

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar)**

**CAMPUS LAGOA DO SINO**

Centro de Ciências da Natureza (CCN)

Departamento de Hidrobiologia (CCBS)

**Avaliação da ingestão de microplásticos em microcrustáceos da Represa de Barra Bonita (Rio Tietê, SP - Brasil)**

**Fernanda Thais Fernandes do Nascimento**

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Gilmar Perbiche Neves



**BURI, SP**

**2024**

**Avaliação da ingestão de microplásticos em microcrustáceos da Represa de Barra Bonita (Rio Tietê, SP - Brasil)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências da Natureza da Universidade Federal de São Carlos, como requisito para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Profº Dr. Gilmar Perbiche Neves

**BURI, SP**

**2024**

Nascimento, Fernanda Thais Fernandes

Avaliação da ingestão de microplásticos em microcrustáceos da Represa de Barra Bonita (Rio Tietê, SP - Brasil) / Fernanda Thais Fernandes Nascimento -- 2024.  
50f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri  
Orientador (a): Professor Dr. Gilmar Perbiche Neves  
Banca Examinadora: Professor Dr. Marcos Gomes Nogueira, Professor Dr. Andre Ricardo Ghidini  
Bibliografia

1. Poluição por microplásticos. 2. Ingestão de microplásticos em zooplâncton. 3. Determinação de biomassa. I. Nascimento, Fernanda Thais Fernandes. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

COORDENAÇÃO DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - CCCBio-LS/CCN

Rod. Lauri Simões de Barros km 12 - SP-189, s/n - Bairro Aracaçu, Buri/SP, CEP 18290-000

Telefone: (15) 32569030 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-FA nº 3/2024/CCCBio-LS/CCN

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso

Folha Aprovação (GDP-TCC-FA)

FOLHA DE APROVAÇÃO

FERNANDA THAÍS FERNANDES DO NASCIMENTO

AVALIAÇÃO DA INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS EM MICROCRUSTÁCEOS DA REPRESA DE BARRA BONITA (RIO TIETÊ, SP - BRASIL)

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino

Buri, 16 de janeiro de 2024

ASSINATURAS E CIÊNCIAS

Cargo/Função	Nome Completo
Orientador	Gilmar Perbiche Neves
Membro da Banca 1	Marcos Gomes Nogueira
Membro da Banca 2	André Ricardo Ghidini

Documento assinado digitalmente



MARCOS GOMES NOGUEIRA

Data: 17/01/2024 17:24:04-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



Documento assinado eletronicamente por **Gilmar Perbiche Neves, Docente**, em 17/01/2024, às 13:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andre Ricardo Ghidini, Docente**, em 17/01/2024, às 14:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador **1328239** e o código CRC **9BBAF5CC**.

Dedico este trabalho para a minha mãe, Jeane; meu irmão, Miguel; a mim mesma, por não desistir dos meus sonhos mesmo em momentos de tempestade; aos próprios momentos de tempestade, por me tornarem forte; e a todas as pessoas que passaram pela minha vida e construíram em mim o que eu sou. Essa é a continuação de um sonho.

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que esteve ao meu lado em todos os momentos, mesmo naqueles em que pensei estar completamente sozinha, e me deu a força necessária, sabedoria e paciência, me tornando resiliente ao longo do caminho para chegar até aqui.

À minha mãe, Jeane, uma mulher de força admirável, que sempre fez o impossível por mim e lutou com muito trabalho para que nunca me faltasse nada. Agradeço também ao meu irmão, Miguel, por todo o apoio, por me ensinar coisas tão importantes e sempre se esforçar por nós.

À minha avó Francisca, que sempre estará em meus pensamentos, minha querida avó Rildete, meus tios e tia Edlene, meus primos Aline, Gustavo e Letícia; Bernardo e Yannine, vocês são minha família e minha inspiração. Agradeço por todo o apoio sempre.

À todos os professores da E.E Profª Neuza de Oliveira Prévide, escola onde estudei na adolescência, que mesmo com poucos recursos, sempre se esforçaram para passar conhecimento a alunos crescidos na periferia, pois entendem a importância de acreditar no potencial de pessoas como eu. Com eles, pude aprender que eu poderia ser muito mais do que imaginava, e que a universidade pública era um local que eu poderia e deveria ocupar.

Especialmente, os prof<sup>os</sup> Sérgio, Valdir, Brondi, Iracy e Marisa, que me incentivaram muito para prestar os vestibulares, me doando materiais, listas e tirando dúvidas, além da querida profª Silvia Ribeiro, que pouco tempo antes do Enem, reservou metade de todas as aulas restantes no ano letivo para sentar ao meu lado e corrigir minhas redações, me explicando tudo detalhadamente e com muita paciência. Descanse em paz profª, você foi essencial em minha vida escolar e me colaborou muito para o meu ingresso na Universidade.

À todos os meus amigos que sempre me apoiaram, especialmente a minha melhor amiga de infância Letícia, por todo o apoio de sempre, pela amizade que beira a irmandade e ultrapassa tempo e distância. Lê, não me lembro de uma versão minha sem você ao meu lado. Você sempre esteve comigo e quero que esteja para sempre na minha vida. Seu apoio foi essencial para mim.

Aos encontros tão especiais que pude ter na Lagoa do Sino, reconheço a importância de todas as amizades que lá pude fazer, e que foram e ainda são muito especiais para mim.

À todos os professores que me deram aula durante o curso e me ensinaram tudo o que eu precisei até aqui, e especialmente ao meu orientador, Gilmar, que colaborou grandemente com a minha formação, me deu oportunidades e me ensinou tudo o que precisei para realizar este trabalho.

Agradeço a todos do Departamento de Hidrobiologia, principalmente ao Laboratório de Plâncton e ao Laboratório de Biodiversidade e Processos Microbianos, que colaboraram grandemente com a infraestrutura e de diversas maneiras para a realização desta pesquisa. Agradeço aos parceiros do Instituto de Biociências da UNESP, que colaboraram neste trabalho me tirando dúvidas sobre a metodologia, e na produção de resumo para congresso.

Aos meus dois presentes do DHb, Israel e Eloisa, do LMPB, que me fortaleceram durante esta jornada. Isra, sua amizade foi uma das coisas mais importantes para me manter firme em meio a um momento que exigiu tanto de mim. Você me levantou com palavras, atitudes e presença, me mostrando o valor real de uma amizade. Elo, você sempre tão gentil, tão centrada e inteligente, temos histórias parecidas e por isso sempre nos identificamos. Agradeço a vocês por todo o tempo de laboratório, muitas vezes ficando até tarde para fazermos companhia um ao outro.

Agradeço à Fernanda e Larissa, que foram a minha família em São Carlos e me receberam muito bem. Obrigada pela amizade e por toda a ajuda. À toda a República Varanda, em especial ao Chris, que foram tão essenciais em minha reta final.

Sou grata à Universidade Federal de São Carlos, por me formar não somente como profissional, mas me tornar uma pessoa muito melhor. A UFSCar (Campus Lagoa do Sino e Campus São Carlos) foi a minha casa, foi o lugar onde me desenvolvi, criei laços e pude me entender melhor como pessoa. Foi o lugar que me tirou da zona de conforto, me fez sair pra ver o mundo, e me deu acesso a espaços muito importantes, que abriram a minha mente para novas perspectivas e novos horizontes, com toda a infraestrutura necessária para o meu desenvolvimento.

Não poderia deixar de mencionar que sou fruto das cotas e das bolsas assistenciais, e se pude chegar até o fim do curso de Ciências Biológicas, devo muito ao movimento estudantil, e a ProACE, que me concedeu bolsa alimentação, transporte e moradia, possibilitando a minha permanência no ambiente universitário.

Por fim, sou e sempre serei grata à honrosa Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo: 2022/12061-3, por confiar em meu potencial e fomentar o projeto de Iniciação Científica que deu origem a este trabalho.

