

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS NA ICTIOFAUNA  
DULCÍCOLA E NO SEDIMENTO DA BACIA DO RIO  
ITAÚNAS-ES**

**AILIN GOMES TERTULIANO**


**São Mateus/ES  
Setembro/2024**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: **Ailin Gomes Tertuliano**

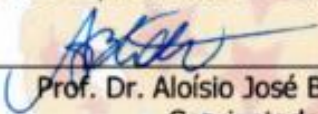
Título: **Caracterização da ocorrência de microplásticos na ictiofauna dulcícola da  
bacia do rio Itaúnas – ES**

Monografia do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas  
Defendida e aprovada em 20/09/2024



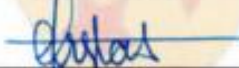
---

Prof. Dr. Luiz Fernando Duboc  
Orientador e presidente da Comissão Examinadora




---

Prof. Dr. Aloísio José Bueno Cotta  
Coorientador



---

Profª. Drª. Cristiane Alves da Silva do Nascimento  
Examinador 1



---

Profª. Ms. Priscila Plesley Alves da Silva  
Examinador 2

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS NA  
ICTIOFAUNA DULCÍCOLA E NO  
SEDIMENTO DA BACIA DO RIO  
ITAÚNAS-ES.**

**AILIN GOMES TERTULIANO**

Monografia de conclusão de curso apresentada ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de BACHAREL EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Duboc da Silva  
Coorientador: Prof. Dr. Aloísio José Bueno Cotta

**São Mateus/ES  
Setembro/2024**



## EPÍGRAFE

*“Se algo for por água abaixo,  
não desvie sua correnteza...  
Pois é da foz de rios que nascem  
belas cachoeiras.”*

- Autor desconhecido.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio emocional e financeiro da minha família, que sempre estiveram ao meu lado em todas as decisões, inclusive, na decisão de me matricular em uma Universidade em outro Estado (que na época foi assustador). Especialmente a minha mãe Pauline e o meu pai Eudócio, que passaram dias e dias me ajudando a achar apartamento e a fazer as mudanças exaustivas (3 vezes), além de terem se desdobrado no trabalho e viajarem muitos quilômetros só para me visitarem por um fim de semana que fosse, sempre mostrando muita preocupação e carinho por mim. Além de terem me aconselhado e confortado inúmeras vezes durante toda a minha graduação, com chamadas de vídeo até tarde, e ligações de mais de 1 hora. Eu não teria conseguido chegar aonde cheguei sem vocês, eu os amo com todas as minhas forças, e serei eternamente grata pelos pais maravilhosos que eu recebi nessa vida.

Agradeço a toda ajuda das amigadas que eu fiz durante a jornada no Ceunes, em especial aos meus amigos do laboratório NuPPec, não só referente a este trabalho em si, mas a todas as vezes que nos sentamos a mesa juntos, comendo bolo e tomando café, com muitas risadas e bom humor sempre. Fora os campos, que mesmo ficando o dia inteiro fora, e muitas vezes o trabalho manual causando muito cansaço, essa equipe era sempre muito animada, e no fim do dia nem parecia que tínhamos ficado quase 10h enxarcados e andando para cima e para baixo. Vocês me ajudaram muito a manter as boas energias e voltar ao trabalho com a mente mais leve, são recordações que guardarei no coração!

Agradeço ao meu namorado Maik, por todo apoio e paciência que precisou ter comigo durante os momentos mais difíceis, que são normais de acontecer, mas ter com quem desabafar e ter um ombro para chorar fez toda a diferença nessas ocasiões.

Agradeço os meus Orientadores, Duboc e Aloísio por aceitarem me orientar, e por terem me dado todo o suporte necessário para a construção deste trabalho. Especialmente o Duboc, gostaria de agradecer também por todos os momentos de ensinamento e por toda a atenção, se disponibilizando não só para ajudar como orientador, mas para confraternizar como amigo, sendo sempre uma pessoa muito compreensiva e otimista. Acredito que digo por todos do laboratório, que não poderíamos ter pedido por um orientador melhor!

Sou muitíssimo grata pela existência de todos vocês, que participaram de forma direta ou indireta neste trabalho. **MUITO OBRIGADA!!**



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Dados ambientais dos pontos de coleta pré-estabelecidos (P01 – Cachoeira dos pretos e P02 – Sob a ponte da Jacuba).....	12
<b>Tabela 2.</b> Lista de táxons e seus pontos de ocorrência.....	26
<b>Tabela 3.</b> Espécies e ordens com maior ingestão de microplásticos dentre os espécimes analisados.....	31
<b>Tabela 4.</b> Frequência de pontos e Frequência de ocorrência dos MP's de cada espécie amostrada.....	32
<b>Tabela 5.</b> Classificação dos táxons amostrados em guildas tróficas e grupos funcionais. <b>O=</b> onívoro; <b>D=</b> detritívoro; <b>PI=</b> piscívoro; <b>IN=</b> insetívoro; <b>H=</b> herbívoro; <b>B=</b> bentívoro; <b>C=</b> carnívoro.....	36
<b>Tabela 6.</b> Número de microplásticos encontrados, separados por guilda trófica e grupo funcional. <b>O=</b> onívoro; <b>IN=</b> insetívoro; <b>D=</b> detritívoro; <b>PI=</b> piscívoro; <b>B=</b> bentívoro.....	36

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Microplástico encontrado em <i>Deuterodon intermedius</i> - (P02).....	4
<b>Figura 2:</b> Delimitação de áreas de mata ciliar na bacia do rio Itaúnas.....	7
<b>Figura 3:</b> Ponto P01 – Cachoeira dos pretos (18° 08' 48.5'' S; 40° 05' 52.4'' W - a jusante da cidade).....	12
<b>Figura 4:</b> Ponto P02 – Sob a ponte da Jacuba (18° 12' 45.8'' S; 40° 04' 49.1'' W - a montante da cidade).....	13
<b>Figura 5:</b> Ponto P03 – Lagoa dos quaxos (18° 16' 20.2' S; 39° 48' 54.9'' W - REBIO C.G).....	13
<b>Figura 6:</b> Ponto P04 – REBIO (18° 17' 22.8' S; 39° 48' 57.6'' W - REBIO C.G).....	13

<b>Figura 7:</b> Localização dos pontos de amostragem (P01 – Cachoeira dos Pretos; P02 – Sob a ponte da Jacuba; P03 –Lagoa dos Guaxes na REBIO C.G e P04 – REBIO C.G).....	14
<b>Figura 8:</b> Ponto P02 - Coleta de espécimes com rede de arrasto e peneira.....	15
<b>Figura 9:</b> Ponto P02 - Eutanásia dos espécimes.....	16
<b>Figura 10:</b> <b>A:</b> Pesagem, <b>B:</b> Medição, <b>C:</b> Dissecção.....	17
<b>Figura 11:</b> Ponto P02 - Coleta de amostras de sedimento com a draga. ....	17
<b>Figura 12:</b> <b>A:</b> Preparo da solução salina saturada, <b>B:</b> Solução salina no agitador magnético, <b>C:</b> Amostras de sedimento, <b>D:</b> Proveta contendo mistura de sedimento com solução salina no agitador ultrassônico, <b>E:</b> Filtragem inicial a vácuo no kitassato, <b>F:</b> Filtragem final a vácuo no kitassato, <b>G:</b> Filtro quantitativo após a filtragem contendo microplásticos e pequenas partículas de sedimento.....	20
<b>Figura 13:</b> Etapas do procedimento de remoção estomacal (estômago de <i>Astyanax lacustris</i> ). Evidenciando a região cárdica (seta vermelha) e a região pilórica (seta azul).....	22
<b>Figura 14:</b> Representatividade de cada ordem.....	26
<b>Figura 15:</b> Frequência de ocorrência de microplásticos em relação ao formato.....	30
<b>Figura 16:</b> Porcentagem das cores de microplásticos comumente encontrados.....	31
<b>Figura 17:</b> Índice de importância de microplásticos na dieta dos espécimes coletados.....	33
<b>Figura 18:</b> Microplásticos encontrados nos espécimes estudados.....	37 e 38
<b>Figura 19:</b> Quantidade de microplásticos encontrados nos sedimentos, separados por ponto de coleta.....	40
<b>Figura 20:</b> Microplásticos encontrados no sedimento – Ponto P01 (Cachoeira dos Pretos).....	40
<b>Figura 21:</b> Microplásticos encontrados no sedimento – Ponto P02 (Sob a ponte da Jacuba).....	41
<b>Figura 22:</b> Microplásticos encontrados no sedimento – Ponto 03 (Lagoa dos Guaxes – REBIO C.G).....	41
<b>Figura 23:</b> Microplásticos encontrados no sedimento – Ponto 04 (REBIO C.G).....	41
<b>Figura 24:</b> Espécies registradas.....	42 a 45

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.2 MICROPLÁSTICOS</b> .....	3
<b>1.3 POSSÍVEL CORRELAÇÃO: MATAS CILIARES E MICROPLÁSTICOS</b> .....	6
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	9
2.1 Objetivo geral.....	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
<b>3. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	10
3.1 Coleta de dados ambientais.....	11
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	14
4.1 Métodos de captura.....	14
4.2 Preparo do material em campo.....	15
4.3 Procedimentos laboratoriais iniciais.....	16
4.4 Sedimento.....	17
4.4.1 Coleta das amostras.....	17
4.4.2 Análise do sedimento (Fig. 12).....	18
4.5 Análise estomacal.....	21
4.6 Frequência de Ocorrência (%Fo).....	22
4.7 Frequência de Pontos (%FPi).....	23

4.8 Índice de importância de microplásticos (%IP).....	24
5. Quantificação e classificação dos microplásticos.....	24
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>25</b>
6.1 Ictiofauna.....	25
6.2 Ecologia e distribuição das espécies.....	27
6.2.1 Espécies introduzidas.....	28
6.3 Análise dos estômagos.....	29
6.4 Estratégia alimentar.....	33
6.5 Amostragem de sedimentos.....	39
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>46</b>
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>

## RESUMO

A diversidade e riqueza da ictiofauna de água doce na região Neotropical, particularmente no Brasil, destacam-se pela vasta quantidade de bacias hidrográficas e pela abundância de recursos hídricos, abrigando mais de 3.600 espécies de peixes. No entanto, esta biodiversidade está severamente ameaçada pela degradação da qualidade da água e dos habitats, exacerbada por diversos fatores, incluindo a poluição plástica, um problema reconhecido globalmente. O presente estudo foi conduzido na bacia do rio Itaúnas, localizada no estado do Espírito Santo. Este rio apresenta sinais de degradação ambiental, possivelmente decorrentes de atividades antropogênicas. O objetivo principal foi investigar a presença de microplásticos na ictiofauna e no sedimento da bacia do rio Itaúnas, com o intuito de fornecer dados que possam contribuir para a gestão ambiental e pesquisas futuras. Embora muitas pesquisas sobre microplásticos se concentrem na área marinha, poucos estudos investigam este poluente em lagos e rios, e ainda menos nos sedimentos fluviais. Além disso, a falta de uma metodologia padronizada compromete a comparabilidade entre estudos que utilizam abordagens distintas. Portanto, destaca-se a importância de pesquisas sobre microplásticos em sistemas de água doce, uma área ainda insuficientemente explorada. Os detritos plásticos, que incluem microplásticos e macroplásticos, são onipresentes e persistem no ambiente, causando danos significativos aos organismos aquáticos, devido à sua composição de polímeros sintéticos derivados de resinas petroquímicas. Este estudo também aborda as matas ciliares como possíveis vias de entrada e saída de microplásticos nos sistemas lacustres, correlacionando essas áreas com a ciclagem de nutrientes e a interação com os ecossistemas aquáticos. Ademais, discute-se a utilização de guildas tróficas e grupos funcionais para compreender as relações ecológicas nas comunidades aquáticas e o consumo de microplásticos. Para caracterizar este item, foram analisados parâmetros como a frequência de ocorrência/pontos, além de categorizá-los por formato, cor e tamanho, facilitando a comparabilidade entre diferentes estudos e localidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alimentação. Mata Atlântica. Mata ciliar. Qualidade ambiental. Guilda trófica. Sedimento. Ecologia alimentar.

## **ABSTRACT**

The diversity and richness of freshwater ichthyofauna in the Neotropical region, particularly in Brazil, are distinguished by the vast number of river basins and the abundance of water resources, harboring over 3,600 species of fish. However, this biodiversity is severely threatened by the degradation of water quality and habitats, exacerbated by various factors, including plastic pollution, a globally recognized problem. The present study was conducted in the Itaúnas River basin, located in the state of Espírito Santo. This river shows signs of environmental degradation, possibly resulting from anthropogenic activities. The main objective was to investigate the presence of microplastics in the ichthyofauna and sediment of the Itaúnas River basin, with the aim of providing data that can contribute to environmental management and future research. Although much research on microplastics focuses on the marine area, few studies investigate this pollutant in lakes and rivers, and even fewer in riverine sediments. Furthermore, the lack of standardized methodology compromises comparability between studies using different approaches. Therefore, the importance of research on microplastics in freshwater systems, an area still insufficiently explored, is highlighted. Plastic debris, including microplastics and macroplastics, is ubiquitous and persistent in the environment, causing significant harm to aquatic organisms due to their composition of synthetic polymers derived from petrochemical resins. This study also addresses riparian forests as possible pathways for the entry and exit of microplastics in lacustrine systems, correlating these areas with nutrient cycling and interaction with aquatic ecosystems. Additionally, it discusses the use of trophic guilds and functional groups to understand ecological relationships within aquatic communities and the consumption of microplastics. To characterize this item, parameters such as frequency of occurrence/points were analyzed, as well as categorizing them by shape, color, and size, facilitating comparability between different studies and locations.

**KEYWORD:** Nutrition. Atlantic Forest. Riparian forest. Environmental quality. Trophic guild. Sediment. Food ecology.

## 1. INTRODUÇÃO

A região Neotropical destaca-se pela vasta riqueza e biodiversidade de peixes de água doce em nível global ([VARI & MALABARBA, 1998](#)), com o número de espécies de peixes desta área podendo chegar a 9.000 ou mais, dado que novas descobertas de peixes de água doce continentais ocorrem constantemente, com dezenas de novas espécies descritas a cada ano ([BIRINDELLI & SIDLAUSKAS, 2018](#); [ALBERT et al., 2020](#)). O Brasil é um país de proporções continentais que apresenta o maior número de bacias hidrográficas e a maior quantidade de água doce disponível, desta forma, não é surpreendente que apresente uma diversidade ictiofaunística excepcionalmente rica ([ABILHOA & DUBOC, 2004](#)). Além de constituir a fauna de vertebrados continentais mais diversificada do mundo, possuindo em torno de 39 famílias, 517 gêneros válidos ([BUCKUP et al., 2007](#)) e mais de 3.600 spp. peixes de água doce são relatados no Brasil ([ICMBio, 2024](#)), 112 delas são registradas para o Espírito Santo ([HOSTIM-SILVA et al., 2019](#)).

Os rios situados ao norte do estado do Espírito Santo encontram-se nas bacias da Região Hidrográfica do Atlântico Leste, a qual, segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos ([MMA, 2006](#)), é delimitada pelas bacias hidrográficas litorâneas, limitadas ao norte e a oeste pelo sistema do rio São Francisco e ao sul pelo sistema do rio Doce ([ANA, 2019](#)). Esta região inclui desde a bacia do rio Barra Seca (como proposto por [HOSTIM et al., 2019](#)), no Espírito Santo, até a bacia do rio Japarutuba, em Sergipe ([CNRH, 2003](#)). As bacias localizadas no norte do Espírito Santo compreendem os rios Barra Seca, São Mateus e Itaúnas, com uma área total de 12.285 km<sup>2</sup>. A bacia do rio Itaúnas, foco do presente estudo, abrange uma área de drenagem de 4.428 km<sup>2</sup>. ([AGERH, 2015](#); [ANA, 2019](#)).

