilian Archives of Biology and Technology, 53(6): 1393-1406. <https://doi:10.1590/S1516-89132010000600016>

Van Cauwenberghe, L.; Janssen, C.R. 2014a. **Microplastics in bivalves cultured for human consumption**. Environmental Pollution, 193: 65-70. <https://doi:10.1016/j.envpol.2014.06.010>

Van Cauwenberghe, L.; Claessens, M.; Vandegehuchte, M. B.; Janssen, C. R. 2015b. **Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats**. Environmental Pollution, 199: 10-17. <https://doi:10.1016/j.envpol.2015.01.008>

Van Cauwenberghe, L.; Devriese, L.; Galgani, F.; Robbins, J.; Janssen, C. R. 2015b. **Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects**. Marine Environmental Research, S0141113615000938. <https://doi:10.1016/j.marenvres.2015.06.007>

Villéger, S.; Miranda, J R.; Hernandez, D F.; Mouillot, D.; Swenson, N G. 2012. **Low Functional  $\beta$ -Diversity Despite High Taxonomic  $\beta$ -Diversity among Tropical Estuarine Fish Communities**. PLoS ONE, 7(7), e40679. <https://doi:10.1371/journal.pone.0040679>

Wright, S.L.; Thompson, R.C.; Galloway, T.S. 2013. **The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review.** Environmental Pollution, 178: 483-492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>

Wright, S. L, Rowe, D.; Reid, M.J, Thomas.; K.V & Galloway, T.S. 2015. **Bioaccumulation and biological effects of cigarette litter in marine worms.** Scientific Reports 5:14119. <https://doi.org/10.1038/srep14119>

Zhang, W.; Zhang, S.; Wang, J.; Wang, Y.; Mu, J.; Wang, P.; Lin, X.; Ma, D. 2017. **Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China.** Environmental Pollution, 231: 541-548. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.058>

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois foi o meu combustível, me fez acreditar em mim mesma, e me capacitou para realizar este sonho. Sendo SEMPRE FIEL.

A minha MÃE e irmãs e meu cunhado Cleiton por tornarem esse sonho possível, por serem a razão pela qual quero crescer cada dia mais, por todo suporte emocional, financeiro, companheirismo e amor. É PRA VOCÊ MÃE, que apesar de todas dificuldades... NUNCA ME DEIXOU DESISTIR e ao meu Pai por todo apoio financeiro.

Ao meu noivo, que me salvou várias vezes do desânimo, sempre me estendendo a mão, me dando força e acreditando em mim. Por ser o meu companheiro e amigo nas horas difíceis e fáceis. Ao meu eterno namorado agradeço. Te amo.

A minha prima Fernanda Lustosa, por ter sido uma irmã pra mim desde o começo e até hoje, por todos os momentos compartilhados e ensinamentos, e a sua família tia Mireilhe e tio Carlos, por serem canal de benção na minha vida e por me terem dado todo suporte para minha estadia aqui, desde o início. Nunca vou esquecer de todo cuidado e carinho.

A minha melhor amiga Soelandia, pois desde o início me ajudou com os perrengues, me deu apoio, torceu por mim, me aconselhou e me motivou, eu lembro bem do dia que meu PC quebrou, mesmo longe nunca pensou duas vezes para me ajudar.

A ANINHA, eu nem tenho como agradecer, mas agradeço por ser a minha duplinha, por ser essa pessoa maravilhosa que me proporcionou momentos inesquecíveis, por todos os momentos bons e ruins que passamos na UEPB e fora, que foram muitos, mas sempre estávamos juntas, uma segurando a mão da outra, por você ser uma verdadeira amiga que vai além da faculdade, por me socorrer, por me aconselhar e por me acalmar muitas vezes, já enxugou muitas lágrimas. Te amo e muitooo obrigadaaaa.

A Janaina que é uma amiga que a UEPB me deu e que vou levar para minha vida, por todos os momentos que tivemos e que ainda vamos ter, mesmo não estando na faculdade, sempre esteve comigo.

E a Grasi por ter sido uma pessoa incrível durante o tempo que moramos juntas, foi uma amigona nos meus momentos de luta, me descontraíndo e não me deixando só. Quero levar para vida

A todos os amigos e colegas que fizeram e aos que fazem parte desta trajetória, deixando-a mais fácil e divertida, Rômulo, Cícero, Janaína, Gessica, Bruna Loraynne, Bruna Sawana, Dauline, Pablo, Matheus, Alexia, Roberta e Bia, vou levar cada momento pra sempre.

As pessoas que me socorreram quando estava super sobrecarregada eu agradeço, Roberta, Gabriela pra dar conta de todos os peixinhos, Victor sempre me ajudando quando o PC quebrava, Ana karolina, SEMPRE desde o início..., Soelandia quando me emprestou o PC, Bia (peixinha) por tirar dúvidas quanto ao tcc e por ter me feito entrar no Laboratório de Ictiologia (LabIctio) kkk e toda parceria, vocês foram fundamentais, sou grata a cada um em particular.

A minha Orientadora Ana Lúcia por toda dedicação, persistência, paciência, encorajamento. Tenho grande admiração pela professora que você é, por sempre se preocupar em nos fazer crescer, saiba que aprendi muito com você, você me instruiu a ser uma bióloga melhor. Obrigada!!

A minha Coorientadora Nyedja, por ser uma professora excepcional, descomplicando minha vida muitas vezes pela sua forma de ensino, me levou até gostar de estatística kk, por toda paciência e compreensão durante as correções e todo encorajamento. Obrigada.

A todos do LabIctio: Ana Lúcia, Patrícia, Laura, Summeya, Bianca, Aninha, Jicaury, que fizeram parte dessa jornada de coleta, análise, artigo. Grata a todos que em algum momento me ajudaram ou estiveram dispostos a me ajudar.

A todos os professores que contribuíram para minha formação, a alguns em especial que me fizeram gostar ainda mais da biologia, Enelise, Ênio, Sérgio, Ana Lúcia, Taciana, entre outros. Obrigada por todo ensinamento e inspiração.

A minha banca examinadora Profa. MSc. Vivianne Evelyn do Nascimento Alves e Prof. Dr. Cléber Ibrahim Salimon que aceitaram a este convite, muito obrigada pelas contribuições no presente estudo.