## Resumo

A ação antrópica é responsável por originar grande parte dos microplásticos presentes em ambientes marinhos e de água doce, os quais podem ser ingeridos por diversos organismos, incluindo o zooplâncton. O presente estudo teve por objetivo determinar valores, em peso seco, de microplásticos (mp) ingeridos por microcrustáceos em um reservatório eutrofizado e poluído (Reservatório de Barra Bonita, Rio Tietê). Foram coletadas 60 amostras de zooplâncton com rede cônica de plâncton de 68µm de abertura de malha durante março de 2023. Antes da fixação em formol 4%, utilizou-se água gaseificada comercial gelada para anestesia dos organismos, evitando-se regurgitações. Os organismos foram identificados ao nível específico sob estereoscópio e microscópio. Para a digestão, testou-se 3 concentrações de KOH (10, 15 e 20% p/v), em estufa a 60°C por 1h em lotes de 10 espécimes para cada espécie. Após verificar os melhores resultados de digestão entre as concentrações, optou-se em usar as de 10% e 15% em cladóceros e a de 20% em copépodes. Com uma balança analítica de precisão (Sartorius 215) de 6 casas, os organismos com mp foram pesados individualmente após a secagem, e em seguida o mp foi removido e pesado separadamente. Foram digeridos 11.267 espécimes de 13 espécies, sendo elas: *Daphnia gessneri* (Herbst, 1967), *Diaphanosoma birgei* (Korinek, 1981), *Moina minuta* (Hansen, 1899), *Ceriodaphnia cornuta* (Sars, 1886), *Notodiaptomus iheringi* (Wright, 1935), *Notodiaptomus cearensis* (Wright, 1936), *Mesocyclops meridianus* (Kiefer, 1926), *Metacyclops mendocinus* (Wierzejski, 1892), *Thermocyclops decipiens* (Kiefer, 1929), *Acanthocyclops robustus* (Sars, 1863), *Microcyclops anceps* (Richard, 1897), *Mesocyclops ogunnus* (Onabamiro, 1957) e *Mesocyclops longisetus* (Thiébaud, 1912), divididos em 1725, 1010, 120, 1001, 1020, 200, 120, 150, 200, 1001, 1005, 165 e 150 indivíduos, respectivamente. Entre os copépodes, 2000 e 1500 organismos de Calanoida e Cyclopoida respectivamente, foram digeridos em lotes maiores e sem a identificação ao nível de espécie. Entre todos os organismos digeridos, quatro partículas de mps foram encontradas em quatro espécimes de *D. gessneri*, e obteve-se os pesos secos dos organismos e dos microplásticos individualmente. Em nenhuma outra espécie foram encontrados microplásticos ingeridos. A primeira hipótese de que todos os grupos ingerem as partículas foi comprovada parcialmente, tendo sido encontrados somente em cladóceros *D. gessneri*. A segunda hipótese, de que quanto maior o indivíduo maior seriam as partículas de microplásticos foi comprovada, embora tenhamos obtido poucos

valores em um número elevado de espécimes digeridos. Apesar de terem sido encontrados microplásticos nos microcrustáceos, a porcentagem é mínima quando comparada ao total de espécimes analisados, mesmo numa represa poluída, menor do que a porcentagem encontrada em ambiente marinho.

**Palavras-chave:** *poluição de microplásticos, determinação de biomassa, zooplâncton, ingestão.*

## **Abstract**

Anthropogenic activities are responsible for most of the microplastics present in marine and freshwater environments, which can be ingested by various organisms, including zooplankton. The objective of this study was to determine the dry weight of microplastics (mp) ingested by microcrustaceans in a eutrophicated and polluted reservoir (Barra Bonita Reservoir, Tietê River). A total of 60 zooplankton samples were collected in March 2023 using a 68µm conical plankton net. Prior to fixation in 4% formaldehyde, cold commercial carbonated water was used to anesthetize the organisms and prevent regurgitation. The organisms were identified to the specific level under a stereoscope and microscope. Three concentrations of KOH (potassium hydroxide): 10, 15 and 20% were tested in an oven at 60°C for 1 hour in batches of 10 samples for each species. After checking the best results between the concentrations, it was decided to use 10% and 15% for cladocerans and 20% for copepods. Using a 6-place precision analytical balance (Sartorius 215), organisms with mp were weighed individually after drying, and then the mp was removed and weighed separately. A total of 11,267 samples of 13 species were digested: *Daphnia gessneri* (Herbst, 1967), *Diaphanosoma birgei* (Korinek, 1981), *Moina minuta* (Hansen, 1899), *Ceriodaphnia cornuta* (Sars, 1886), *Notodiaptomus iheringi* (Wright, 1935), *Notodiaptomus cearensis* (Wright, 1936), *Mesocyclops meridianus* (Kiefer, 1926), *Metacyclops mendocinus* (Wierzejski, 1892), *Thermocyclops decipiens* (Kiefer, 1929), *Acanthocyclops robustus* (Sars, 1863), *Microcyclops anceps* (Richard, 1897), *Mesocyclops ogunnus* (Onabamiro, 1957) and *Mesocyclops longisetus* (Thiébaud, 1912), divided into 1725, 1010, 120, 1001, 1020, 200, 120, 150, 200, 1001, 1005, 165 and 150 individuals, respectively. Among the copepods, 2000 and 1500 organisms of Calanoida and Cyclopoida, respectively, were digested in larger batches and not identified to species level. Of all the digested organisms, four microplastic particles were found in four individuals of *D. gessneri*, and the dry weights of the organisms and microplastics were determined individually. No ingested microplastics were found in any of the other species. The first hypothesis, that all groups ingest the particles, was partially supported, only for the *D. gessneri*

cladocerans. The second hypothesis, that the larger the individual, the larger the microplastic particles, was supported, although we obtained few values in a large number of digested specimens. Although we found microplastics in the microcrustaceans, the percentage was minimal compared to the total number of specimens analyzed, even in a polluted reservoir, lower than the percentage found in a marine environment.

**Keywords:** *microplastic pollution, biomass determination, zooplankton, ingestion.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Figura 1.** Microplásticos encontrados na Bacia de Guanabara

**Figura 2.** Gráfico de barras demonstrando o tempo de decomposição em anos de diferentes tipos de plásticos.

**Figura 3.** Ranking de países que mais produzem plástico no mundo.

**Figura 4.** Mapa da área de estudo indicando o reservatório de Barra Bonita no Estado de São Paulo, Rio Tietê, e o local onde foram coletadas as amostras do presente estudo.

**Figura 5.** Coleta das amostras com o uso da rede de plâncton de 68  $\mu\text{m}$  e de 100  $\mu\text{m}$  de abertura na Represa de Barra Bonita, em março de 2023.

**Figura 6.** Vestígios da poluição por plásticos na Represa de Barra Bonita, com um aparelho de barbear e um frasco plástico na superfície da água.

**Figura 7.** Materiais utilizados (pinça de ponta fina, estilete e pipeta) para manuseio, triagem e identificação dos táxons de zooplâncton

**Figura 8.** Placas de petri cobertas por placas de petri menores, com os táxons identificados ao nível específico e emergidos em concentrações de KOH

**Figura 9.** Táxons de calanoida e cyclopoida.

**Figura 10.** Táxons de *Moina minuta* (a) e *Diaphanosoma spp.*

**Figura 11.** Testes de degradação de hidróxido de potássio em pedaços de diferentes tipos de plásticos.

**Figura 12.** Teste de degradação de KOH (hidróxido de potássio) em microplástico encontrado entre as amostras coletadas, a partir de inspeção visual em lupa.

**Figura 13.** Gráfico demonstrando a quantidade de indivíduos analisados por espécie para a digestão no presente estudo.

**Figura 14.** Exemplar de *D. gessneri* com microplásticos no interior, sendo fibra (s) e um possível pedaço de plástico.

**Figura 15.** Exemplar de *D. gessneri* com microplástico no interior, sendo pedaços de plástico em (a) e (b).

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Dados mensurados com sonda multiparâmetros Horiba no ponto de coleta no Reservatório de Barra Bonita (SP, Brasil).

**Tabela 2.** Tabela comparativa entre concentrações de hidróxido de potássio e seus diferentes resultados em digestão de cladóceros e copépodes.