A ictiofauna é afetada das mais variadas maneiras, como, por exemplo, pela degradação da qualidade da água ou do hábitat, ou pela combinação dos dois fatores, tendo como consequências, elevadas cargas de material em suspensão e o resultante assoreamento

([ARAÚJO, 1998](#)), ocorrendo tanto em córregos de montanhas como em rios de planície. Ademais, segundo a Organização das Nações Unidas ([ONU, 2021](#)) a poluição plástica é considerada uma das crises planetárias inter-relacionadas que enfrentamos, tornando-se uma ameaça ambiental global, e de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente ([PNUMA, 2023](#)), a produção global anual é de 430 milhões de toneladas de plástico, onde apenas 9% são reciclados, e suas estimativas indicam que a produção plástica deve triplicar até 2040. O Brasil, segundo dados da World Wide Fund for Nature ([WWF, 2019](#)), é o 4º maior produtor de lixo plástico no mundo, com 11,3 milhões de toneladas por ano, no qual 85% dessa produção plástica afeta os corpos d'água.

Os detritos plásticos têm sido relatados como a forma mais difundida de lixo antrópico nos oceanos e nos sistemas de água doce em todo o mundo, sendo classificados como contaminantes emergentes ([JAMBECK et al., 2015](#); [KARAMI et al., 2017](#); [ANDRADE et al. 2019](#)). A maioria dos resíduos plásticos que entram no oceano viajam da terra para o mar através de riachos e rios ([EERKES-MEDRANO et al., 2015](#); [ZHOU et al., 2020](#); [LEBRETON et al., 2017](#); [SCHMIDT et al., 2017](#)), enfatizando dessa forma a importância dos estudos nos sistemas lacustres. As garrafas, os sacos e as redes de pesca plásticas acabam por se fragmentar em partículas menores devido à degradação ocasionada pela ação das chuvas, ventos, radiação solar e outros, resultando nos assim chamados microplásticos ( $\leq 5$  mm) e mesoplásticos ( $>5,1$  mm a  $\leq 25$  mm), que persistem durante longos períodos no ambiente ([FOSSI et al., 2017](#)), tendo sido encontrados fragmentos de plástico mesmo em zonas remotas com pouca ou nenhuma população humana, ou em áreas de preservação permanente, como será demonstrado neste estudo.

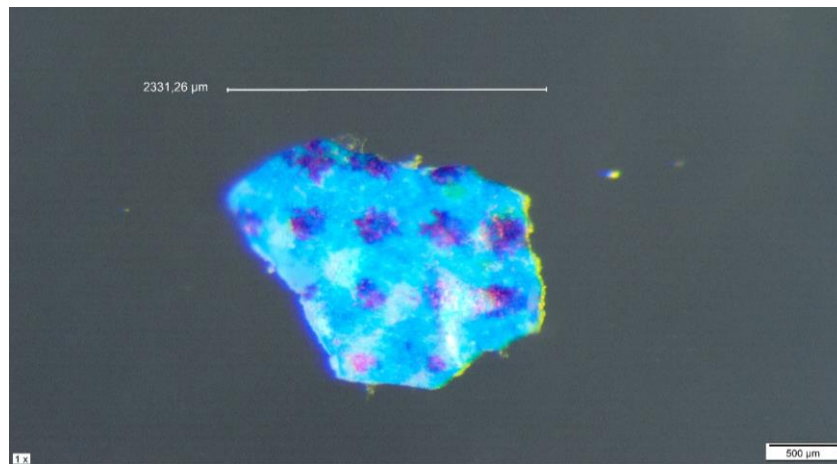
A ingestão de detritos plásticos pode causar lesões internas e o bloqueio do trato gastrointestinal, o que pode levar à inanição ([POSSATTO et al., 2011](#); [DE SÁ et al., 2016](#); [TANAKA & TAKADA, 2016](#); [COURTENE-JONES et al., 2017](#)). Ademais, os resíduos plásticos apresentam riscos toxicológicos químicos através da transferência na cadeia alimentar e da bioacumulação, o que pode constituir um perigo para os seres humanos que consomem os peixes afetados ([FARRELL E NELSON, 2013](#); [WRIGHT et al., 2013](#)).

Neste contexto, a presença de microplásticos (MP) no sistema digestivo de organismos aquáticos pode ser utilizada como um indicador da qualidade ambiental, refletindo o nível de poluição do ecossistema dulcícola.

Mesmo diante do exposto, os detritos plásticos em rios e sistemas lacustres não foram bem documentados na maioria das regiões do mundo ([HURLEY et al., 2018](#)). Há relatos de ingestão de MP por peixes em estudos que se referem a espécies marinhas, enquanto para águas continentais esse fenômeno ainda é escassamente explorado. Desta forma, pretende-se estudar a ocorrência de MP na ictiofauna e no substrato de diferentes pontos da bacia do rio Itaúnas ao norte do Espírito Santo, visando gerar uma base de dados que possa auxiliar na gestão de estudos futuros.

## 1.2 MICROPLÁSTICOS

O plástico é um componente inorgânico constituído por polímeros sintéticos derivados de resinas petroquímicas, são materiais formados pela união de extensas cadeias moleculares compostas por monômeros ([OLIVEIRA et al., 2004](#)). Estes são produzidos através do processo químico conhecido como polimerização, que consiste na união química dos monômeros que formam os polímeros, os quais são utilizados como matéria prima para a fabricação dos mais variados objetos. Portanto, a alta durabilidade e resistência do plástico eleva os riscos ambientais quando estes são descartados de maneira inapropriada no meio ambiente ([MOORE, et al., 2011](#)). Com a degradação dos componentes plásticos nos sistemas lacustres, os produtos plásticos se fragmentam em pequenas partículas e podem apresentar tamanhos inferiores ou iguais a 5 mm (microplásticos) (Figura 1) ou entre 5,1 mm e 25 mm (macroplásticos).



**Figura 1:** Microplástico encontrado no estômago de *Deuterodon intermedius* - (P02).

O plástico possui uma ampla gama de usos, abrangendo desde itens domésticos e pessoais até embalagens e materiais de construção, além de serem frequentemente utilizados como matéria prima na indústria de produtos de higiene, como as microesferas utilizadas na fabricação de esfoliantes, cremes dentais, cosméticos e fibras têxteis utilizadas para a confecção de roupas ([DRIS et al., 2015](#)). Agravando o crescimento exponencial da produção global de plástico desde o advento da criação no século XX, o primeiro plástico totalmente sintético e em escala industrial surgiu com o químico belga Leo Hendrik Baekeland (1907), considerado o pai da indústria do plástico, e com produção em massa na década de 1950, ultrapassando os 368 milhões de toneladas por ano ([PLASTIC EUROPE, 2022](#)).

O descarte inadequado desses poluentes no meio ambiente contribui para o agravamento desse problema. Uma das causas mais evidentes que contribui para esta problemática é o crescimento não planejado de áreas urbanas nas proximidades de rios, lagos e mares resultando em alterações drásticas nos ecossistemas aquáticos. Este fenômeno é ainda mais potencializado pelo aumento da poluição nas cidades, gerando uma carga ainda maior de poluentes que são carregados para os rios que atravessam essas áreas urbanas ([PHILIPS, 2015](#)). Ademais, a ineficiência dos sistemas de coleta e tratamento de resíduos

emerge como a principal fonte poluidora dos sistemas aquáticos de modo geral ([ZIMMERMAN et al., 2008](#)).

Os MP's são capazes de ser ingeridos por organismos aquáticos, como demonstrado em estudos realizados em organismos marinhos, peixes de água doce e invertebrados ([SILVA, 2016](#); [MACHADO et al., 2021](#)). No entanto, os efeitos resultantes da ingestão de MP's ainda são pouco documentados, sendo imperativo investigar questões relevantes para abordar esse problema. A contaminação por MP na biota tem sido tradicionalmente examinada por meio da análise de conteúdos gastrointestinais. Após a ingestão, os MP's podem permanecer no organismo, ser excretados ou migrar para outros tecidos e fluidos corporais, portanto, são necessários mais estudos para compreender melhor esse aspecto em organismos de água doce.

A forma e o tamanho dos microplásticos influenciam a biodisponibilidade, mas a absorção dependerá das funcionalidades ecológicas e fisiológicas, por exemplo, estratégias alimentares das espécies ou estágios de desenvolvimento.

Ao contrário da grande quantidade de literatura que descreve a contaminação do ambiente marinho com resíduos plásticos, apenas alguns estudos abordaram a questão da contaminação por MP em lagos e rios, além disso, os estudos em sedimentos de rios são ainda mais raros. Embora a pesquisa sobre MP's tenha sido iniciada há quase duas décadas, as metodologias para coleta de amostras, pré-tratamento, quantificação e identificação ainda não foram padronizadas ([LI J. et al., 2018](#); [PRATA et al., 2019](#); [SILVA et al., 2018](#)).

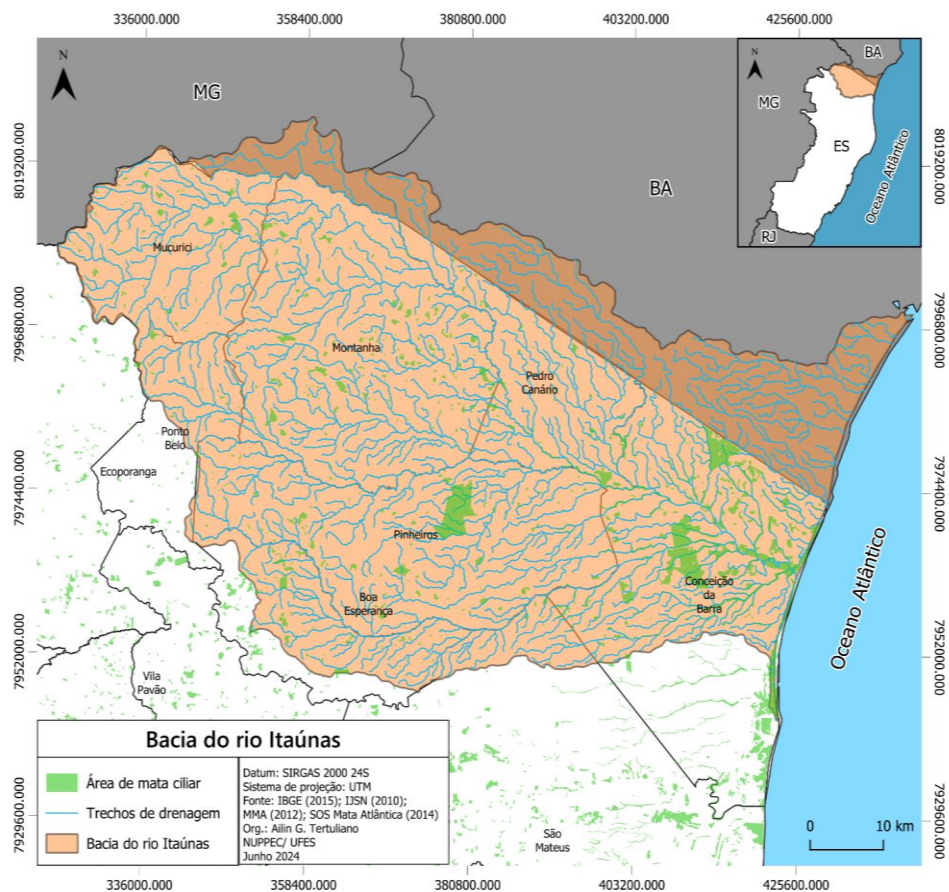
### 1.3 POSSÍVEL CORRELAÇÃO: MATAS CILIARES E MICROPLÁSTICOS

As matas ciliares referem-se, do ponto de vista fitoecológico, à vegetação arbórea localizada nas margens de corpos d'água, independentemente de sua extensão ou localização geográfica bem como de sua composição de espécies vegetais. Nesse contexto, a amplitude do conceito de mata ciliar é praticamente integral no que diz respeito ao território brasileiro, uma vez que tais formações ocorrem em todos os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do país ([RODRIGUES, R. & FILHO. H F. L. 2001](#)).

Dentre as características que são comumente observadas para matas ciliares, são: a ocorrência de serrapilheiras; deposição de nutrientes; erosão laminar; deposição de sedimentos; tipos de solo; lençol freático profundo ou raso; características do relevo; formas; ocorrência da unidade vegetacional e o encharcamento do solo ([RODRIGUES, R. & FILHO. H F. L. 2001](#)).

A eficácia da ciclagem de nutrientes e seus processos de transferência particulares dessas formações incluem: o transporte de sedimentos provenientes de áreas contíguas, carregados por águas pluviais ou fluviais, sendo retidos pela vegetação ribeirinha que desempenha um papel de filtro ([KARR & SCHLOSSER, 1978](#).; [LOWRANCE ET AL. 1984](#).; [BAKER, 1984](#).; e [PETER JOHN & CORREL, 1984](#)); a entrada de nutrientes por meio do fluxo lateral do lençol freático, promovendo a transferência de nutrientes das regiões mais elevadas para a faixa ciliar; a perda de nutrientes pela remoção da serrapilheira arrastada pela água em áreas alagadas; e a ciclagem de nutrientes entre os diferentes compartimentos do ecossistema, que se mostra como um processo enérgico e imprevisível. Essa dinâmica volúvel das matas ciliares pode propiciar a entrada e saída de microplásticos nos sistemas lacustres, visto que apresentam tamanhos variados, mas em sua maioria diminutos, há a possibilidade de estarem integrados na ciclagem de nutrientes. Fazendo-se necessário maiores esforços para a confirmação de tal abordagem.

Para os pontos de amostragem do presente estudo, a mata ciliar insere-se em um ambiente de Mata Atlântica, com evidências de poluição (Pontos P01 e P02). O pico de produção de serrapilheira ocorre em épocas chuvosas e em temperaturas mais elevadas. O solo é predominantemente úmido e pouco profundo, às margens, a vegetação arbórea é de médio a grande porte, e com uma incidência de mata ciliar reduzida. A região da bacia do rio Itaúnas, contém alguns fragmentos de Mata Atlântica (Figura 2), portanto, faz-se necessária a recuperação das matas ciliares, além da conservação dos afluentes que compõem a bacia, desde as suas cabeceiras. Por fim, torna-se imprescindível mais estudos com o intuito de conhecer e compreender melhor a complexidade desses remanescentes, a sua relação com a fauna e os microplásticos.



**Figura 2:** Delimitação de áreas de mata ciliar na bacia do rio Itaúnas.

Os pontos P03 e P04 apresentam uma maior abundância de vegetação marginal e mata ripária, além de diversos abrigos, resultando em maior riqueza, diversidade e abundância de espécies com diferentes níveis de exigências ambientais, possivelmente devido a este fator. Espera-se, portanto, que uma maior diversidade de espécies seja observada em locais onde a mata ripária é mais bem estruturada (com exceção do P03, que não houve diversidade e riqueza de espécies devido a questões metodológicas). Nesse tipo de ambiente, as matas ciliares exercem grande importância como fonte de alimentos, composição de habitats e refúgios, fatores cruciais para a manutenção da diversidade da fauna aquática ([ABILHOA et al., 2008](#)). [GOULDING \(1980\)](#) afirma que muitos peixes são ecologicamente dependentes da floresta, assim como muitas árvores marginais dependem de algumas espécies de peixes para sua dispersão, sugerindo que a relação entre a mata ciliar e os animais aquáticos vai além do comensalismo, podendo ser caracterizada como mutualismo.