**Tabela 3.** Lista de espécies de Copepoda e Cladocera encontradas.

**Tabela 4.** Dados obtidos sobre os microplásticos encontrados em *D. gessneri*, como peso individual, tamanho do indivíduo, peso do MP, tamanho do MP, tipo e cor.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MP(s) - Microplástico(s)

WWF - World Wide Fund For Nature

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

UNEP - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PE - Polietileno

uPVC - Unplasticized polyvinyl chloride

PC - Policarbonato

PET - Polietileno tereftalato

PVC - Policloreto de vinila

LDPE - Low density polyethylen

CA - Acetato de celulose

TDS - Sólidos totais dissolvidos

NTU - Turbidez

OD - Oxigênio dissolvido

pH - Potencial hidrogeniônico

KOH - Hidróxido de potássio

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivos específicos:	3
<b>3. Hipóteses</b>	<b>4</b>
<b>4. Revisão Bibliográfica</b>	<b>4</b>
4.1 Perspectivas gerais sobre a poluição por plásticos	4
4.2 Gestão de resíduos e a qualidade da água doce no Brasil	6
4.3 Ação antrópica e a poluição por plásticos	7
4.4 A ingestão de microplásticos em organismos aquáticos e seus diferentes impactos	8
<b>5. Materiais e métodos</b>	<b>10</b>
5.1 Área de estudo	10
5.2 Metodologia de coleta	10
5.3 Análises laboratoriais	12
5.4 Triagem, identificação e digestão do zooplâncton	13
<b>6. Resultados</b>	<b>16</b>
6.1 Variáveis limnológicas	16
6.2 Testes com as concentrações de KOH para melhor digestão	16
6.3 Microplásticos nas espécies de zooplâncton	20
<b>7. Considerações Finais</b>	<b>26</b>
<b>8. Referências Bibliográficas</b>	<b>28</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Em “Vinte Mil Léguas Submarinas”, obra de ficção científica do escritor Júlio Verne, é retratada uma expedição marítima em busca de um monstro marinho que provocava danos em embarcações, e até então desconhecido, criado pelo personagem enigmático capitão Nemo e intitulado como “Nautilus”, o primeiro submarino feito pelas mãos do homem. Na obra, em tentativa de capturar o monstro, os personagens Professor Pierre Aronnax, junto a Ned Land e Conseil, são arrastados para o mar por uma onda gigante quando constataram tratar-se do monstro, retratado pelo narrador no seguinte trecho:

*Não restavam mais dúvidas! O animal, o monstro, o fenômeno da natureza que intrigara o mundo científico inteiro (...) não havia como negá-lo, era um fenômeno ainda mais espantoso, um fenômeno da mão do homem (VERNE, 1972, p. 67).*

Em referência ao presente trabalho, é possível associar o submarino “Nautilus”, o monstro de “Vinte Mil Léguas Submarinas” criado pelas mãos do homem, a um problema real, que também é um fenômeno advindo da ação antrópica e provoca diversos danos aos ambientes aquáticos, os microplásticos (MPs). O atual e real “monstro” que intriga o mundo científico inteiro, é produzido em larga escala por ser um dos materiais preferidos da indústria e a sua presença no ambiente gera impactos diversos, entre eles, a ingestão de MPs em organismos como os microcrustáceos de água doce, que serão tratados neste estudo.

A presença de partículas plásticas no ambiente foi registrada pela primeira vez em um estudo publicado por Carpenter *et al.* (1972), quando foram encontradas partículas retidas em uma rede de plâncton em águas costeiras nos Estados Unidos. Ao longo dos anos, com a crescente preocupação acerca do tema, o termo microplástico foi adotado por Thompson (2004), e desde então é utilizado.

O caráter onipresente dos microplásticos têm se reafirmado através de estudos que encontraram a presença desses fragmentos, esferas, partículas de filmes ou fibras de plásticos em ambientes terrestres, no ar, em ambientes aquáticos marinhos ou de água doce, e até mesmo na água da torneira, em bebidas, peixes e fezes humanas (Jones, 2019).

São definidos como microplásticos aqueles que possuem menos de 5mm de tamanho, sendo os primários aqueles que são fabricados propositalmente em tamanho microscópico (ver figura 1), e estão presentes na fabricação de produtos da

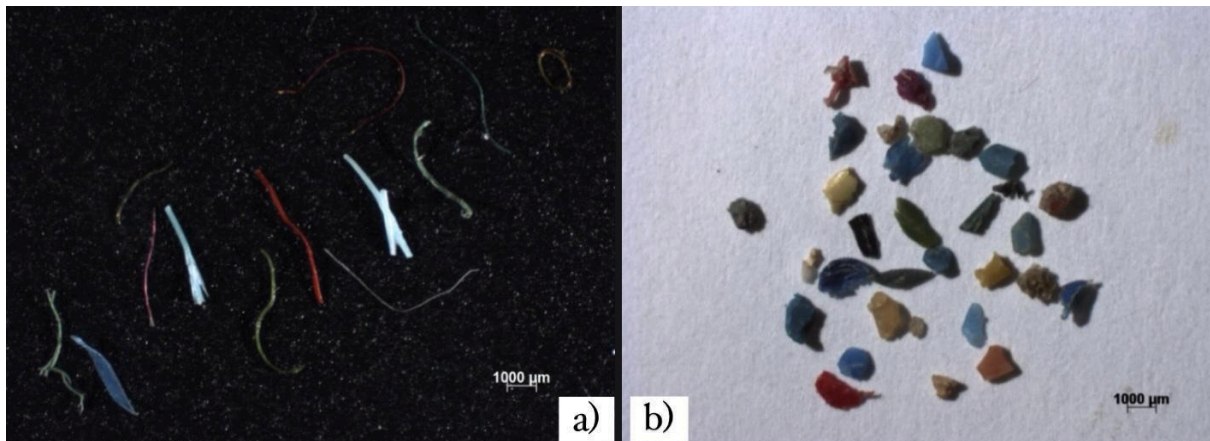
indústria têxtil e produtos de higiene pessoal, por exemplo. Já os secundários, são derivados da fragmentação de itens macrolásticos (maiores que 5mm), através da decomposição física, química ou biológica (BAI *et al.*, 2021). Os MPs também podem ser classificados como nanoplásticos, porém, ainda existem poucas informações sobre os efeitos das nanopartículas plásticas no meio ambiente e nos organismos (Suwaki *et al.*, 2022).

O consumo de microplásticos foi registrado em diversos organismos marinhos, como anfípodes, cracas, mexilhões, crustáceos, copépodes e peixes (Rashid *et al.*, 2022). Estudos realizados no Laboratório Marinho de Plymouth, na Inglaterra, concluíram que os microplásticos podem ser consumidos por cladóceros, ciliados, copépodes e pequenos peixes, o que gera em deficiências energéticas e reprodutivas, além do aumento da taxa de mortalidade. Pesquisadores do Instituto Finlandês de Meio Ambiente também realizaram estudos onde expuseram copépodes e cladóceros à ingestão de microplásticos, e observaram a ingestão em todos os táxons estudados (Gazulha, 2019).

Silva *et al.* (2022) realizaram experimentos oferecendo diferentes tamanhos de esferas de microplásticos para organismos zooplanctônicos, e encontraram o resultado de que os organismos de menor tamanho corpóreo são os maiores consumidores das partículas, enquanto que as esferas encontradas nos organismos maiores foram oriundas de seres menores ingeridos por esses. Por outro lado, Bai *et al.* (2021) apontam que diferentes copépodes marinhos ingerem as partículas, determinadas facilmente por técnicas de fluorescência (They *et al.*, 2022).

A respeito dos estudos sobre a presença de MPs em águas doces, no Brasil, a quantidade de pesquisas voltadas para o assunto tem crescido, porém, ainda são deficientes quando comparadas a outras regiões ao redor do mundo (Fernandes *et al.*, 2022). Para avaliar os microplásticos presentes em água doce, estudos sobre amostragem, separação de detritos, identificação, quantificação, técnicas de caracterização e avaliação de ingestão em organismos como peixes, por exemplo, têm sido desenvolvidos (Bertoldi *et al.*, 2021; Castro *et al.*, 2020; Ferraz *et al.*, 2020). Nesses estudos, a baixa gestão de resíduos sólidos e taxas deficientes de tratamento de efluentes são as principais causas da contaminação por microplásticos em águas doces (Sodré *et al.*, 2023).

A partir disso, o presente trabalho avalia a ingestão de microplásticos em microcrustáceos na represa de Barra Bonita, a partir da determinação do peso dos MPs que foram encontrados e o peso seco dos animais que os ingeriram. Ademais, elucida informações sobre a poluição por plásticos em água doce no Brasil, correlacionando os microplásticos encontrados com fatores como a ação antrópica e fatores bióticos e abióticos que influenciam a ingestão e biodisponibilidade de microplásticos para os microcrustáceos em um reservatório eutrófico.



**Figura 1.** Microplásticos encontrados na Bacia de Guanabara. Fonte: Olivatto *et al.* (2018).

## 2. Objetivos

O estudo teve como objetivo geral determinar e contabilizar a presença de microplásticos acumulados na biomassa das espécies dominantes de microcrustáceos no Reservatório de Barra Bonita (SP, Brasil).

### 2.1 Objetivos específicos:

- Detectar microplásticos acumulados na biomassa das espécies dominantes de copépodes e cladóceros coletadas no Reservatório de Barra Bonita;
- Determinar o peso seco dos organismos e dos microplásticos presentes nos animais;
- Apontar as 13 espécies mais abundantes de microcrustáceos encontrados no Reservatório de Barra Bonita (SP, Brasil) nas coletas realizadas.

### 3. Hipóteses

As seguintes hipóteses foram testadas:

- A ingestão de MPs em zooplâncton ocorre em copépodes e cladóceros;
- Indivíduos de maior tamanho corpóreo (>1mm) possuem maior massa de microplásticos ingeridos.

### 4. Revisão Bibliográfica

#### 4.1 Perspectivas gerais sobre a poluição por plásticos

A grande diversidade e presença dos microplásticos representam desafios às pesquisas científicas, visto que existem diversos tamanhos, diferentes fontes, cores e formatos (Jones, 2019). Segundo Loganathan e K. (2022), por terem capacidades como a inércia - que torna os plásticos mais resistentes à degradação completa e torna-os resistentes ao longo dos séculos -, leveza, resistência, grande durabilidade e resistência à corrosão, os plásticos são os materiais preferidos da indústria, e conseqüentemente, são os mais fabricados.

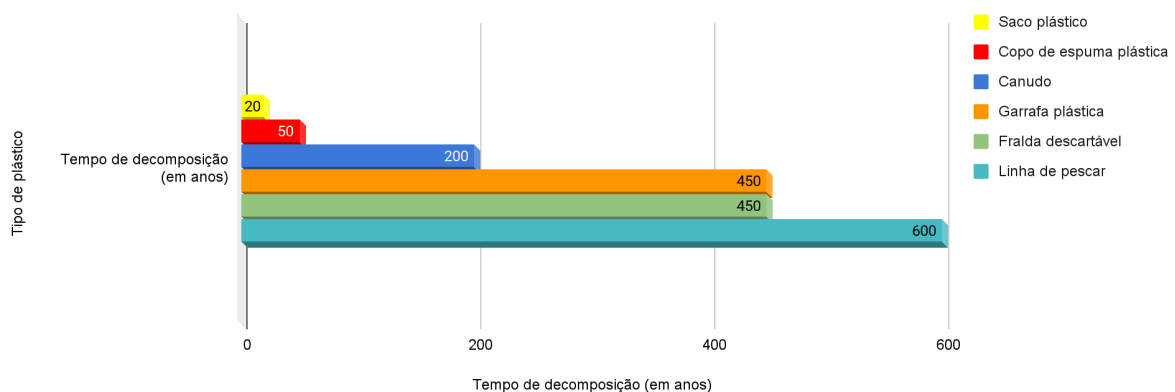
A fabricação em massa gera um uso extensivo com infinitas aplicações, que fazem com que milhões de toneladas de plásticos sejam produzidas e descartadas, em sua grande maioria, após serem utilizadas. De todos os plásticos produzidos, apenas 9% são reciclados, 12% dos resíduos são queimados, e os 79% restantes vão para o meio ambiente sem destinação correta (Geyer *et al.*, 2017). Outro ponto importante que dificulta a decomposição dos plásticos, são os diversos átomos de carbono e hidrogênio presentes em moléculas de plásticos, e como as ligações entre os átomos são muito estáveis, organismos decompositores encontram dificuldades para degradar os materiais em partes menores e destruí-los (E-CYCLE, 2023).

O Brasil é o quarto maior produtor de plástico em nível global (ver Fig. 3), atrás apenas de Estados Unidos, China e Índia. Segundo um estudo realizado pela WWF (2019), em um período de um ano, o país foi responsável pela produção de 11,3 milhões de toneladas de plástico, sendo que mais de 10,3 milhões (91%) foram coletadas, e apenas 145 mil toneladas foram efetivamente recicladas, representando apenas 1,28% (Fig. 3) de todo o material produzido. Além disso, uma grande

quantidade é perdida na separação por tipos de plásticos, por estarem contaminados, terem baixo valor ou serem multicamadas, e isso faz com que 7,7 milhões de toneladas de plástico sejam destinadas aos aterros sanitários, e 2,4 milhões de toneladas sejam descartadas de maneira incorreta, sem qualquer tipo de destinação (WWF, 2019).

Ao entender a poluição por plásticos como um problema de escala global, entende-se que os MPs apresentam, além de riscos ambientais, riscos econômicos, sociais e sanitários, alteram os habitats e reduzem a capacidade dos ecossistemas de se adaptarem às mudanças climáticas, por isso, é necessário avaliá-los de maneira transversal, considerando o uso de recursos naturais, fatores ambientais e fatores advindos de mudanças climáticas (UNEP, 2022). Os plásticos levam entre 20 a 600 anos para se decompor (Fig. 2), com diferentes tempos de decomposição de acordo com o tipo de material, podendo durar por tempo indefinido no ambiente.

Tempo de decomposição de diferentes tipos de plásticos



**Figura 2.** Gráfico de barras demonstrando o tempo de decomposição em anos de diferentes tipos de plásticos. **Fonte:** Adaptado de E-CYCLE, 2023.

País	Total de lixo plástico gerado	Total incinerado	Total reciclado	Relação produção e reciclagem
Estados Unidos	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34,60%
China	54.740.659	11.988.226	12.000.331	21,92%
Índia	19.311.663	14.544	1.105.677	5,73%
Brasil	11.355.220	0	145.043	1,28%
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3,66%
Rússia	8.948.132	0	320.088	3,58%
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37,94%
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31,45%
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5,68%
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21,25%

**Figura 3.** Ranking de países que mais produzem plástico no mundo. Fonte: WWF (2019).

#### 4.2 Gestão de resíduos e a qualidade da água doce no Brasil

A contaminação por microplásticos em ambientes de água doce tem sido amplamente estudada em países localizados em continentes como a Ásia, América do Norte e Europa, porém, em países da América do Sul, ainda existe escassez de estudos (Sodré *et al.*, 2023). Segundo a ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2017), o Brasil tem a maior quantidade de água doce disponível no mundo, porém, a gestão não é proporcional à sua demanda. Em países em desenvolvimento como o Brasil, a poluição em água doce é um fenômeno de grande proporção, e o descarte de águas residuais brutas e tratadas são consideradas a principal fonte de poluição em águas doces no país (Sodré *et al.*, 2023).

A respeito do Reservatório de Barra Bonita, segundo Cunha-Santino e Buzelli (2013), a qualidade da água (entre 2007 e 2012) do reservatório pode ser considerada como boa, ainda que o reservatório sofra com as intensas ações antrópicas, principalmente com atividades do setor agrícola, amplamente presente na região. Já no ano de 2022, foram registrados problemas com a água do reservatório, que em determinados momentos apresentou coloração esverdeada, causada pela proliferação de algas, que tem crescimento excessivo provocado principalmente pela poluição e escoamento de fertilizantes. Além disso, o tapete verde no rio, formado pela presença de aguapés, também é um indicativo de

poluição do ambiente, visto que a presença das plantas aquáticas em grande quantidade impede a passagem da luz, diminuindo o oxigênio na água (G1, 2023).