O ponto P01 caracteriza-se pela baixa abundância de mata ripária e vegetação marginal, trata-se de um ambiente lântico com fundo lamoso e rochoso, possuindo pouca proteção em seu entorno, o que evidencia baixa heterogeneidade ambiental e escassa estruturação, limitando a disponibilidade de micro-habitats. Este ponto apresentou a menor diversidade comparado ao ponto P02, bem como menores riqueza e abundância de espécies.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O presente estudo tem como objetivo avaliar a ocorrência de microplásticos na ictiofauna dulcícola do rio Itaúnas ao norte do Espírito Santo, verificando possíveis alterações em sua ocorrência ao longo da bacia do rio Itaúnas e sua possível relação com a qualidade do ambiente em que estão inseridos.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar quais espécies e quantos de seus indivíduos consomem microplásticos na bacia do rio Itaúnas- ES;
- Indicar os microplásticos mais comumente consumidos pela ictiofauna dulcícola na bacia do rio Itaúnas - ES;
- Inferir a frequência de ocorrência de microplásticos na dieta dos peixes estudados na bacia do rio Itaúnas - ES;
- Verificar a presença de microplásticos no sedimento na bacia do rio Itaúnas – ES.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

O Espírito Santo ocupa duas Regiões Hidrográficas, o “Atlântico Leste” que compreende as bacias do norte do estado, do rio Barra Seca (inclusive) para o norte (*sensu* HOSTIM et al., 2019), e o “Atlântico Sudeste”, abrangendo as demais bacias do estado, do rio Doce (inclusive) para o sul, podendo ainda ser subdividido em 13 bacias hidrográficas, considerando a inclusão da bacia do rio Barra Seca, como proposto em [FRAGA et al. \*op cit.\*](#)

A bacia do rio Itaúnas localiza-se no extremo norte capixaba com uma extensão de 174 km, e se encontra completamente inserida no bioma Mata Atlântica, possuindo uma superfície de aproximadamente 4.428 km<sup>2</sup>, sendo 3.887 km<sup>2</sup> no estado do Espírito Santo e apenas 541 km<sup>2</sup> nos estados de Minas Gerais e Bahia ([AGERH, 2015](#)). Apesar do rio Itaúnas ser de domínio estadual, a bacia possui nascentes no córrego Barreado, em Minas Gerais, no município de Nanuque, e em outros córregos na Bahia, no município de Mucuri. No Espírito Santo, sua bacia drena os municípios de Ponto Belo, Mucurici, Montanha, Pinheiros, Pedro Canário, Boa Esperança, Conceição da Barra e São Mateus, no Espírito Santo ([AGERH \*op cit.\*](#)). A bacia do rio São Mateus define os limites ao sul da bacia do rio Itaúnas ([SARMENTO-SOARES & MARTINS-PINHEIRO, 2012](#)).

A bacia do rio Itaúnas está inserida numa região com baixa pluviosidade média anual e densidade de drenagem reduzida, possuindo uma precipitação anual de 1.110 mm/ ano, que é considerada de baixa incidência, ao ser comparada com a média do estado em que se aproxima de 1.400 mm/ano. Possui, portanto, características típicas de semiárido, onde o escoamento é esparso e muitas vezes intermitente. Logo, os recursos hídricos, além de escassos encontram-se com qualidade bastante comprometida pelo lançamento *in natura* de efluentes domésticos e industriais ([GOMES, T. 2017](#)), além da presença de barragens ao longo da bacia, e as margens do rio serem usadas para pastagens e monocultura, contribuindo para o atual status de conservação da bacia, no qual vem sendo considerada uma das mais degradadas do estado ([ESPÍRITO SANTO, 2018](#)), mesmo apresentando quatro unidades de conservação integral, sendo elas: Floresta Nacional do Rio Preto,

Reserva Biológica de Córrego Grande e Reserva Biológica do Córrego do Veado, todas federais, e o Parque Estadual de Itaúnas ([SARMENTO-SOARES & MARTINS-PINHEIRO, 2012](#)).

Foram determinados quatro pontos de coleta ao longo da bacia do rio Itaúnas, sinalizados na Figura 7, no qual os pontos P01 e P02 foram escolhidos em orientação montante/jusante à localidade de Cristal do Norte, distrito de Pedro Canário, para aferir a ocorrência de microplástico ao decorrer das proximidades da área urbana. E os pontos P03 e P04 foram extras, trata-se de uma oportunidade que ocorreu de coletar na Reserva Biológica do Córrego Grande, e foram acrescentados para compor a pesquisa, com o intuito de averiguar a ocorrência de microplásticos dentro de uma área de conservação integral.

### **3.1 Coleta de dados ambientais**

Foram realizadas medições dos seguintes fatores abióticos locais: profundidade, temperatura, pH, condutividade, total de solutos dissolvidos (TDS), correnteza, vegetação, substrato, água e largura. Os quais foram mensurados por medidores digitais de campo. Com o intuito de avaliar as condições ambientais da área de estudo com base em suas características fisiográficas e fisionômicas.

Os dados ambientais retratam apenas o P01 e P02 (Tabela 1), devido ao P03 e P04 serem pontos extras que surgiram posteriormente, os quais não apresentam tais informações. Os pontos P01 e P02 foram considerados trechos “alterados” por indicarem condições degradadas, enquanto P03 e P04 foram considerados trechos “naturais”.

**Tabela 1.** Dados ambientais dos pontos de coleta pré-estabelecidos (P01 – Cachoeira dos pretos e P02 – Sob a ponte da Jacuba).

	P01	P02
<b>Profundidade</b>	Cerca de 45cm	Cerca de 60cm
<b>Temperatura</b>	31,3°C	30,6°C
<b>pH</b>	7,77	7,35
<b>Condutividade</b>	400 $\mu$ S/cm	324 $\mu$ S/cm
<b>TDS</b>	283 PPM	281 PPM
<b>Correnteza</b>	rápida	média
<b>Vegetação</b>	submersa, flutuante e moderada	submersa, ripária e moderada
<b>Substrato</b>	rochas, pedras, areia e lodo	rochas, pedras, cascalho e areia
<b>Água</b>	escura	vermelha
<b>Método</b>	peneira e arrasto	peneira e arrasto
<b>Largura/ comprim.</b>	50 m	11,30 m



**Figura 3:** Ponto P01 – Cachoeira dos Pretos (18° 08' 48.5'' S; 40° 05' 52.4'' W - a jusante da cidade).



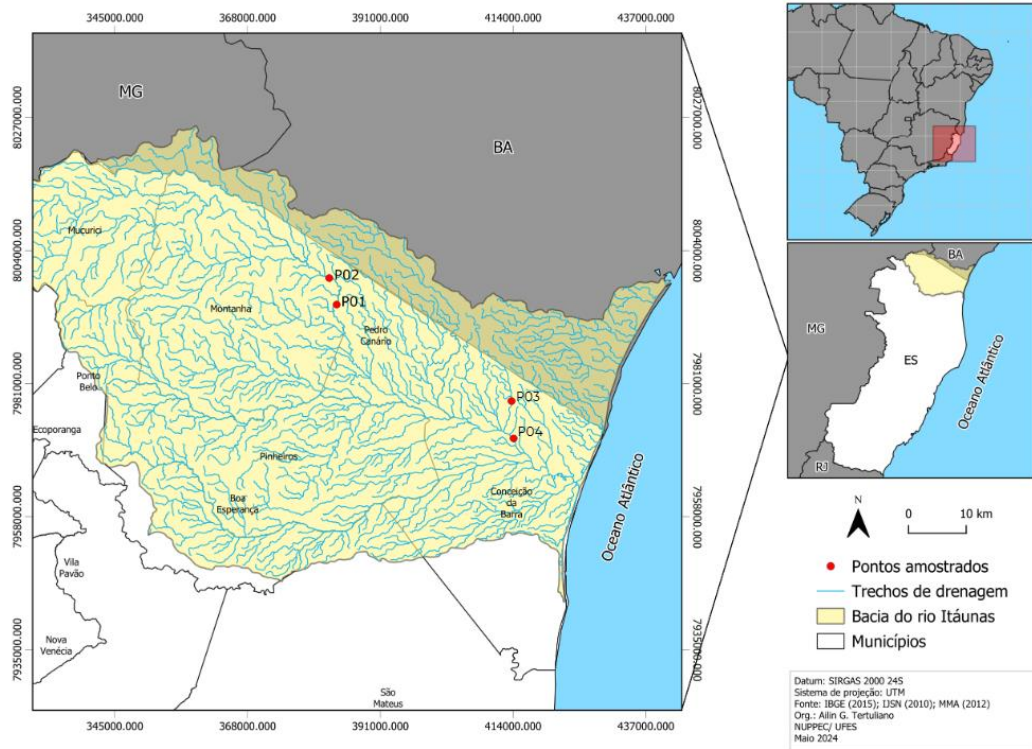
**Figura 4:** Ponto P02 – Sob a ponte da Jacuba ( $18^{\circ} 12' 45.8''$  S;  $40^{\circ} 04' 49.1''$  W - a montante da cidade).



**Figura 5:** Ponto P03 – Lagoa dos Guaxes ( $18^{\circ} 16' 20.2''$  S;  $39^{\circ} 48' 54.9''$  W - REBIO C.G).



**Figura 6:** Ponto P04 – REBIO ( $18^{\circ} 17' 22.8''$  S;  $39^{\circ} 48' 57.6''$  W - REBIO C.G).



**Figura 7:** Localização dos pontos de amostragem (P01 – Cachoeira dos Pretos; P02 – Sob a ponte da Jacuba; P03 – Lagoa dos Guaxes na REBIO C.G e P04 – REBIO C.G).

## 4. MATERIAS E MÉTODOS

### 4.1 Métodos de captura

Para amostragem da ictiofauna, os pontos de coleta foram selecionados através de uma expedição exploratória prévia realizada na bacia do rio Itaúnas – ES, onde foi feito o reconhecimento das áreas e definidos os pontos de extração, além de sua geolocalização, priorizando pontos mais próximos e mais distantes da localidade de Cristal do Norte (distrito de Pedro Canário), a fim de aferir a ocorrência de MP conforme o rio se afasta da região urbanizada. Para obter uma representatividade amostral, os peixes foram coletados utilizando-se redes de arrasto de 3 m de comprimento por 1,4 m de altura, com

malha de 0,25 mm entre pontos, e peneiras com aro plástico de 55 cm (Figura 8), com o intuito de obter um número de indivíduos de diferentes espécies, tamanhos, estágio de desenvolvimento, guildas e grupos funcionais. Outros petrechos auxiliares vieram a ser utilizados em campo, como, baldes, GPS, multiparâmetro, fita métrica e câmera fotográfica.



**Figura 8:** Ponto P02 - Coleta de espécimes com rede de arrasto e peneira.

#### **4.2 Preparo do material em campo**

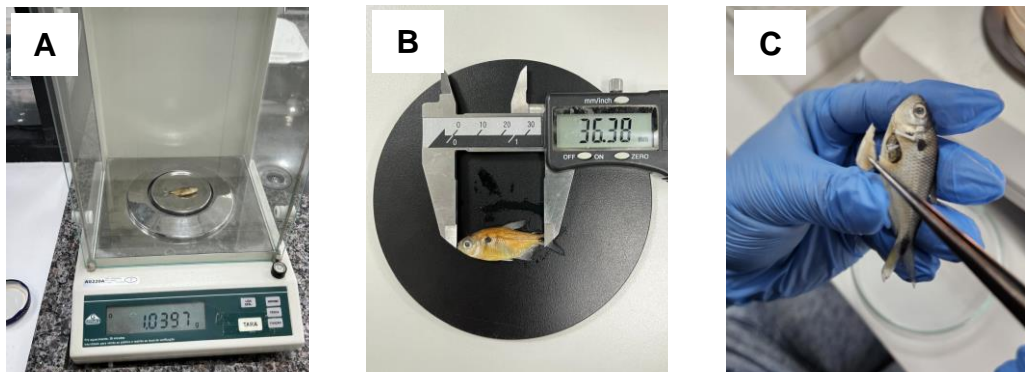
Os peixes coletados foram eutanasiados ainda em campo por imersão em solução anestésica de benzocaína ([CFBio, 2012](#)) a 1 g/l, com o auxílio de baldes e puçás, em seguida foram fixados em solução formalina a 10% e abrigados em sacos plásticos, etiquetados por ponto de coleta, e então armazenados dentro de bombonas plásticas, e posteriormente levados ao Núcleo de Pesquisas em Peixes Continentais (NuPpC), campus São Mateus, onde permaneceram por 48 horas imersos em formol e posteriormente foram transferidos para álcool 70%. Exemplares testemunho de cada ponto e coleta foram tombados na Coleção Zoológica Norte Capixaba (CZNC, CEUNES, UFES).



**Figura 9:** Ponto P02 - Eutanásia dos espécimes.

### **4.3 Procedimentos laboratoriais iniciais**

No Setor de Pesquisas em Ciências Biológicas do Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo campus São Mateus, no Núcleo de Pesquisas em Peixes Continentais (NuPPEC), os peixes passaram por processos de identificação dos espécimes por meio de características morfológicas, contagem, pesagem através de balança analítica de precisão (0,0001 g), medição com o auxílio do paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) e a dissecação.



**Figura 10:** A: Pesagem, B: Medição, C: Dissecção.

## 4.4 Sedimento

### 4.4.1 Coleta das amostras

A coleta do sedimento foi realizada duas vezes em cada local de estudo, em faixas de 2 metros de largura entre a água até a linha de vegetação com a utilização de uma draga com capacidade de 2L, em profundidades variando de 10 a 40 cm, totalizando oito amostras de sedimento. As amostragens foram realizadas dentro do leito do rio e armazenadas e etiquetadas por ponto de coleta em sacos plásticos reutilizáveis.



**Figura 11:** Ponto P02 - Coleta de amostras de sedimento com a draga.

#### 4.4.2 Análise do sedimento (Fig. 12)

Os sedimentos coletados foram analisados seguindo o método de imersão das amostras em solução salina saturada ([ZOBKOV et al., 2020](#)), porém, com algumas adaptações, com o objetivo de verificar se os microplásticos possuem diferença de densidade e podem ser isolados do sedimento.

Para este método foram utilizados os seguintes equipamentos:

1. Agitador magnético
2. Filtro kitassato
3. Bomba pressurizadora
4. Beckers de vidro
5. Balança analítica de precisão
6. Papel filtro quantitativo
7. Proveta
8. Agitador ultrassônico
9. Pisseta

A priori foram analisados dois testes “brancos” para avaliar possíveis contaminações das amostras, sendo eles: a exposição da placa de petri ao ambiente por 10min. e a análise apenas do filtro quantitativo sob estereomicroscópio. O primeiro teste não houve aparição de MP, porém no segundo teste houve a presença de 1 MP, podendo existir uma pequena margem de erros referente aos MP's encontrados nas amostras de sedimento.

A princípio, após a solução salina saturada ser preparada com a assistência de um agitador magnético para sua homogeneização, a mesma é filtrada no kitassato, a vácuo, conectado a uma bomba pressurizadora a partir de uma mangueira de silicone, com a finalidade de manter a solução livre de partículas. Em seguida, o sedimento ainda armazenado em sacos plásticos foi revirado e então retiradas subamostras de 60 g (com o auxílio de balança analítica de precisão) de cada amostra de 2 L, as quais foram vertidas em beakers de vidro.