Um estudo realizado no estado de Rondônia por Dantas Filho *et al.* (2023), em viveiros de piscicultura abastecidos com água doce de rios e córregos, demonstrou que a sazonalidade tem relação direta com a quantidade de microplásticos presentes nas amostras de água, onde as pisciculturas demonstraram maior abundância de MPs em período chuvoso, além de apontar que o escoamento superficial urbano e as águas mediterrâneas contaminadas podem ter sido um dos fatores contribuintes para a poluição por plásticos.

### **4.3 Ação antrópica e a poluição por plásticos**

A poluição por plásticos está diretamente ligada ao lixo produzido pela ação antropogênica, gerando grande preocupação global. Os plásticos podem ser transportados através do escoamento de águas pluviais para os corpos de água adjacentes, e são contaminados por efluentes de estações de tratamento de águas residuais, despejo ilegal de resíduos e potencializados a partir da má gestão de resíduos (Werbowski *et al.*, 2021), conforme o item 4.1.

Estudos investigando microplásticos revelam que o tipo de atividade antrópica no entorno do ponto amostral, está relacionado ao tipo de poluição plástica encontrado em meio às amostras (Pushan *et al.*, 2022). São diversos os tipos de plásticos, suas procedências, vias de entrada e pontos de interesse, além de serem mais recorrentes onde há produção de produtos diversos e em centros urbanos com alta densidade populacional (Andrady, 2017).

Na Bacia de Guanabara (Rio de Janeiro, Brasil), por exemplo, o crescimento urbano desordenado resultante de uma baixa infraestrutura de saneamento do local e o esgoto despejado por ocupações não-regulamentadas, impactam diretamente na alta contaminação por plásticos (Silva; Andrade; Vernin; Netto, 2023). No entanto, segundo Olivatto *et al.* (2018), mesmo que a proximidade das fontes poluidoras seja a principal fonte de contaminação, os resíduos plásticos também podem ser transportados pela ação do vento, correntes oceânicas e tráfegos de embarcações que geram turbulências, chegando até aos lugares mais remotos e distantes de ações antrópicas.

#### **4.4 A ingestão de microplásticos em organismos aquáticos e seus diferentes impactos**

A contaminação por MPs e seus riscos ecológicos podem ter consequências adversas em razão da exposição, podendo ocorrer de maneira direta, quando organismos ingerem microplásticos, ou até mesmo de maneira indireta, respirando ou ingerindo presas contaminadas. Dessa forma, indiretamente ou diretamente, é fato que a contaminação por MPs têm como consequências impactos físicos e químicos em organismos, como a retenção física no sistema digestório e a lixiviação química de aditivos plásticos nos tecidos (Barboza *et al.*, 2018). Fatores como taxa de crescimento, fecundidade, mortalidade e metabolismo também sofrem alterações e são objetos de estudos em exposições laboratoriais (Miller ME *et al.*, 2020).

Os MPs apresentam ainda, a possibilidade de transportarem vetores de microrganismos através da formação de um biofilme em sua superfície, além disso, também podem transportar espécies invasoras. Os efeitos gerados ao ecossistema e os problemas desencadeados pela migração de espécies exóticas ainda não são completamente conhecidos (Montagner *et al.*, 2021).

Copépodes de grande porte, como o calanóide *Calanus helgolandicus* e o ciclopoíde *Paracyclops nana* possuem a capacidade de ingestão de microplásticos com a mesma faixa de tamanho das suas presas naturais, principalmente de esferas de poliestireno. Essas partículas, quando são ingeridas, causam diversos problemas a esses animais, como déficit energético, diminuição de taxas reprodutivas e de reservas lipídicas, por exemplo (Jérémy *et al.*, 2022). Fatores bióticos e abióticos influenciam a biodisponibilidade de microplásticos para os copépodes, abrangendo também questões como a abundância, tamanho, forma, composição química, cor e envelhecimento dos MPs (Rashid *et al.*, 2021).

Os microplásticos presentes nos copépodes têm a capacidade de se transferir para níveis tróficos superiores na cadeia alimentar e, em grande maioria, possuem o mesmo tamanho que os alimentos habituais (pico e nanoplâncton, por exemplo) dos copépodes, o que torna essas partículas plásticas consumíveis durante a alimentação, realizada por filtro (Rashid *et al.*, 2021).

A ingestão de microplásticos em zooplâncton também foi registrada por Amin *et al.* (2020), onde foram identificados treze táxons de zooplâncton com capacidade

de ingerir esferas de poliestireno, o que causou a ingestão de pellets fecais com microplásticos em copépodes, além da diminuição de alimentação de algas e impactos significativos nas funções e na saúde do zooplâncton.

Um estudo realizado por Pazos *et al.* (2017) constatou a presença de microplásticos no intestino de peixes costeiros presentes no estuário do Rio de La Plata, e foram encontradas partículas plásticas em todos os 87 táxons avaliados, de 11 espécies diferentes. Já no trabalho de Kankiliç *et al.* (2023), que buscou comparar a ingestão de microplásticos em organismos de diferentes níveis tróficos localizados na bacia do rio Susurluk - Turquia, a partir da avaliação de táxons de zooplâncton, mexilhões (*Anodonta anatina*) e peixes (*Carassius gibelio*), obteve-se como resultado a ingestão de 617 partículas em *A. anatina*, 792 em *C. gibelio*, e nenhuma partícula encontrada em zooplâncton. Apesar de nenhuma partícula ter sido registrada em zooplâncton, o resultado permite a compreensão da influência entre tamanho do corpo e da poluição por MPs.

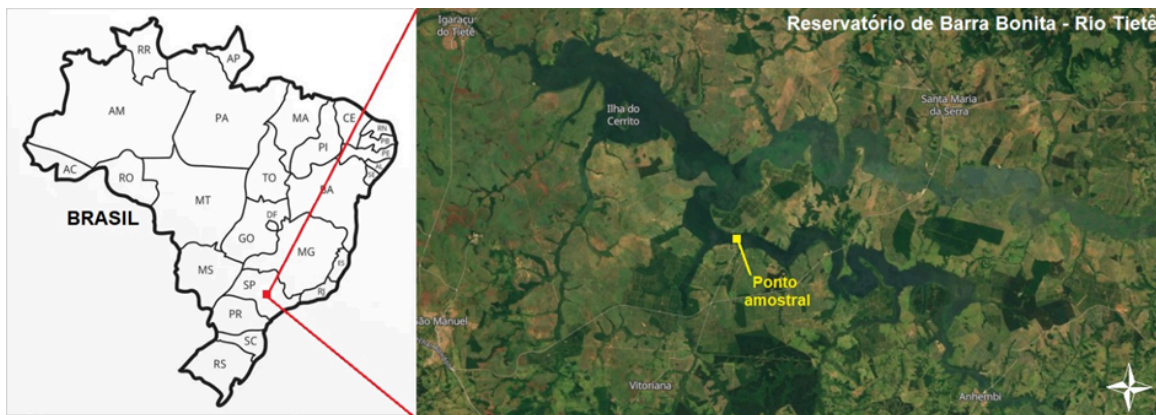
Estudos realizados em organismos marinhos também demonstraram a ingestão de microplásticos, como o de Pennino *et al.* (2020), que avaliou a incidência de MPs no conteúdo estomacal de sardinhas europeias (*Sardin pilchardus*) e anchovas (*Engraulis encrasicolus*) no Mar Mediterrâneo, encontrando MPs em 58% das sardinhas e em 60% das anchovas. O estudo também demonstrou uma relação positiva entre a ingestão de microplásticos e a presença de parasitas nematóides e larvas de trematódeos, e uma maior quantidade de partículas plásticas em organismos de menor tamanho corpóreo.

Na Índia, Kalaiselvan *et al.* (2022), detectaram a ocorrência de microplásticos em 118 de 677 indivíduos de peixes planctívoros, com maior abundância em *Sardinella gibbosa*, apontando as características de habitat de alimentação pelágico e planctívoro, maior capacidade de filtração e presença de ancinhos branquiais fechados como possíveis razões para a maior suscetibilidade de ingestão de microplásticos nessa espécie.