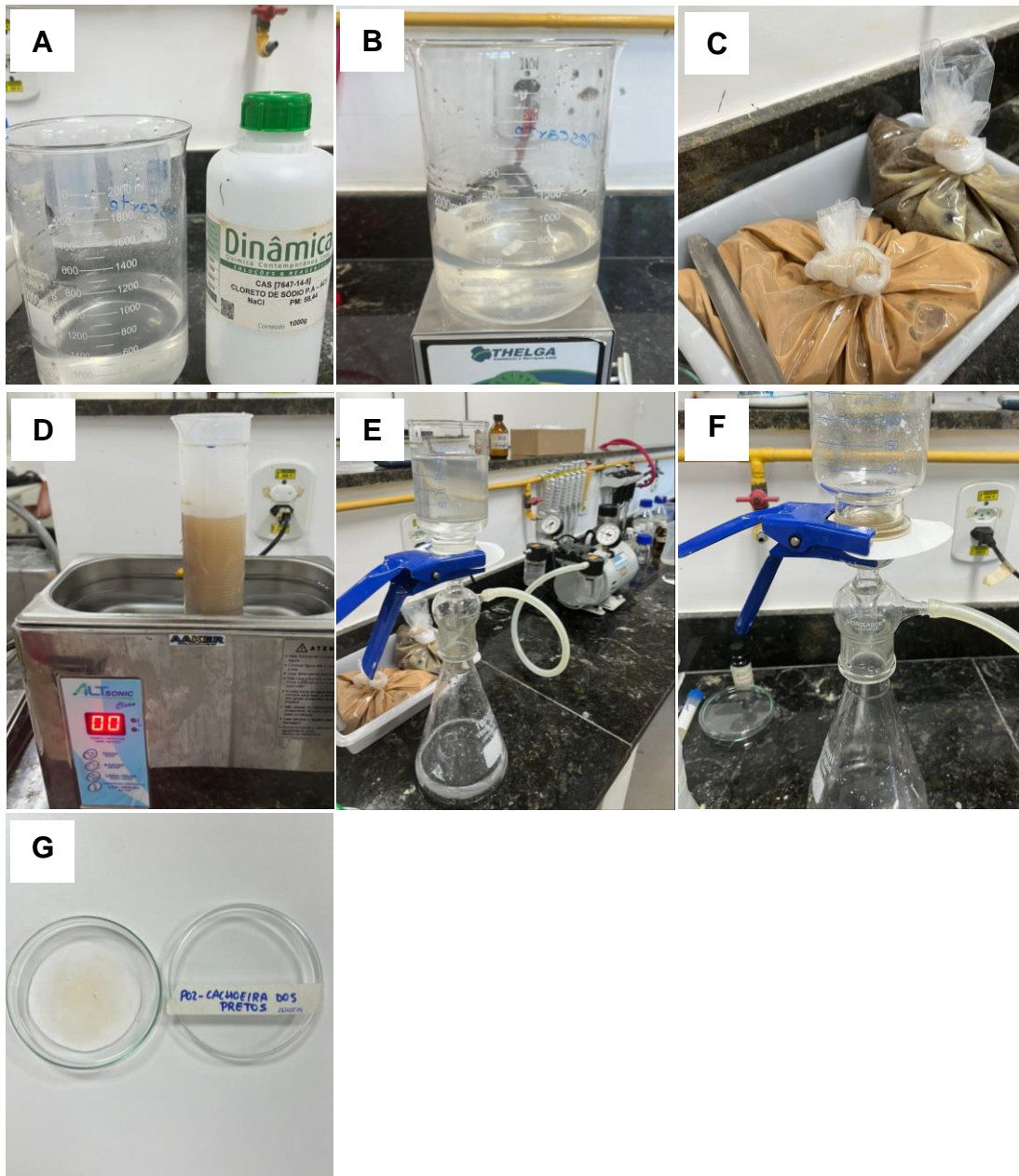
Logo após, a amostra foi misturada a 300 ml de solução salina saturada e essa nova mistura foi despejada em uma proveta de 350 ml. Este recipiente é acomodado ao agitador ultrassônico por 10 min., as ondas sonoras oscilam o sedimento para que permita a flutuação dos MP's, pressupondo que são menos densos que o sedimento. Após este período, a proveta foi retirada e deixada na bancada por mais 10 min. para que as partículas do sedimento decantem no fundo. Então a amostra foi passada para o kitassato no qual contém o filtro quantitativo (9 cm e poros de 25  $\mu\text{m}$ ) com um jato de solução salina saturada utilizando uma pisseta apenas na superfície da amostra. Em consequência de os poros serem diminutos, a filtração é lenta.

Com a amostra filtrada, o sedimento fino e possíveis partículas de MP's se mantêm no filtro quantitativo, o qual foi armazenado em placas de petri com tampa para a análise posterior em estereomicroscópio Leica S6D. Onde os MP's são analisados, contabilizados, fotografados e armazenados em eppendorfs.

Foram realizados diferentes testes com amostras de sedimento misturadas à solução salina saturada para observar o método mais eficiente, tais como:

- Aguardar 10 min. para que as partículas de sedimento se posicionem ao fundo da proveta e se desassociem dos microplásticos, assim facilitando sua coleta;
- Aplicação de 3 gotas de azeite na linha d'água para aglomerar os microplásticos;
- Uso de centrífuga para separar o sedimento dos microplásticos.

Nos 3 testes citados o MP ficou disposto na superfície, separado do sedimento. Porém, o teste com azeite foi o menos viável devido à dificuldade de coletar os MP's, pois estes ficam grudados na pipeta ou nas paredes da proveta. Mas o método escolhido incidiu em esperar 10 min. para a separação do sedimento e do MP, por aparentar ser o mais parcimonioso.



**Figura 12:** **A:** Preparo da solução salina saturada, **B:** Solução salina no agitador magnético, **C:** Amostras de sedimento, **D:** Proveta contendo mistura de sedimento com solução salina no agitador ultrassônico, **E:** Filtragem inicial a vácuo no kitassato, **F:** Filtragem final a vácuo no kitassato, **G:** Filtro quantitativo após a filtragem contendo microplásticos e pequenas partículas de sedimento.

#### 4.5 Análise estomacal

Para melhor identificação dos itens alimentares foi estabelecido um tamanho mínimo de 2,5 cm para averiguar a alimentação dos indivíduos, devido a tamanhos menores serem pouco viáveis para a dissecação e análise dos itens. É utilizado preferencialmente o conteúdo estomacal, uma vez que neste órgão os alimentos não são submetidos a processos digestivos tão severos como aqueles que já estão no intestino. Sendo assim, seguindo os métodos de [ZAVALA-CAMIN \(1996\)](#), cada espécime, após aferido, é dissecado com uma incisão abdominal do poro genital em direção à cabeça e então cuidadosamente eviscerados, com o auxílio de bisturi, tesoura e pinça. O trato digestivo de cada indivíduo é removido tendo seu estômago seccionado, em geral, ao final do esôfago (região cárdica) e no início do intestino (região pilórica) (Figura 13). Porém, há exceção para espécies que não apresentam estômago evidente, como *Poecilia vivípara* (Bloch & Schneider, 1801), *Hypostomus affinis* (Steindachner, 1877), *Pogonoma wertheimeri* (Steindachner, 1867), *Phalloceros ocellatus* Lucinda, 2007 e *Australoheros capixaba* Ottoni, F. P. 2010. Para estes, todo o tubo digestivo é removido e colocado em uma placa de parafina para ser distendido, medido e seccionado. É utilizado 1/3 do intestino, e analisado preferencialmente a porção pilórica, para *P. vivípara*, *P. ocellatus* e *A. capixaba* é retirado os primeiros 2 cm do intestino, e para *H. affinis* e *P. wertheimeri* é retirado os primeiros 5 cm do intestino para análise, assim condizendo com os respectivos tamanhos do trato digestivo de cada espécie, visto que os Siluriformes apresentam intestino extenso. As partes restantes não utilizadas do intestino são armazenadas em eppendorfs. Em seguida, o conteúdo alimentar é analisado sob estereomicroscópio Leica S6D, sendo a análise realizada em placas de petri contendo álcool 70% com papel milimetrado (1x1mm) aderido ao fundo para possibilitar o diagnóstico através de três métodos distintos, a frequência de ocorrência, a frequência de pontos e o índice alimentar, visto que, quando utilizados em associação pode-se obter uma inferência mais precisa dos dados da alimentação ([ARANHA, 1993](#)). A análise, de maneira geral, consiste em observar o percentual de itens orgânicos e itens microplásticos. Posteriormente os itens são separados em recipientes eppendorfs com o auxílio de cureta

odontológica, pipetas e pissetas contendo álcool 70%, com as respectivas marcações numéricas para cada indivíduo, e sinalizados com “MP” quando apresentar este item.

Em sequência, os MP's de cada indivíduo foram analisados individualmente e organizados em planilhas com o programa Excel por quantidade, formato e cor para cada indivíduo. E então fotografados e medidos com o auxílio do estereomicroscópio Olympus SZX7 e o programa CellSens Standard.



**Figura 13:** Etapas do procedimento de remoção estomacal (estômago de *Astyanax lacustris*). Evidenciando a região cárdica (seta vermelha) e a região pilórica (seta azul).

#### 4.6 Frequência de Ocorrência (%Fo)

Trata-se da frequência percentual do número de estômagos em que um determinado item alimentar ocorre em relação ao número total de estômagos que continham alimento. Esse método oferece informações valiosas sobre a seletividade ou preferência alimentar e frequência dos MP's, bem como sobre o espectro alimentar e a amplitude do nicho trófico. Dessa forma, permite descrever a uniformidade com que diferentes grupos de peixes selecionam seu alimento ([HAHN & DELARIVA, 2003](#)).

$$FO = \frac{nEi}{nEC \times 100}$$

Onde:

**FO** = frequência de ocorrência do microplástico (em porcentagem).

**nEi** = número de estômagos com microplástico.

**nEC** = número total de estômagos com algum conteúdo (não vazios).

#### 4.7 Frequência de Pontos (%FPI)

Consiste em quantificar visualmente os itens do conteúdo estomacal em razão da quantidade de pontos ocupados, através do método de pontos de [HYNES \(1950\)](#). Neste os MP's são quantificados em relação a quantidade de alimento que ocupa um determinado número de pontos. Através da soma de todos os pontos ocupados por cada item em todos os estômagos é possível obter a frequência de ocupação em pontos de cada item para todo o conjunto de peixes analisados.

$$FPI = \frac{Pi}{\sum Pi \times 100}$$

Onde:

**FPI** = frequência de pontos do microplástico (em porcentagem).

**Pi** = total de pontos do microplástico, obtido da soma dos pontos em todos os indivíduos da espécie analisada.

$\sum Pi$  = somatório dos totais de pontos de todos os itens dos estômagos analisados.

#### 4.8 Índice de importância de microplásticos (%IP)

Para se obter o índice alimentar [KAWAKAMI & VAZZOLER \(1980\)](#) é calculadas as frequências de pontos (F<sub>Pi</sub>) e a frequência de ocorrência (FO) para cada espécie amostrada. Porém, para MP's, esta análise é considerada como índice de importância de microplásticos (IP), portanto, é calculadas as F<sub>Pi</sub> tanto de MP's quanto do conteúdo alimentar total, e a FO de MP para cada espécie amostrada, para determinar a importância do MP na alimentação dos espécimes.

$$IA = \frac{F_{Pi} \times FO}{\sum(F_{Pi} \times FO)}$$

Onde:

**IA** = Índice alimentar.

**F<sub>Pi</sub>** = Frequência de pontos do conteúdo alimentar total e de MP's.

**FO** = Frequência de ocorrência do conteúdo alimentar total e de MP's.

**Σ** = Somatório do resultado do fator considerado para todas as espécies.

#### 5. Quantificação e classificação dos microplásticos

Os MP's foram separados e classificados em termos de quantidade encontrada por espécie, tamanho aproximado, formato e coloração, de acordo com a metodologia proposta por [POSSATTO et al. \(2011\)](#).

Para a quantificação da ingestão dos resíduos plásticos, foi seguido os seguintes critérios:

- O número de indivíduos no qual o microplástico foi encontrado, ou seja, a frequência de ocorrência (%FO) deste material encontrado no conteúdo gastrointestinal dos peixes;

- O número de itens microplásticos detectado em cada indivíduo;
- Os principais microplásticos identificados em cada exemplar em termos gerais de tamanho, formato e cor, bem como o tipo aparente do microplástico (como nylon, borracha e outros);
- O percentual de microplásticos achados nos sedimentos.

Para identificar fontes e características dos microplásticos, fez-se necessário categorizar estes itens em diferentes formas, cores ou classes de tamanho. Dessa forma, há a possibilidade de aumentar a comparabilidade entre diferentes locais e estudos. Além disso, as partículas microplásticas foram classificadas de acordo com seus tipos em categorias, como: fibra, esfera, triângulo, quadrado e irregular, e cores em categorias, como: azul, branco, vermelho e outros.

Durante a classificação dos microplásticos, deve-se ter alguns cuidados, como: as amostras devem ser cobertas para evitar contaminação pelo ar ([DRIS et al., 2015](#)), e para a extração dos plásticos no sedimento, deve-se analisar amostras controle apenas com o filtro quantitativo para observar possível contaminação do material utilizado.

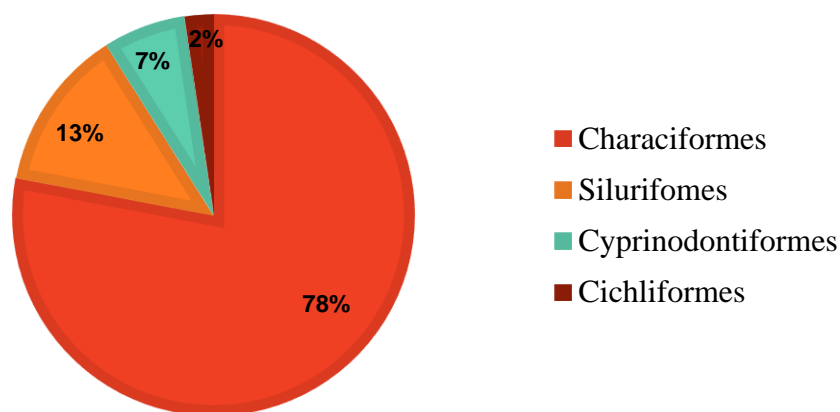
## **6. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1 Ictiofauna**

Ao todo, foram coletados 468 exemplares de peixes, sendo distribuídos em 4 ordens, 13 famílias, 21 gêneros e 21 espécies nos pontos amostrados (Tabela 2). A ordem Characiformes apresentou 78% (n=365) e Siluriformes 13% (n=61), sendo as ordens mais representativas, seguidas por Cyprinodontiformes com 7% (n=31) e Cichliformes com 2% (n=11) (Figura 14). A ordem dominante foi Characiformes, apresentando as famílias Characidae, Curimatidae, Crenuchidae, Anostomidae, Bryconidae e Erythrinidae, sendo a espécie *Moenkhasia vittata* (Steindachner, 1877) a mais numerosa.

**Tabela 2.** Lista de táxons e seus pontos de ocorrência.

Ordem	Família	Espécie	P01	P02	P03	P04	Total	
Characiformes	Characidae	<i>Astyanas lacustris</i> (Lutken, 1875)	2	28			30	
		<i>Moenkhausia vittata</i> (Steindachner, 1877)	1	207			208	
		<i>Deuterodon intermedius</i> (Eigenmann, 1908)		64		11	75	
		<i>Mimagoniates sylvicola</i> Menezes & Weitzman, 1990					37	37
		<i>Oligosarcus acutirostris</i> Menezes, 1987			1			1
	Curimatidae	<i>Cyphocharax gilbert</i> (Quoy & Gaimard, 1824)			4			4
		Crenuchidae	<i>Characidium cricarence</i> Malanski, E., L. M. Sarmento-Soares, A. C. G. Silva-Malanski, M. M. Lopes, L. F. S. Ingenito and P. A. Buckup, 2019		2			2
	Anostomidae		<i>Hypomasticus steindachneri</i> (Eigenmann, 1907)		5			5
	Bryconidae		<i>Brycon ferox</i> Steindachner, 1878		2			2
	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	1				1	
	Siluriformes	Auchenipteridae	<i>Trachelyopterus striatulus</i> (Steindachner, 1877)	2	3			5
Heptapteridae		<i>Pimelodella</i> cf. <i>lateristriga</i>			11		11	
Trichomycteridae		<i>Trichomycterus pradensis</i> Sarmento-Soares., et al. 2005	11	26			37	
Clariidae		<i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822)		1			1	
Loricariidae		<i>Pogonopoma wertheimeri</i> (Steindachner, 1867)		2			2	
		<i>Hypostomus affinis</i> (Steindachner, 1877)		5			5	
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia vivipara</i> Bloch & Schneider, 1801	13	14			27	
		<i>Phalloceros ocellatus</i> Lucinda, 2007				4	4	
Cichliformes	Cichlidae	<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	7				7	
		<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)			1		1	
		<i>Australoheros capixaba</i> Ottoni, F. P. 2010		2			3	
<b>Total de indivíduos</b>							<b>468</b>	



**Figura 14:** Representatividade de cada ordem.

## 6.2 Ecologia e distribuição das espécies

A ordem Characiformes representa uma grande parte dos peixes de água doce neotropicais, apresentando uma enorme variedade de formas e comportamentos adaptativos que resultam em especializações tróficas e/ou de ocupação espacial ([VAZZOLER & MENEZES, 1992](#)). De forma geral, o táxon Characiformes e a família Characidae foram as mais predominantes nos pontos amostrados. Os membros dessa família possuem ampla distribuição geográfica na região neotropical e seus exemplares podem apresentar de pequeno a grande porte e várias estratégias reprodutivas e alimentares ([BAUMGARTNER, 2012](#)). A espécie mais abundante registrada para esta família foi *M. vittata*, isto se deve ao fato de pertencer a guilda trófica do tipo onívoro, apresentar larga amplitude de ocorrência nos trópicos e elevada plasticidade reprodutiva ([CASTRO et al., 2004](#); [COUTINHO et al., 2000](#)), por isso, é capaz de dominar tais tipos de ambientes, tanto degradados quanto preservados.

Siluriformes é o segundo táxon mais numeroso em espécies amostradas, constituem um dos grupos mais diversos e amplamente distribuídos, podendo ser encontrados em todos os continentes. São comuns em lagos e rios com substrato rochoso ou lodoso, ambientes salobros, e rios com correnteza fraca a moderada, visto que em sua maioria apresentam hábito alimentar bentônico. Muitas espécies ocorrem em pequenos riachos de cabeceiras, com água cristalina, fortes correntezas e altas taxas de oxigênio, enquanto outras, se adaptaram a ambientes estagnados e muitas vezes poluídos, onde os níveis de oxigênio são extremamente reduzidos ([BURGESS, 1989](#), [BRITTO, 2002](#)). A variedade dos habitats está diretamente relacionada à diversidade de formas e tamanhos dos representantes deste táxon.

Para a ordem Cyprinodontiformes, a espécie *P. vivípara* é considerada onívora, apresentando uma alta adaptabilidade e tolerância a variações ambientais, principalmente em relação à temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido, sendo mais comumente

encontradas em ambientes lênticos ([NASCIMENTO & GURGEL, 2000](#)), frequentemente associadas a riachos urbanizados e desflorestados.

Quanto a Cichliformes, a espécie *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) é reconhecida por ser adaptada às províncias lênticas, sendo por isso, comumente encontradas em lagoas marginais, lagos, reservatórios e remansos dos rios ([OYAKAWA et al., 2006](#)) considerado onívoro e resistente.

A presença de espécies como *Pimelodella cf. lateristriga* e *Trichomycterus pradensis* (SARMENTO-SOARES et al., 2005), indicam que o ponto P02 é um ambiente ainda preservado e que se mantém em parte íntegro, visto que essas espécies estão estreitamente associadas à presença de florestas e matas ripárias, ou seja, em ambientes mais preservados. No entanto, este ponto também apresenta espécies generalistas como *Astyanax lacustris*, *M. vittata* e *P. vivipara*. Adicionalmente, há ocorrência de pesca e banhistas no local, indicando influência humana, caracterizando um ambiente em bom estado de conservação, mas com indícios de impacto antrópico. Tais impactos proporcionam a redução do número de espécies e o aumento da densidade de espécies resistentes às variações ambientais ([REASH & BERRA, 1987](#)). Dessa forma, alterações nos corpos d'água podem eliminar espécies mais sensíveis, modificando a organização das comunidades, as quais passam a ser compostas por indivíduos mais tolerantes às perturbações ambientais ([CORNELL et al., 1976](#)).

### **6.2.1 Espécies introduzidas**

Os principais impactos da introdução de espécies estão relacionados a alterações nos habitats, na estrutura das comunidades, perda de patrimônio genético, alterações tróficas e introdução de doenças que podem resultar na homogeneização da biota nativa

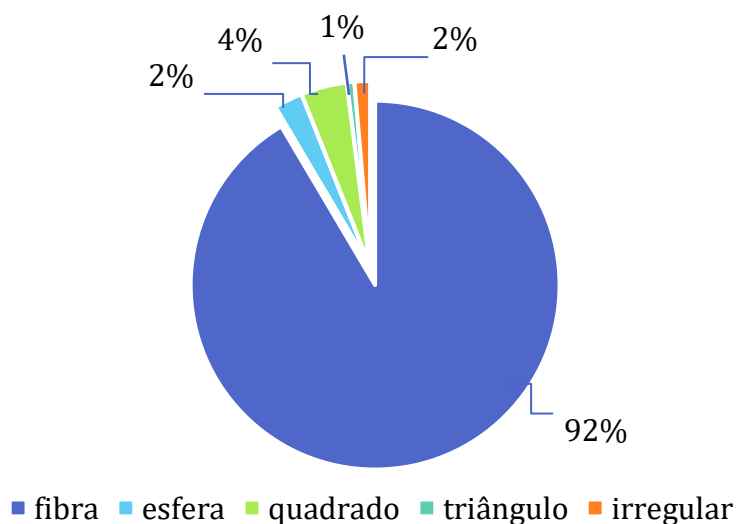
([BARBIERI, 1998](#)), podendo gerar impactos negativos sobre estas comunidades. As espécies introduzidas encontradas no presente estudo foi *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), também conhecida como “bagre-africano” e *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) ou “tilápia do Nilo”. A espécie *C. gariepinus* ocorre naturalmente no continente africano e em partes da Ásia, como Israel, Síria e Sul da Turquia ([NELSON, 2016](#)). Trata-se de uma espécie altamente tolerante a condições ambientais extremas e apresenta grande plasticidade na dieta, alimentando-se de um grande espectro de itens alimentares, sendo um predador noturno de grande porte ([SARMENTO-SOARE & MARTINS-PINHEIRO, 2012](#)). Enquanto *O. niloticus* é uma espécie nativa do leste de África, ao longo da bacia do rio Nilo, rio Congo e o Oeste de África na bacia do rio Níger e o rio Senegal. Destacam-se pelo rápido crescimento, alta e fácil adaptação a diferentes fatores abióticos como qualidade da água, temperatura, e salinidade, além de apresentarem hábito alimentar onívoro.

### **6.3 Análise dos estômagos**

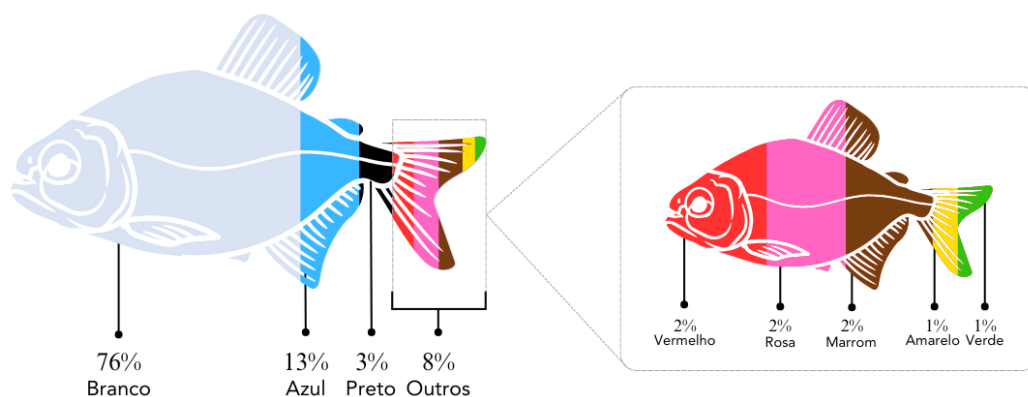
Foram analisados 199 estômagos, sendo que 193 estômagos encontravam-se cheios e 6 estômagos encontravam-se vazios, ademais, 269 estômagos não foram abertos, devido a diversos fatores, como, o tamanho dos indivíduos serem menores que 2 cm, portanto, não alcançando o tamanho mínimo (2,5 cm) estipulado para este estudo; parte dos indivíduos foram tombados na CZNC; alguns espécimes foram separados para material didático; e devido a ocorrência da espécie *M. vittata* ser extremamente numerosa, foi considerado desnecessário realizar a abertura de todos os estômagos, visando aproximar com a quantidade de estômagos abertos nas outras espécies coletadas. A avaliação do conteúdo estomacal total resultou em 1.247 microplásticos encontrados, variando em distintos formatos, tamanhos e cores.

Dentre as 21 espécies analisadas, apenas 1 espécie (*H. malabaricus*) não apresentou MP em seu conteúdo estomacal. Porém, devido a coleta ter resultado na captura de apenas 1 exemplar, não se pode afirmar se essa espécie consome ou não itens plásticos. Ademais, as espécies que apresentaram maior frequência de ocorrência (FO), foram *O. acutirostris*; *C. cricarence*; *H. steindachneri*; *B. ferox*; *C. gariepinus*; *P. wertheimeri*; *H. affinis*; *G. brasiliensis*; *O. niloticus* e *A. capixaba*, todos com 100%, indicando a presença de itens plásticos em todos os indivíduos analisados (Tabela 4).

O item plástico com maior FO, ou seja, o MP mais frequente entre as espécies analisadas, foi o MP do tipo “fibra”, em que apresentou 92% de ocorrência em relação aos outros MP encontrados (Figura 15). O MP com maior frequência de pontos (FPi), ou seja, o mais consumido em volume, também foram os do tipo “fibra”. Além disso, a coloração branca obteve a maior FO e FPi (76%) dentre as demais colorações de microplásticos encontrados (Figura 16).



**Figura 15:** Frequência de ocorrência de microplásticos em relação ao formato.



**Figura 16:** Porcentagem das cores de microplásticos comumente encontrados.

A ordem Characiformes obteve maior FO e FPi, com 633 MP ingeridos, seguido de Siluriformes com 380 MP, Cyprinodontiformes com 204 MP e Cichliformes com 30 MP. No qual as espécies que obtiveram maior consumo foram *D. intermedius*, *T. pradensis* e *P. vivípara* (Tabela 3).

**Tabela 3.** Espécies e ordens com maior ingestão de microplásticos dentre os espécimes analisados.

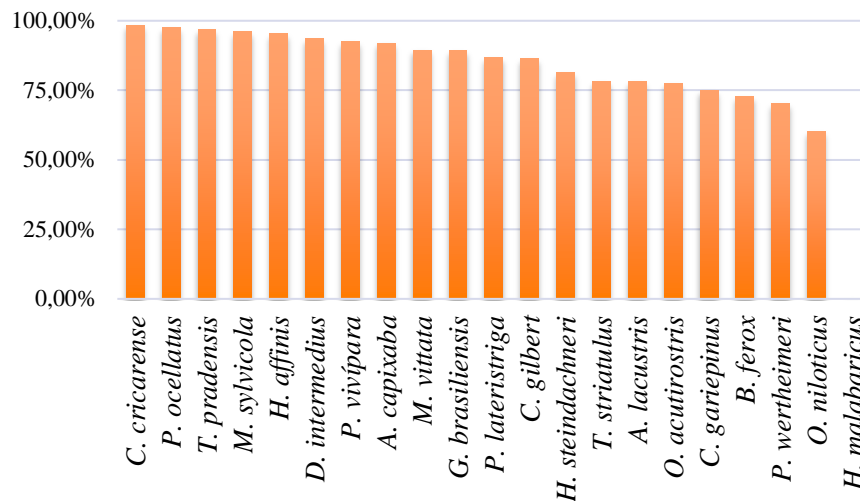
Ordem	Espécies	Nº MP
<b>Characiformes</b>	<i>Deuterodon intermedius</i>	284
<b>Siluriformes</b>	<i>Trichomycterus pradensis</i>	182
<b>Cyprinodontiformes</b>	<i>Poecilia vivípara</i>	178

A espécie que apresentou maior FPi de itens plásticos ingeridos foi *C. cricarensis* com 38,46% dentro o consumo total de alimento consumido, seguido por *P. ocellatus* com 28,70%, *T. pradensis* com 25,66% e *M. sylvicola* com 20,76% (Tabela 3).

**Tabela 4.** Frequência de pontos e Frequência de ocorrência dos MP's de cada espécie amostrada.

<b>Espécies</b>	<b>FPI MP</b>	<b>FO MP</b>
<i>Astyanas lacustris</i>	5,91%	57%
<i>Moenkhausia vittata</i>	8,82%	91%
<i>Deuterodon intermedius</i>	15,04%	83%
<i>Mimagoniates sylvicola</i>	20,76%	95,23%
<i>Oligosarcus acutirostris</i>	3,29%	100%
<i>Cyphocharax gilbert</i>	7,85%	75%
<i>Characidium cricarence</i>	38,46%	100%
<i>Hypomasticus steindachneri</i>	4,15%	100%
<i>Brycon ferox</i>	2,59%	100%
<b><i>Hoplias malabaricus</i></b>	<b>0,00%</b>	<b>0%</b>
<i>Trachelyopterus striatulus</i>	6,68%	50%
<i>Pimelodella cf. lateristriga</i>	7,86%	77%
<i>Trichomycterus pradensis</i>	25,66%	92%
<i>Clarias gariepinus</i>	2,91%	100%
<i>Pogonopoma wertheimeri</i>	2,30%	100%
<i>Hypostomus affinis</i>	17,16%	100%
<i>Poecilia vivipara</i>	12,68%	86%
<i>Phalloceros ocellatus</i>	28,70%	100%
<i>Geophagus brasiliensis</i>	7,72%	100%
<i>Oreochromis niloticus</i>	1,49%	100%
<i>Australoheros capixaba</i>	10,29%	100%

A importância alimentar de MP's na alimentação dos espécimes amostrados demonstrou que *C. cricarence*, *P. ocellatus*, *T. pradensis*, *M. sylvicola*, *H. affinis*, *D. intermedius*, *P. vivípara* e *A. capixaba* passaram de 90%. Enquanto *H. malabaricus* apresentou 0% devido ao único exemplar coletado estar com o estômago vazio (Figura 17).



**Figura 17:** Índice de importância de microplásticos na dieta das espécies coletadas.

#### 6.4 Estratégia alimentar

A fim de adotar a abordagem de guildas tróficas e grupos funcionais (classificações que representam o hábito alimentar das espécies) para auxiliar a compreensão de relações ecológicas em comunidades aquáticas e para avaliações da ocorrência de consumo de MP's, é necessário a definição de tais termos. O termo “guilda” pode ser determinado como “um grupo de espécies que exploram a mesma classe de recursos ambientais de modo similar” ([ROOT, 1967](#)), e o termo “grupo funcional” pode ser definido como a extensão de espaço em que um grupo de espécies se alimenta ([BLONDEL, 2003](#)). Assim, avaliar a diversidade de itens microplásticos consumidos por cada táxon de cada guilda trófica e grupo funcional (Figura 18) pode prover indícios para o monitoramento da distribuição da energia dentro do sistema (Tabela 6) ([AGUIARO & CARAMASCHI, 1998](#)).

Espécies como *A. lacustris*, *M. vittata* e *D. intermedius* da família Characidae, possuem hábito alimentar pouco especializado, sendo consideradas generalistas. Tal característica decorre da baixa especialização de sua dieta alimentar, composta principalmente por material vegetal, matéria orgânica, e restos de peixes e insetos ([BITTI, 2015](#)). Segundo [BUCKUP \(1999\)](#), os membros desta família geralmente constituem o principal conjunto de espécies de meia água de riachos, essas espécies são normalmente euríticas, ou seja, possuem uma grande flexibilidade para ocupar ambientes variados e apresentam estratégias adaptativas para tal, podendo ser facilmente encontradas em todos os tipos de ambientes desde o natural ao mais impactado.

As espécies da ordem Siluriformes são estritamente associadas aos bentos, com hábito bentófago, sendo predominantemente encontradas em locais mais conservados, devido à sua alta sensibilidade à turbidez, baixa concentração de oxigênio e substâncias tóxicas depositadas no sedimento, uma vez que eles usam esse compartimento para se alimentar e desovar. O ponto P02 apresenta maior ocorrência de Siluriformes, permitindo inferir que este seja um local com qualidade ambiental parcial e se mantém em parte íntegro, já que espécies desse grupo são altamente seletivas.

A espécie *P. vivipara* da família Poeciliidae, é amplamente conhecida por sua capacidade de tolerar ambientes alterados, ocorrendo em locais onde muitas outras espécies têm distribuição limitada ([ARAÚJO et al., 2003](#)). Considerada uma espécie onívora e detritívora.

Já o *G. brasiliensis* da família Cichlidae, é considerado um ciclídeo neotropical, apresentando uma grande diversidade comportamental e adaptações relacionadas à vida em diferentes condições ambientais ([LOWE-McCONNELL, 1991](#)). Ademais, essa espécie apresenta hábitos alimentares onívoros, sendo ainda caracterizada como uma espécie oportunista ([ABELHA & GOULART, 2004](#); [DIAS et al., 2005](#)).