## 5. Materiais e métodos

### 5.1 Área de estudo

A coleta das amostras foi realizada em um trecho do Reservatório de Barra Bonita (Rio Tietê), município de Botucatu (localidade de Rio Bonito, SP, Brasil, (22°40 '10.01 "S; 48°20'12.06"O, Fig. 4), em 6 de março de 2023. Uma segunda coleta foi realizada no mesmo local no dia 28 de março de 2023, utilizando a mesma metodologia da anterior.



**Figura 4.** Mapa da área de estudo indicando o reservatório de Barra Bonita no Estado de São Paulo, Rio Tietê, e o local onde foram coletadas as amostras do presente estudo.

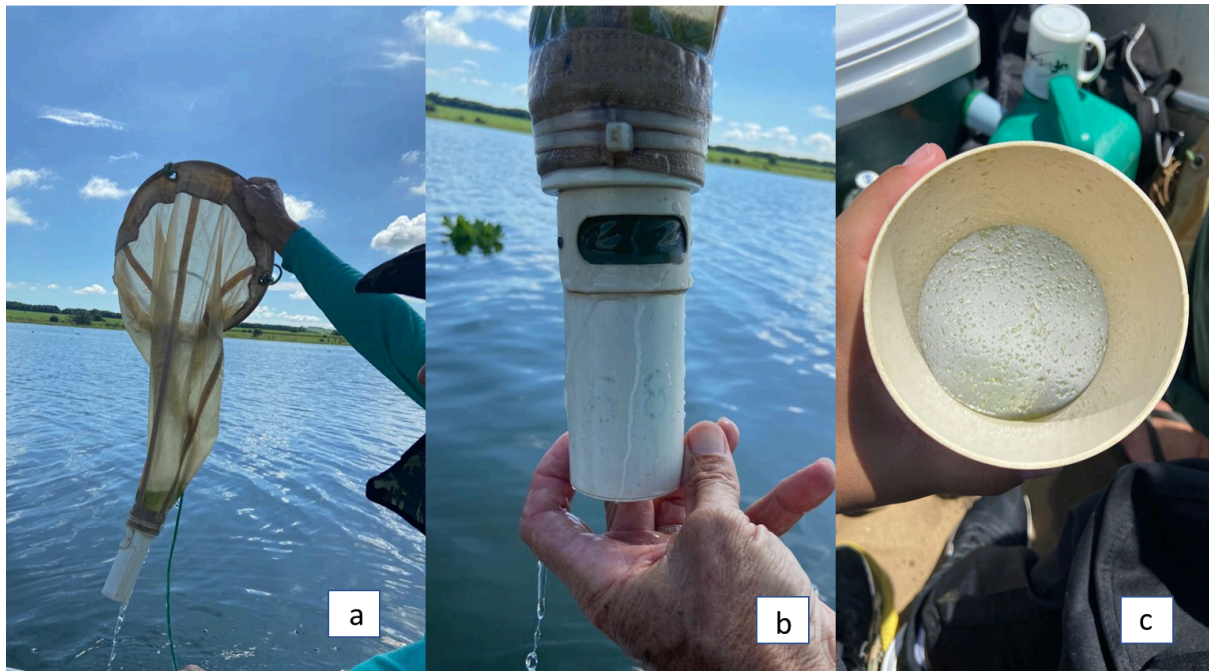
### 5.2 Metodologia de coleta

Foram coletadas 60 amostras de zooplâncton usando uma rede cônica de plâncton de 68  $\mu\text{m}$  de abertura de malha. Foram filtrados 1412 litros de água por amostra através de arrastos verticais de 15 metros de profundidade na coluna de água (Fig. 5A, B).

O conteúdo retido no copo concentrador da rede recebeu água comercial gaseificada gelada para anestesiá-los, a fim de evitar regurgitações ou defecações ao serem em seguida fixados com solução de formalina a 4% ou etanol 70% (utilizamos dois fixadores diferentes visando detectar quais resultados serão melhores ou se há diferenças), e foram acondicionados em frascos devidamente limpos e identificados. Ainda, realizaram-se arrastos verticais adicionais substituindo o copo de 68  $\mu\text{m}$  por um de 100  $\mu\text{m}$  com o objetivo de coletar apenas organismos de maior tamanho corporal, alvos do presente estudo, e assim foram coletadas 10 amostras com maior abertura de malha (Fig. 5).

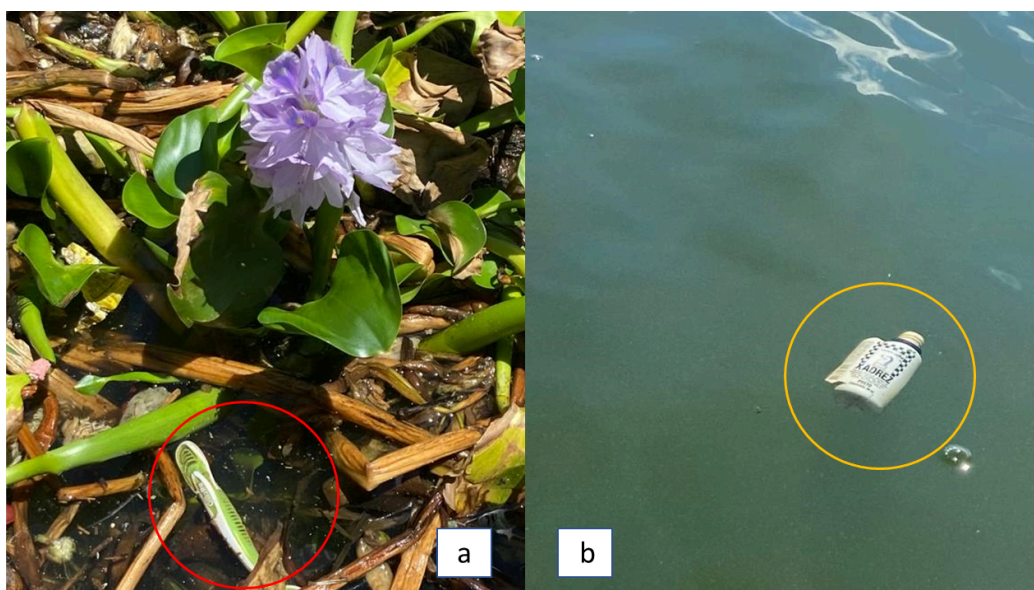
Posteriormente em laboratório, foi perceptível em microscópios que os organismos tiveram os conteúdos ingeridos preservados pelo seu anestesiamento, e que não houveram diferenças entre os resultados dos dois tipos de fixadores (formalina e etanol).

Na figura 5, é possível observar o momento da coleta de uma das amostras de zooplâncton adquiridas com o uso da rede de plâncton de 68  $\mu\text{m}$  e 100  $\mu\text{m}$  de abertura de malha.



**Figura 5.** Coleta das amostras (a) com o uso da rede de plâncton de 68  $\mu\text{m}$  (b) e de 100  $\mu\text{m}$  (c) de abertura na Represa de Barra Bonita, em março de 2023.

Durante a coleta, foram encontrados diversos vestígios da ação antrópica e da poluição por plásticos na Represa de Barra Bonita (relatado em diversos trabalhos como Matsumura-Tundisi & Tundisi, 2003; Zaganini *et al.*, 2009), como um aparelho de barbear (Figura 6A) e um frasco plástico na superfície (6B). Esses plásticos que são despejados inadequadamente no meio ambiente dificilmente são degradados, porém, quebram-se em pedaços menores que poderão se transformar em microplásticos (Wright *et al.*, 2013).



**Figura 6.** Vestígios da poluição por plásticos na Represa de Barra Bonita, com um aparelho de barbear (a) e um frasco plástico na superfície da água (b).

Durante a primeira coleta (dia 06 de março de 2023) foram mensuradas as seguintes variáveis limnológicas (Tabela 1): temperatura, pH, dureza, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, saturação de O.D, sólidos totais dissolvidos e salinidade, usando uma sonda multiparâmetros (Horiba modelo U52).