Conforme discutido por [PINTO & ARAÚJO \(2007\)](#), assembleias dominadas por poucas espécies indicam baixa qualidade ambiental, refletindo o empobrecimento das relações tróficas devido à baixa estabilidade das condições ambientais. À medida que a qualidade ambiental declina, observa-se um aumento na proporção de indivíduos onívoros ([KARR, 1981](#)). A dominância dessas espécies aumenta presumivelmente como resultado da degradação da base alimentar, especialmente dos invertebrados. Consequentemente, sua estratégia alimentar mais oportunística os torna mais bem-sucedidos em relação às espécies com estratégias mais especializadas ([ARAÚJO, 1998](#)).

[KARR \(1981\)](#) estabeleceu que amostras com menos de 20% de indivíduos onívoros são indicativas de boa qualidade ambiental, enquanto aquelas com mais de 45% de onívoros são gravemente degradadas, e considerando todos os pontos amostrados, registrou-se 57% de espécies onívoras, sugerindo indícios de degradação. Esse parâmetro pode estar relacionado às diferentes condições ambientais e ao aspecto biogenético característico de cada espécie ([SILVA et al., 2005](#)). Assim, como as espécies com hábito alimentar onívoro, em geral, são encontradas em locais impactados e possuem uma ampla gama de itens alimentares, elas podem apresentar maiores chances de ingerir MP's, além das espécies com hábitos bentívoros (Tabela 6), que estão constantemente associadas ao fundo, e os sedimentos de todos os pontos estudados (P01, P02, P03 e P04) apresentaram MP's.

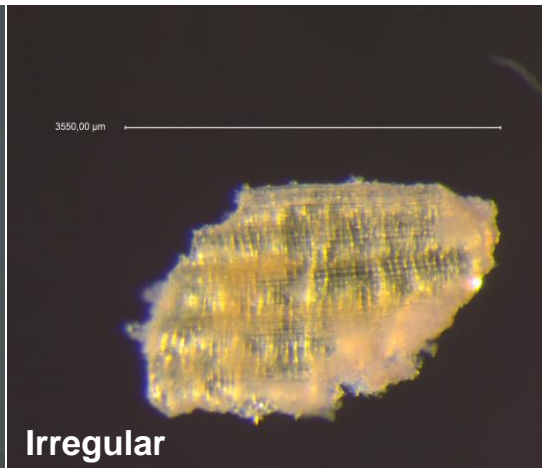
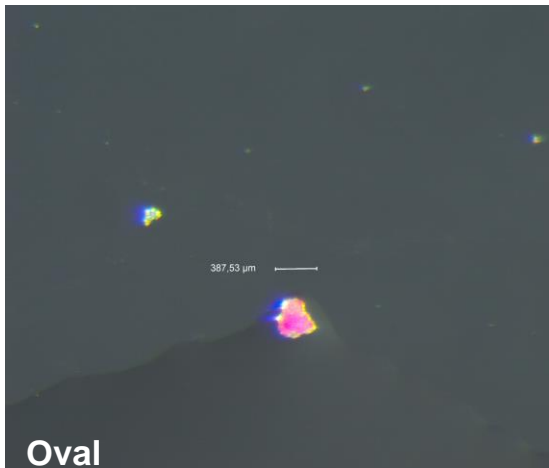
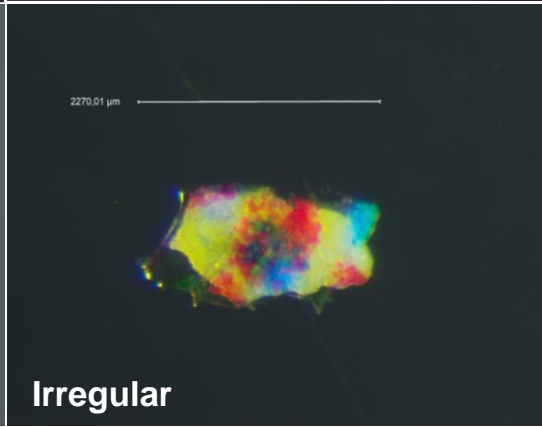
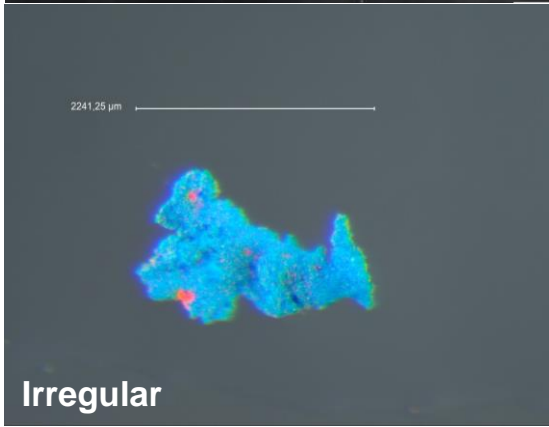
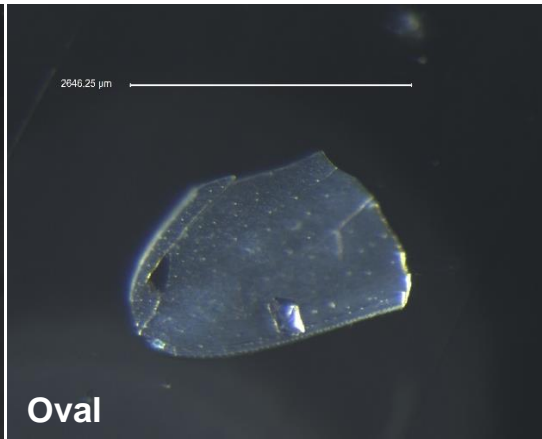
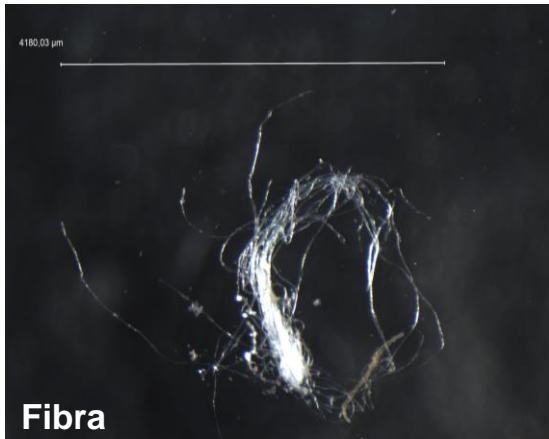
Baseado em [ARTONI, R & SHIBATTA, O. 2006](#), e [MEDRI, E. et al. 2002](#), as principais guildas tróficas podem ser classificadas em: onívoro (consumo de origem vegetal e animal), planctívoro (consumo de plâncton), detritívoro (consumo de detritos), iliófago (consumo de sedimentos em conjunto com matéria orgânica), piscívoro (consumo de peixes), insetívoro (consumo de insetos aquáticos ou terrestres), herbívoro (consumo de vegetais), bentívoro (alimentação baseada em organismos da região bentônica) e carnívoro (consumo de origem animal). E os grupos funcionais, sugeridos por [CASATTI, et al. 2001](#); [ABILHOA, DUBOC & AZEVEDO, 2008](#); [GERKING, 1994](#); [MATTHEWS, 1998](#), são classificados em: Especuladores, emboscadores e generalizados (Tabela 5).

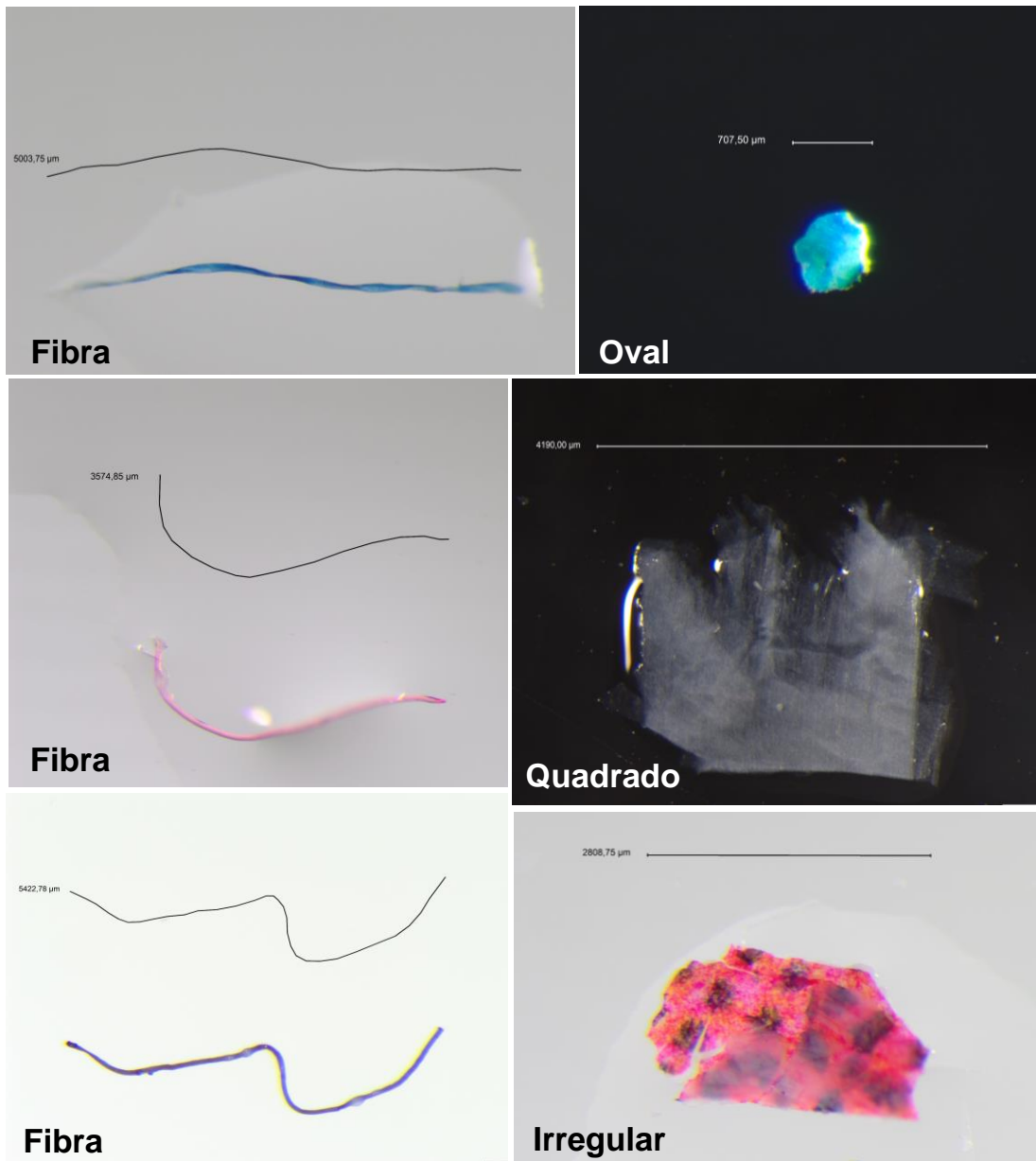
**Tabela 5.** Classificação dos táxons amostrados em guildas tróficas e grupos funcionais. **O**= onívoro; **IN**= insetívoro; **D**= detritívoro; **PI**= piscívoro; **B**= bentívoro; **H**= herbívoro; **C**= carnívoro.

<b>Espécies</b>	<b>Guilda trófica</b>	<b>Grupo funcional</b>
<i>Astyanas lacustris</i>	<b>O (tende a H e IN)</b>	Especuladores de meia-água/superfície
<i>Moenkhausia vittata</i>	<b>O (tende a IN)</b>	Especuladores de superfície
<i>Deuterodon intermedius</i>	<b>O (tende a IN)</b>	Especuladores de meia-água/superfície
<i>Mimagoniates sylvicola</i>	<b>IN</b>	Especuladores de meia-água/superfície
<i>Oligosarcus acutirostris</i>	<b>O (tende a PI)</b>	Emboscadores de meia-água
<i>Cyphocharax gilbert</i>	<b>D (tende a H)</b>	Especuladores de substrato
<i>Characidium cricarence</i>	<b>O (tende a IN)</b>	Especuladores de meia-água
<i>Hypomasticus steindachneri</i>	<b>O (tende a IN)</b>	Especuladores de meia-água
<i>Brycon ferox</i>	<b>O (tende a IN)</b>	Especuladores de meia-água
<i>Hoplias malabaricus</i>	<b>PI (tende a IN)</b>	Emboscadores de meia-água
<i>Trachelyopterus striatulus</i>	<b>B (tende a IN)</b>	Especuladores de substrato
<i>Pimelodella cf. lateristriga</i>	<b>B (tende a IN)</b>	Especuladores de substrato
<i>Trichomycterus pradensis</i>	<b>B (tende a IN)</b>	Especuladores de substrato
<i>Clarias gariepinus</i>	<b>B (tende a O)</b>	Generalizados
<i>Pogonopoma wertheimeri</i>	<b>B (tende a H)</b>	Especuladores de substrato
<i>Hypostomus affinis</i>	<b>B (tende a H)</b>	Especuladores de substrato
<i>Poecilia vivipara</i>	<b>O</b>	Especuladores de superfície
<i>Phalloceros ocellatus</i>	<b>O (tende a IN)</b>	Especuladores de superfície
<i>Geophagus brasiliensis</i>	<b>O</b>	Generalizados
<i>Oreochromis niloticus</i>	<b>O</b>	Generalizados
<i>Australoheros capixaba</i>	<b>O (tende a C)</b>	Generalizados

**Tabela 6.** Número de microplásticos encontrados, separados por guilda trófica e grupo funcional. **O**= onívoro; **IN**= insetívoro; **D**= detritívoro; **PI**= piscívoro; **B**= bentívoro.

<b>nº MP</b>	<b>Guilda trófica</b>	<b>Grupo funcional</b>
689		Especuladores
30	<b>O</b>	Generalizados
2		Emboscadores
114	<b>IN</b>	Especuladores
32	<b>D</b>	Especuladores
0	<b>PI</b>	Emboscadores
359	<b>B</b>	Especuladores
21		Generalizados





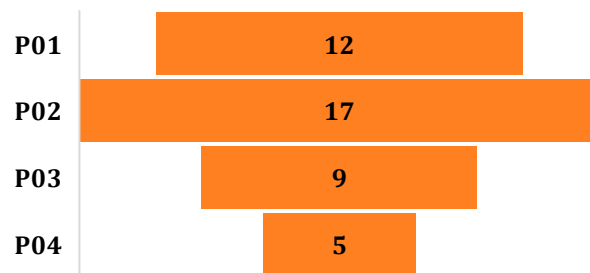
**Figura 18:** Microplásticos encontrados nos espécimes estudados.

## 6.5 Amostragem de sedimentos

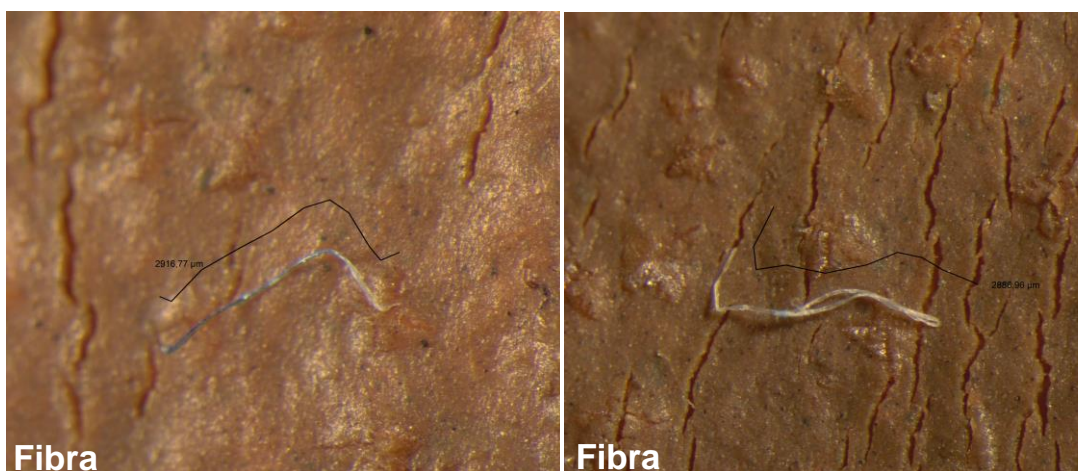
Foram analisadas duas amostras de 60g para cada ponto amostrado, nos quais foram encontrados 43 microplásticos ao todo, sendo eles em maioria do tipo “fibra”, e apenas 3 categorizados como “irregulares” e 1 “oval”. O ponto P01 apresentou 28% (12 MP) dos MP's encontrados, enquanto P02 obteve 39% (17 MP), P03 mostrou-se com 21% (9 MP) e P04 com 12% (5 MP) (Figura 19). Vale ressaltar, que o P04 (REBIO C.G) apresentou um MP diferente dentre todos os analisados (considerando a ictiofauna e o sedimento), se assemelhando com fragmento de estofado, possivelmente correlacionado ao plantio de eucalipto no entorno da reserva. Porém, é necessário um aprofundamento em estudos adicionais para corroborar com tal perspectiva.