### **5.3 Análises laboratoriais**

#### **Testes sobre possível degradação do Hidróxido de potássio (KOH) em plásticos**

Para avaliar a possível degradação do material e dificuldades em identificar ou reconhecer posteriormente, diferentes pedaços de plásticos foram submetidos à digestão em concentrações de KOH (10, 15 e 20%) por 1h em estufa a 60°C. Verificou-se que os possíveis plásticos em animais, após o procedimento de digestão, não seriam degradados, porém, existe a possibilidade de que alguns tenham perdido suas características, tais como a coloração, por exemplo, como ocorreu com o pedaço de plástico inicialmente verde, o que pode ter dificultado a análise visual da existência de MPs, realizada em estereoscópio.

Os outros quatro pedaços de fios permaneceram com a mesma coloração (exemplo na figura 11c onde é possível observar que um entre 3 pedaços de plástico teve sua coloração modificada). O teste de degradação foi aplicado em plásticos de

diferentes tamanhos, formas, cores e texturas, a fim de avaliar diversas possibilidades e características que poderiam influenciar ou não na digestão dos microplásticos em método alcalino (KOH 10%). Não foram encontradas diferenças qualitativas na degradação de plásticos com KOH entre as três concentrações (10, 15 e 20%) testadas.

#### **5.4 Triagem, identificação e digestão do zooplâncton**

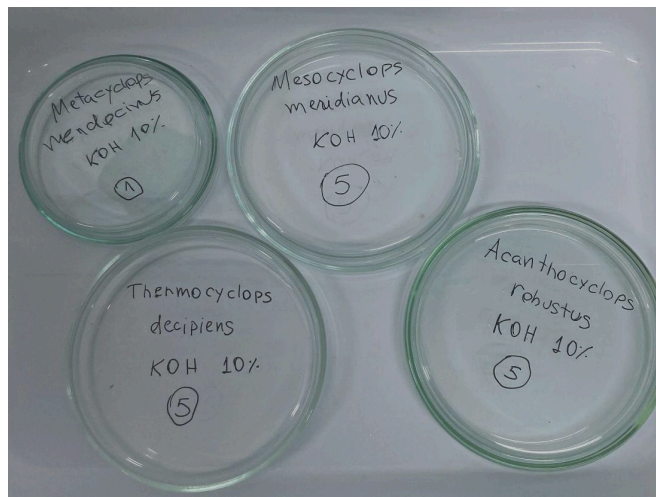
As metodologias de López-Rosales et al. (2021) e Aytan *et al.*, (2022) foram adaptadas para o presente trabalho. Em laboratório separou-se os indivíduos adultos das espécies mais abundantes com um estereoscópico Zeiss Stemi 305, usando pinças de ponta fina e estiletos (Figura 7). Durante a triagem, os táxons de maior tamanho corpóreo foram priorizados, por conta da maior facilidade em digeri-los e analisá-los internamente.

Os organismos foram identificados de acordo com bibliografia especializada (e.g. Reid, 1985; Elmoor Loureiro *et al.*, 1997; Perbiche-Neves *et al.*, 2015) nos estereoscópicos e microscópios Olympus CX. Os materiais utilizados eram manipulados sob uma folha sulfite ou papel descartável, a fim de evitar contaminações externas nas amostras. Por fim, todas as placas de Petri foram higienizadas previamente e duplamente, com água e sabão, esterilizadas com etanol 70% e devidamente secas após o término das análises, também com o intuito de evitar contaminações e facilitar a visualização dos organismos.



**Figura 7.** Materiais utilizados (pinça de ponta fina, estilete e pipeta) para manuseio, triagem e identificação dos táxons de zooplâncton.

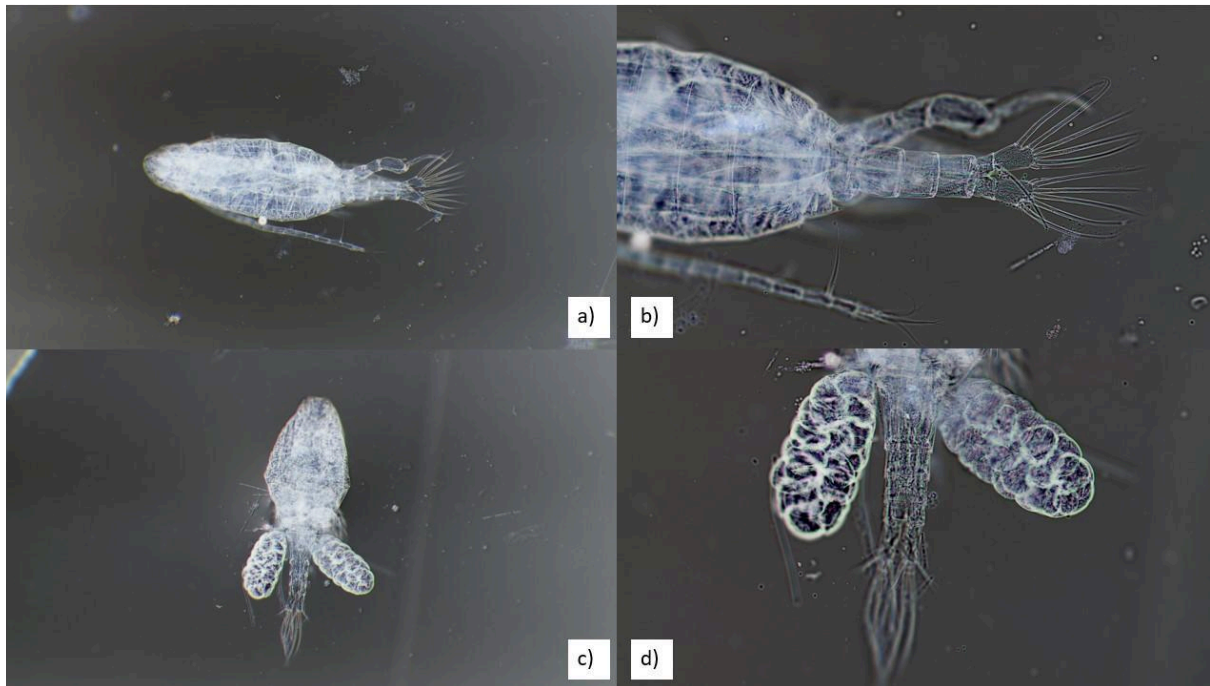
Foram separados lotes de 30 indivíduos de cada espécie de cladóceros e copépodes, os quais foram divididos igualmente em 3 grupos e colocados em 3 placas de Petri limpas (10 indivíduos em cada uma). As mesmas foram cobertas por outras placas de Petri menores (ver figura 8) para evitar possíveis contaminações externas por MPs, potencializar a secagem dos indivíduos em KOH em diferentes concentrações, facilitar a evaporação e, ainda, evitar que os animais fiquem esturricados, os lotes eram transferidos para estufa (marca Nova Ética - Modelo 400 GND - Série 14570) a 60°C por 1h, para digerir os animais.



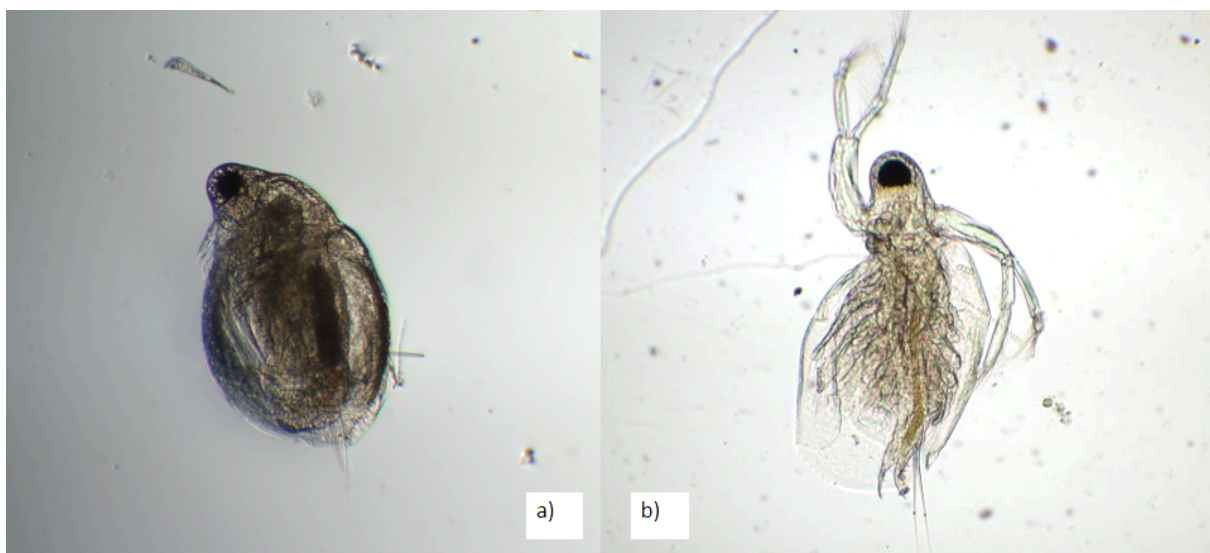
**Figura 8.** Placas de petri cobertas por placas de Petri menores, com os táxons identificados ao nível específico e emergidos em concentrações de KOH.