Com tudo, o método para a análise dos sedimentos mostrou-se promissor, visto que os MP's apresentaram baixa densidade, e flutuaram quando imersos em solução salina saturada, além de ter sido possível encontrar diferentes MP's nos filtros quantitativos após o processo de filtragem. Ademais, seria possível correlacionar a presença de MP's no sedimento com o hábito alimentar de espécies bentívoras, visto que espécimes associados ao bento consomem uma quantidade considerável de itens plásticos.

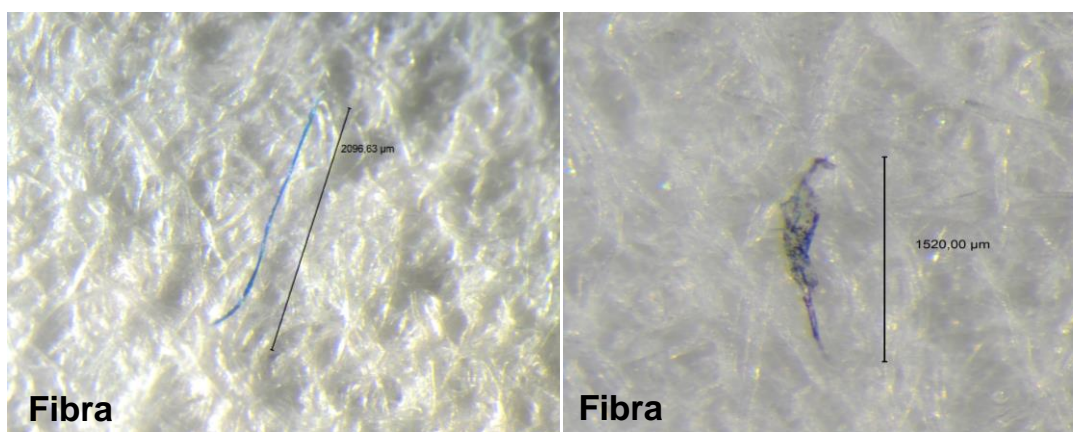
Dessa forma, ficou comprovado que os MP's estudados apresentam baixa densidade, devido ao método de espera de 10 min. ter apresentado eficiência em encontrar MP's que flutuam na solução salina saturada. Porém, também há exceções de MP's que podem demonstrar alta densidade, pois MP's como o cloridrato de polivinililo (PVC; densidade: 1330 kg/m<sup>3</sup>) ou polietileno tereftalato (PET; densidade: 1,36 kg/m<sup>3</sup>) não podem ser extraídos pelo método da solução salina concentrada (KLEIN et al., 2015), como a aqui utilizada, havendo chances de alguns itens plásticos não serem encontrados com este método.



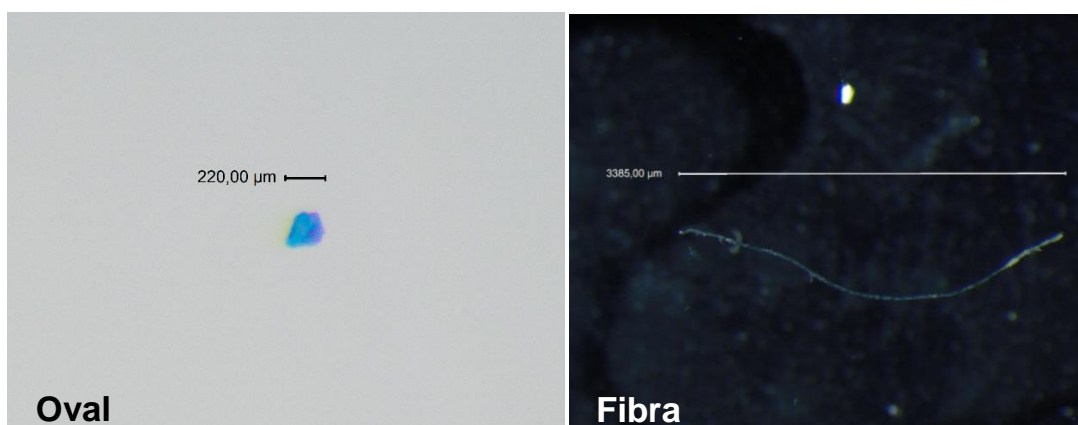
**Figura 19:** Quantidade de microplásticos encontrados nos sedimentos, separados por ponto de coleta.



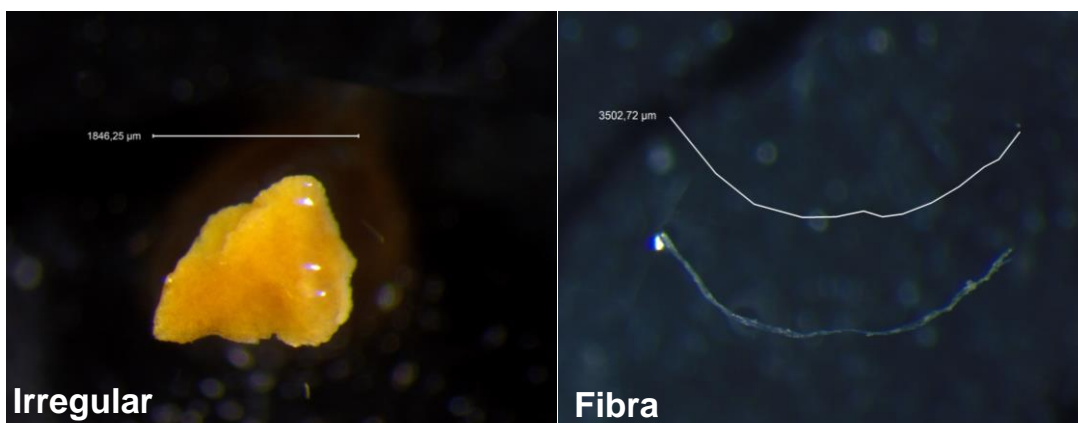
**Figura 20:** Microplásticos encontrados no sedimento – Ponto P01 (Cachoeira dos pretos).  
 \*Devido a grande quantidade de partículas do sedimento que se mantiveram suspensas após o método de filtração, o filtro quantitativo apresenta coloração marrom.



**Figura 21:** Microplásticos encontrados no sedimento – Ponto P02 (Sob a ponte da Jacuba).



**Figura 22:** Microplásticos encontrados no sedimento – Ponto 03 (Lagoa dos Guaxes – REBIO C.G).



**Figura 23:** Microplásticos encontrados no sedimento – Ponto 04 (REBIO C.G).

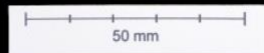
*Astyanax lacustris*



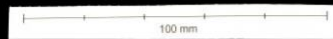
*Hoplias malabaricus*



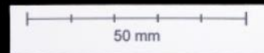
*Moenkhausia vittata*



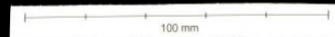
*Brycon ferox*



*Deuterodon intermedius*



*Hypomasticus steindachneri*



*Mimagoniates sylvicola*



*Characidium cricarens*



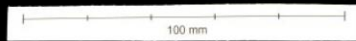
*Oligosarcus hepsetus*



*Cyphocarax gilbert*



*Hypostomus affinis*



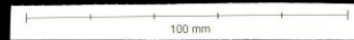
*Pogonopoma wertheimeri*



*Pimelodella cf. lateristriga*



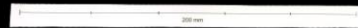
*Trachelyopterus striatulus*

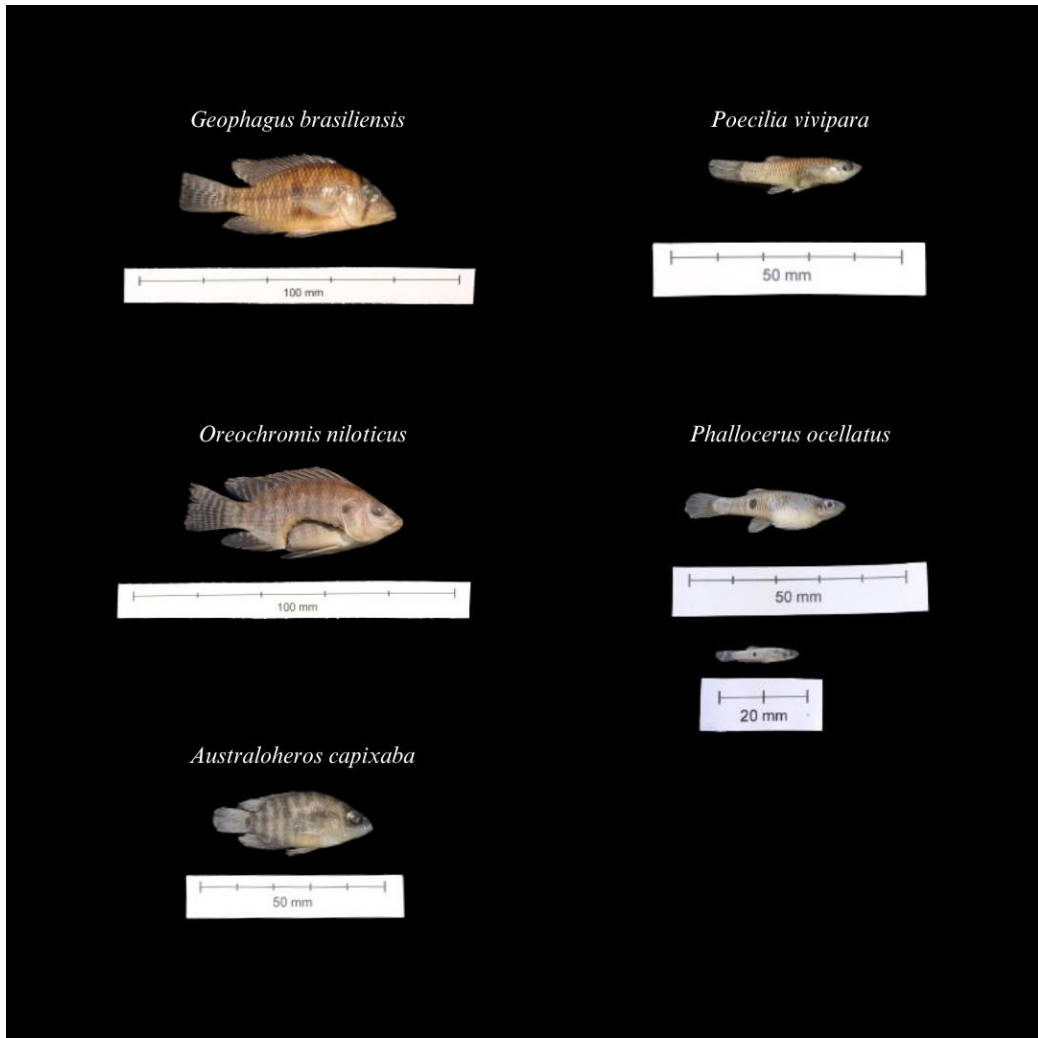


*Trichomycterus pradensis*



*Clarias gariepinus*





**Figura 24:** Espécies registradas.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rio Itaúnas, apesar de apresentar alguns trechos com indícios de conservação, sofre diariamente com influência antrópica, e sua ictiofauna sugere tornar-se cada vez menos abundante e rica, e cada vez mais resistente, as espécies tolerantes dominam desde os ambientes mais “alterados” até os tidos como “naturais”, ocorrendo em todo o trecho estudado. Uma caracterização mais precisa da contaminação por microplásticos requer a realização de etapas críticas, como amostragem, separação e métodos de identificação. No entanto, a diversidade de métodos descritos na literatura existente indica a ausência de uma metodologia comum consolidada. Esta disparidade é atribuída à novidade do campo de estudo, com muitos dos estudos realizados como projetos pilotos (o que acentua o desconhecimento quanto aos efeitos do MP no organismo das espécies). Como resultado, a falta de uniformidade metodológica diminui a comparabilidade entre estudos que empregam diferentes abordagens. Essa heterogeneidade é particularmente acentuada em ambientes de água doce, devido a uma série de variáveis relacionadas à amostragem, como o fluxo do rio, a estação do ano, o tipo de equipamento de coleta, a posição do dispositivo de coleta ou arrasto, a profundidade da amostragem, o método de coleta (dinâmico ou estático), o tempo de exposição, a presença de material em suspensão, a presença de detritos vegetais, entre outros. Essas variações podem impor limitações significativas, levando à adoção de métodos discrepantes. Assim, há uma necessidade premente de desenvolver uma metodologia aprimorada, automatizada e padronizada para a detecção e identificação de microplásticos, representando um desafio substancial, mas crucial para aprimorar a comparabilidade entre estudos futuros, tanto em ambientes continentais quanto marinhos. Ademais, acredita-se que a recuperação das matas e o melhor gerenciamento desses ambientes seja a chave para a conservação dos corpos d’água e conseqüentemente das comunidades de peixes que ali vivem, além de dados comparáveis sobre a contaminação em diversos habitats são essenciais para uma avaliação de risco confiável, indispensável para a formulação de medidas adequadas de mitigação e prevenção no futuro.

## **8. CONCLUSÃO**

Pode-se correlacionar que a forma e o tamanho dos microplásticos influenciem em sua absorção, que dependerá de estratégias alimentares das espécies. Fator este observado em espécies de guildas do tipo onívoro, que apresentam ampla estratégia alimentar e uma proporção maior de itens consumidos, e bentônico, que estão estritamente associados ao substrato (no qual possui microplástico), por conseguinte, não há como definir até o momento se as espécies consomem os itens plásticos intencionalmente ou acidentalmente, porém, ambas possuem maiores chances de consumir este item dentre as demais guildas estudadas. Ademais, a qualidade ambiental dos locais analisados, podem ser averiguadas quanto a porcentagem de espécies onívoras presentes, e como registrou-se 57% de espécies onívoras considerando todos os pontos amostrados, sugere-se indícios de degradação. Em suma, a vasta ocorrência do microplástico do tipo “fibra”, e seu grande percentual em volume consumido pelas espécies, podem ser associadas a poluição têxtil e a atividades pesqueiras, visto que muitas dessas fibras são de nylon, presentes em roupas sintéticas e/ou redes e linhas de pesca, explicando assim o fato de todos os pontos amostrados apresentarem microplásticos (majoritariamente fibras), seja na ictiofauna dulcícola ou no sedimento, até mesmo a jusante da cidade de Cristal do Norte e na Reserva Biológica do Córrego Grande, dessa maneira, expondo uma problemática alarmante e onipresente a ser monitorada.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELHA & GOULART, E. 2004. Oportunismo trófico de *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) (Osteichthyes, Cichlidae) no reservatório de Capivari, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 26, n. 1, p. 37-45.

ABILHOA, V. & L. F. DUBOC. 2004. Livro vermelho dos animais ameaçados de extinção no estado do Paraná. Peixes, p. 581–677. In: Mikich, S. B. & R. S. Bérnils (Eds). Curitiba, Mater Natura e Instituto Ambiental do Paraná, 764p.

[ABILHOA, V., L. F. DUBOC & D. P. AZEVEDO FILHO. 2008. A comunidade de peixes de um riacho de Floresta com Araucária, alto rio Iguaçu, sul do Brasil. \*Revista Brasileira de Zoologia\*, 25: 238-246.](#)

AGERH - AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HIDRICOS, 2015. Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/cbh-itaunas>. Acesso em: Maio 2023.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/fortalecimento-dos-entes-do-singreh/comites-de-bacia-hidrografica/comites-estaduais/es>. Acesso em: Maio 2023.

[AGUIARO, T.; CARAMASCHI, E. P. 1998. Trophic guilds in fish assemblages in three coastal lagoons of Rio de Janeiro State \(Brazil\). In: \*Proceedings of the International Association of Theoretical and Applied Limnology\*, v. 26, n. 5, p. 2166-2169.](#)

ALBERT, J. S.; TAGLIACOLLO, V. A.; DAGOSTA, F. 2020. Diversification of neotropical freshwater fishes. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, v. 51, n. 1, p. 27–53.

ANDRADE, M. C. et al. 2019. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, v. 244, p. 766–773.

ARANHA, J. M. R. 1993. Método para análise quantitativa de algas e outros itens microscópicos de alimentação de peixes. *Acta Biológica Paranaense*, v. 22, n. 1, 2, 3, 4, P. 71-76.

ARAÚJO, F. G. 1998. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 58, p. 547-558.

ARAÚJO, F. G., I. FICHBERG, B. C. T. PINTO & M. G. PEIXOTO. 2003. A preliminary index of biotic integrity for monitoring the condition of the Rio Paraíba do Sul, Southeast Brazil. *Environmental Management*, 32: 516-526.

ARTONI, R.; SHIBATTA, O. Peixes do Parque Estadual de Vila Velha: Aspectos da história natural, da biologia evolutiva e da conservação. Ponta Grossa, Editora UEPG, **2006**.

BAKER, S. E. 1984. The Development, Current Use and Effectiveness of Streamside Buffer Zones in Precluding Sediment Delivery to Forest Streams. North Carolina State University. (M. S. Thesis).

BARBIERI E. 1998. Biodiversidade: Capitalismo verde ou ecologia social? São Paulo: Cidade Nova, 89p.

BAUMGARTNER G.; C. S. PAVANELLI, D.; BAUMGARTNER, A. G.; BIFI, T.; DEBONA, V. A.; FRANA. 2012. Peixes do baixo rio Iguaçu. Maringá: Eduem, pp. 57-100. ISBN 978-85-7628-586-1.

BIRINDELLI, J. L. O.; SIDLAUSKAS, B. L. 2018. Preface: How far has Neotropical Ichthyology progressed in twenty years? *Neotropical ichthyology*, v. 16, n. 3.

BITTI, S. A. 2015. Ictiofauna do córrego Canivete, bacia do rio São Mateus – ES. Trabalho de Conclusão de Curso não publicado, Centro Universitário Norte do Espírito Santo/Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus.

BLONDEL, J. (2003). Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos* (Copenhagen, Denmark), 100(2), 223–231.

BRITTO, M. R. 2002. Análise filogenética da ordem Siluriformes com ênfase nas relações da superfamília Loricarioidea (Teleostei: Ostariophysi). 527p. Tese de Doutorado em Ciências - Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

[BUCKUP, P. A. 1999. Sistemática e biogeografia de peixes de riachos. Pp. 91-135. In: Caramaschi, E. P., R. Mazzoni, C. R. S. F. Bizerril & P. R. Peres-Neto \(eds\). Ecologia de peixes de riacho: estado atual e perspectivas. Rio de Janeiro, Oecologia Brasiliensis.](#)

BUCKUP, P. A., N. A. MENEZES & M. S. GHAZZL. 2007. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro, Museu Nacional. 195p.

BURGESS, W. E. 1989. An atlas of Freshwater and marine catfishes. A preliminary survey of the Siluriformes. New Jersey: T.F.H. Publications.

CASATTI, L., LANGEANI, F., & CASTRO, R. M. C. (2001). [Peixes de riacho do parque estadual Morro do Diabo, Bacia do Alto Rio Paraná, SP. \*Biota Neotropica\*, 1\(1-2\), 1-15.](#)

CASTRO, R. M. C. et al. 2004. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do rio Grande no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, v. 4, n. 1, p. 139.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH, 2003. Disponível em: <https://www.normasbrasil.com.br/norma/?id=99348>. Acesso em: Maio 2023.

CONSELHO FEDERAL DE BIOLOGIA - CFBio, 2012. Disponível em: <https://cfbio.gov.br/2012/12/28/resolucao-no-301-de-8-de-dezembro-de-2012/>. Acesso em: Maio 2023.

[CORNELL, H. L. E. Hurd & LOTRICH. V. A. 1976. A measure of response to perturbation used to assess structural change in some polluted and unpolluted stream fish communities. \*Oecologia\*, 23: 335-342.](#)

COURTENE-JONES, W., QUINN B., GARY S. F., MOGG A. O. M., NARAYANASWAMY B. E. 2017. Microplastic pollution identified in deep-sea water and ingested by benthic invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, v. 231, n. Pt 1, p. 271-280.

COUTINHO, A. B.; Aguiaro T.; Branco C. W.; Albuquerque I. E. F. 2000. Alimentação de *Hypheosobrycon bifasciatus* (Osteichthyes, Characidae) na Lagoa Cabiúnas, Macaé, RJ. *Acta Limnologica Brasiliensia* 12: 45-54.

DE SÁ, L. C.; OLIVEIRA M.; RIBEIRO F.; ROCHA T. L.; FUTTER M. N. 2018. Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *The Science of the total environment*, v. 645, p. 1029-1039.

[DIAS, A. C. M. L.; CASTELO BRANCO, C.W ; LOPES, V. G. 2005. Estudo da dieta natural de peixes no reservatório de Ribeirão das Lajes, Rio de Janeiro, Brasil. \*Acta Sci. Biol. Sci. Maringá\*, v. 27, n. 4, p. 355-364, Oct./Dec.](#)

DRIS, R.; IMHOF, H.; SANCHEZ, W.; GASPERI, J.; GALGANI, F.; TASSIN, B.; LAFORSCH, C. 2015. Beyond the ocean: contamination of freshwater ecosystems with (micro-)plastic particles. *Environmental Chemistry*. Volume 12. pp. 539-550.

EERKES-MEDRANO, D.; THOMPSON, R. C.; ALDRIDGE, D. C. 2015. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Journal Water Research*. Volume 75. pp. 63-82.

ESPÍRITO SANTO - SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. 2018. Atlas da Mata Atlântica do estado do Espírito Santo: 2007-2008/2012-2015. Cariacica: IEMA, 248 p.

FARRELL, P.; NELSON, K. 2013. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental pollution* (Barking, Essex: 1987), v. 177, p.13.

[FOSSI, M. C. et al. 2017. Plastic debris occurrence, convergence areas and fin whales feeding ground in the Mediterranean marine protected area pelagos sanctuary: A modeling approach. \*Frontiers in marine science\*, v. 4.](#)

FRAGA, C.; FORMIGONI, M. H.; CHAVES, F. G. **2019**. Fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. Santa Teresa, ES: Instituto Nacional da Mata Atlântica.

GERKING, S. D. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press.

GOMES, T. 2017. Caracterização ictiológica e ambiental da bacia do rio Itaúnas, ES. Trabalho de Conclusão de Curso não publicado, Centro Universitário Norte do Espírito Santo/Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus.

GOULDING, M. 1980. The fishes and the forest: explorations in Amazonian natural history. Berkeley, University of California Press, 292p.

HAHN, N. S. & DELARIVA, R. L. 2003. Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes: o que estamos usando? *Interciência*, Caracas, v. 28, n. 2, p. 100-104.

HOSTIM-SILVA et al., 2019. Peixes ameaçados de extinção no estado do Espírito Santo. In: FRAGA, C. FORMIGONI, M. H. & CHAVES, F. G. 2019. Fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. Santa Teresa, ES: Instituto Nacional da Mata Atlântica. 432 p.

HURLEY, R.; WOODWARD, J.; ROTHWELL, J. J. 2018. Microplastic contamination of river beds significantly reduced by catchment-wide flooding. *Nature geoscience*, v. 11, n. 4, p. 251–257.

HYNES, H. B. N. 1950. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology*. v. 19, p. 6-58.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade ([sd]). *SALVE - Público*. Gov.br. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br/#/>. Acessado em: Setembro de 2024.

JAMBECK, J. R. et al. **2015**. Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* (New York, N.Y.), v. 347, n. 6223, p. 768–771.

[KAAR, J. R. & SCHLOSSER, I. J. 1978. \*Water Resources and the Land-Water Interface\*.](#)

KARAMI, A.; GOLIESKARDI A; HO Y. B.; LARAT V.; SALAMATINIA B. 2017. Microplastics in eviscerated flesh and excised organs of dried fish. *Scientific reports*, v. 7, n. 1, p. 5473.

[KARR, J. R. 1981. \*Assessment of biotic integrity using fish communities\*. \*Fisheries\*, 6: 21-27.](#)

KAWAKAMI, E.; VAZZOLER, G. Método gráfico e estimativo de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. v. 29, n. 2, p. 205-207, 1980.

KLEIN, S.; WORCH, E.; KNEPPER, T. P. 2015. Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-main area in Germany. *Environmental science & technology*, v. 49, n. 10, p. 6070–6076.

LEBRETON L. C. M.; VAN DER ZWET J.; DAMSTEEG J. W.; SLAT B.; ANDRADY A.; REISSER J. 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature communications*, v. 8, n. 1, p. 15611.

LI, J.; LIU, H.; CHEN, P. 2018. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research* 137 (2018) 362-374.

[LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. 2000. \*Hidrologia de matas ciliares\*. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F.\(Ed.\). \*Matas ciliares: conservação e recuperação\*. São Paulo: EDUSP/ Fapesp. p.33-44.](#)

LOWE-McCONNELL, R. H. 1991. Ecology of cichlids in South American and African waters, excluding the African Great Lakes. *Cichlid fishes: behaviour, ecology and evolution*, p. 60-85.

[LOWRENCE, R.; TODD, R.; FAIR JR., J.; HENDRICKSON JR., O.; LEONARD, R. & ASMUSSEN, L. 1984. "Riparian Forests as Nutrient Filters in Agricultural Watersheds". \*Bioscience\*, 34 \(6\): 374-377.](#)

[MACHADO, J. et al. 2021. \*Análise da presença de microplástico em bivalves \(perna - perna\): um estudo de caso em matinhos, litoral do Paraná\*. \*Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável GUAJU, Matinhos\*, v.7, n.1, jan. /jun.](#)

MALABARBA, L. R., R. E. REIS, R. P. VARI, Z. M. S. LUCENA & C. A. S. LUCENA. 1998. Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. Porto Alegre, EDIPUCRS. pp. 1-12.

MMA – Ministério do Meio Ambiente do Brasil. 2006. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil - Volume 1. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. MMA. Pp. 174-204.

MEDRI, M. et al. A bacia do rio Tigabi. Paraná, Londrina, **2002**.

MOORE, C.; LATTIN, G.; ZELLERS, A. 2011. Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California. *Journal of Coastal Zone Management*. Volume 11. pp. 65–73.

MATTHEWS. W. J. 1998. Patterns in Freshwater Fish Ecology. United States of America. International Thomson Publishing – Thomson Science.

NASCIMENTO, R. S. S. & H. C. B. GURGEL. 2000. Estrutura populacional de *Poecilia vivípara* Bloch & Schneider, 1801 (Atheriniformes, Poeciliidae) do rio Ceará-Mirim – Rio Grande do Norte. *Acta Scientiarum*, v. 22, n. 2, p. 415-422.

NELSON, J. S.; GRANDE T. & WILSON M. V. H. 2016. Fishes of the world. Description: Fifth edition. | Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. ISBN 9781118342336. 706p.

OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M. A.; MIRANDA, G. V. 2004. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Volume 8. pp. 160 – 163.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/136462-campanha-do-pnuma-convida-pa%C3%ADses-reduzir-polui%C3%A7%C3%A3o-pl%C3%A1stica-nos-mares>. Acesso em: Maio 2024.

OYAKAWA, O. T.; AKAMA, A.; MAUTARI, K. C.; NOLASCO, J. C. Peixes de riachos da Mata Atlântica. São Paulo: Neotropica, **2006**. 201 p.

[PETERJOHN, W. T. & CORREL, D. L. 1984. “Nutrient Dynamics in an Agricultural Watershed: Observations on the Role of a Riparian Forest”. \*Ecology\*, 65 \(5\): 1466-147.](#)

[PINTO, B. C. T. & ARAÚJO. F. G. 2007. Assessing of Biotic Integrity of the fish community in a heavily impacted segment of a tropical River in Brazil. \*Brazilian Archives of Biology and Technology\*, 50: 489-502.](#)

PLASTIC EUROPE, 2022. Disponível em: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/national-infographics-circular-economy-for-plastics-2024/>. Acesso em: Maio 2023.

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

PRATA, J. C.; COSTA J. P.; DUARTE A. C.; ROCHA-SANTOS T. 2019. Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *Trends in analytical chemistry: TRAC*, v. 110, p. 150–159.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – PNUMA, 2023. Disponível em: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/42277/Plastic\\_pollution.pdf?sequence=3](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/42277/Plastic_pollution.pdf?sequence=3). Acesso em: Maio 2024.

PHILLIPS, M. B.; BONNER, T. H. 2015. Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin*. Volume. 100. pp. 264-269.

REASH, R. J. & BERRA, T. M. 1987. Comparison of fish communities in a clean-water stream and an adjacent polluted stream. *American Midland Naturalist*, p. 301-322.

RODRIGUES, R. & FILHO. H F. L. *Matas Ciliares: Conservação e recuperação*. - 2. ed. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, **2001**.

ROOT, R.B., 1967. The niche exploitation pattern of the blue-grey gnatcatcher. *Ecol. Monogr.* 37: 317-350.

SARMENTO-SOARES L. M. & R. F. MARTINS-PINHEIRO. Junho de **2012**. A fauna de peixes nas bacias do norte do Espírito Santo, Brasil. *Sitentibus série Ciências Biológicas* 12(1): 27 52.

SCHMIDT, C.; KRAUTH, T.; WAGNER, S. 2017. Export of plastic debris by rivers into the sea. *Environmental science & technology*, v. 51, n. 21, p. 12246–12253.

[SILVA, G. C., A. C. L. E. CASTRO & GUBIANI. É. A. 2005. Estrutura populacional e indicadores reprodutivos de \*Scomberomorus brasiliensis\* Collette, Russo e ZavalaCamin, 1978 \(Perciformes: Scombridae\) no litoral ocidental maranhense. \*Acta Scientiarum. Biological Sciences\*, 27: 383-389.](#)

[SILVA, P. P. G. Contaminação e toxicidade de microplásticos em uma área de proteção marinha costeira. 2016. Dissertação \(Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental\) -](#)

[Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.](#)  
[Acesso em: Setembro 2024.](#)

SILVA, A. B.; BASTOS A. S.; JUSTINO C. L.; DA COSTA J. P.; DUARTE A. C.; ROCHA-SANTOS T.A. 2018. Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry - A review. *Analytica chimica acta*, v. 1017, p. 1–19.

TANAKA, K.; TAKADA, H. 2016. Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Scientific reports*, v. 6, n. 1, p. 34351.

VARI, R. P. & MALABARBA, L. R. 1998. Neotropical Ichthyology, an overview. In:

VAZZOLER, A. E. A. M de, & N. A. MENEZES. 1992. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). *Revista Brasileira de Biologia*, v. 52, n. 4, p. 627-640.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE – WWF, 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: Maio 2023.

WRIGHT, S. L.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environment Pollution*. Volume 178. pp. 483-492.

ZAVALA-CAMIN, L. A. 1996. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes.

ZIMMERMANN, C. M.; GUIMARÃES, O. M.; PERALTA-ZAMORA, P. G. 2008. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). *Química Nova*. Volume 31, 7ª edição, pp. 1727-1732, Ponta Grossa.

ZOBKOV, M.; ZOBKOVA M.; GALAKHINA N.; EFREMOVA T. 2020. Method for microplastics extraction from Lake sediments. *MethodsX*, v. 7, n. 101140, p. 101140.

ZHOU, Q. et al. 2020. Characteristics and distribution of microplastics in the coastal mangrove sediments of China. *The Science of the total environment*, v. 703, n. 134807, p. 134807.