Os lotes de 30 indivíduos foram transferidos para a estufa (marca Nova Ética - Modelo 400 - GND - Série 14570) divididos em 3 placas de Petri, a aproximadamente 60° por 1h, utilizada para a secagem e dissolução dos organismos em KOH 10, 15 ou 20% (Hidróxido de potássio). Inicialmente, testou-se três concentrações de KOH (10, 15 e 20%) em copépodes e cladóceros. O intuito do teste das três concentrações foi verificar a possibilidade de encontrar MPs menores e visualizar os exoesqueletos mais ou menos digeridos, além de comparar possíveis diferenças em efetividade da digestão (etapa detalhada no item 5.3 - Análises laboratoriais).

Dois lotes iniciais de 5 cladóceros e 5 copépodes ciclopóides (identificados ao nível de ordem) foram digeridos visando testar a eficiência das concentrações. A partir do terceiro lote foram analisados organismos separados ao nível de espécie para os cladóceros e os copépodes. Nas figuras 9 e 10, é possível observar alguns organismos encontrados durante as triagens das amostras.



**Figura 9.** Táxons de Calanoida (a) e (b) e Cyclopoida (c) e (d).



**Figura 10.** Táxons de *Moina minuta* (a) e *Diaphanosoma* spp. (b).

## 6. Resultados

### 6.1 Variáveis limnológicas

Entre as 09 variáveis limnológicas mensuradas, destacam-se os elevados valores de condutividade elétrica (Tab. 1), comuns na Represa de Barra Bonita especialmente no canal do rio Tietê (e.g., Santos-Wisniewski & Rocha, 2007).

**Tabela 1.** Dados mensurados com sonda multiparâmetros Horiba no ponto de coleta no Reservatório de Barra Bonita (SP, Brasil).

Parâmetros medidos	Superfície	4m	6m	8m
Temperatura (°C)	28.31°C	27.73°C	26.74°C	26.69°C
pH	7.13	7.26	5.99	6.11
Dureza (DRPmV)	138	113	164	154
Condutividade (mS/cm)	240	234	218	220
Turbidez (NTU)	14.5	8.5	8.2	6.6
Oxigênio dissolvido (O.D. - mg/L)	08.05	6.75	6.61	8.84
O.D. (%)	78%	80%	83.8%	112.3%
Sólidos totais dissolvidos (g/L)	0.154 g/L	0.149 g/L	141	0.151g/L
% Salinidade	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%

### 6.2 Testes com as concentrações de KOH buscando as melhores digestões

Em todos os testes, os plásticos permaneceram intactos. Três únicas alterações foram observadas após o processo em estufa: a liberação de pigmento de coloração rosa de uma embalagem plástica (possivelmente o polietileno - PE) de doce comercial na solução de KOH 10% (ver figura 8), a liberação de odor após submeter pedaços de bexiga de aniversário (borrachas látex elásticas) na solução de hidróxido de potássio (10 e 15%) e, por fim, a perda de coloração de um entre cinco (20%) pedaços de fios de varal (polietileno), da cor verde, que após ser submetido ao experimento, tornou-se transparente.

Os outros quatro pedaços de fios permaneceram com a mesma coloração (exemplo na figura 11, onde é possível observar que um entre 3 pedaços de plástico teve sua coloração modificada). O teste de degradação foi aplicado em macrolásticos de diferentes tamanhos, formas, cores e texturas, a fim de avaliar diversas possibilidades e características que poderiam influenciar ou não na digestão dos microlásticos em método alcalino (KOH 10%). Não foram constatadas diferenças de degradação em plástico entre as três concentrações (10, 15 e 20%).

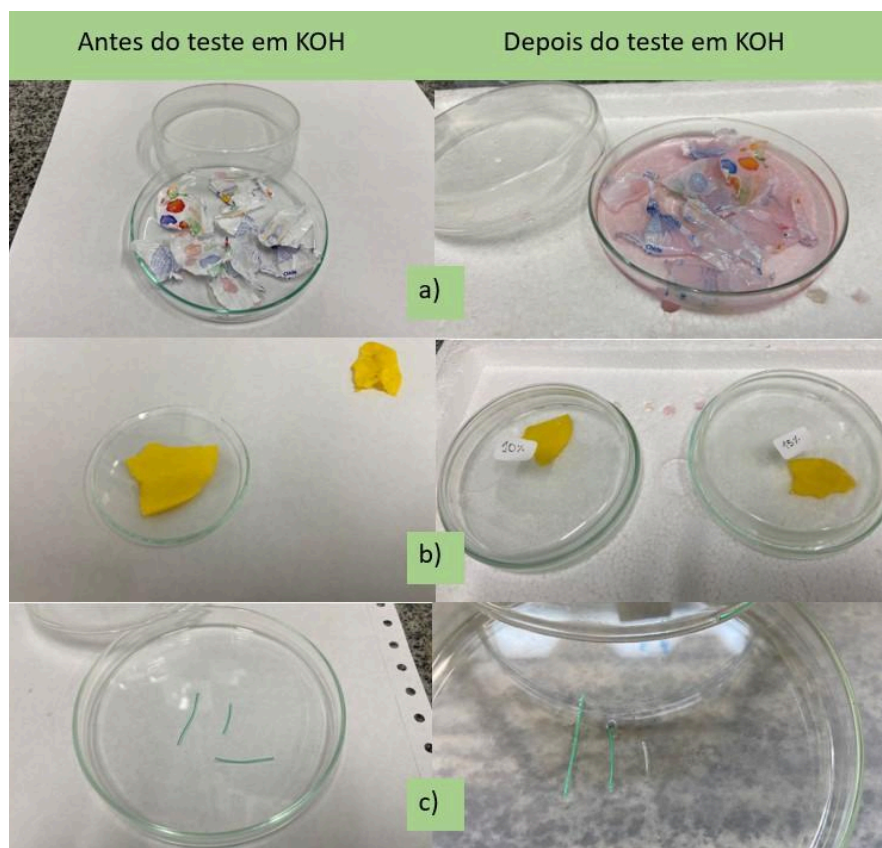
Obteve-se melhores resultados de digestão em KOH 10% para cladóceros e KOH 15 e 20% em copépodes, visto que quando digeridos em 15 e 20%, os cladóceros eram completamente digeridos, porém ficavam muito esturricados, impossibilitando o manuseio e análise dos táxons, por outro lado, em concentração de 10%, foram completamente digeridos, mas não foram deteriorados, o que possibilitou a análise dos exoesqueletos. Na maioria das espécies de copépodes, no entanto, a concentração de KOH 10% não digeriu completamente os exoesqueletos, dificultando a análise da presença ou ausência de plásticos em seus corpos, porém, em concentrações de 15 e 20%, os resultados foram promissores, demonstrando digestão completa da matéria orgânica dos táxons e possibilitando manuseio e análise em estereoscópio.

A tabela 2 foi produzida a fim de sintetizar as principais diferenças de digestão entre as concentrações de hidróxido de potássio em copépodes e cladóceros.

**Tabela 2.** Tabela comparativa entre concentrações de hidróxido de potássio e seus diferentes resultados em digestão de cladóceros e copépodes

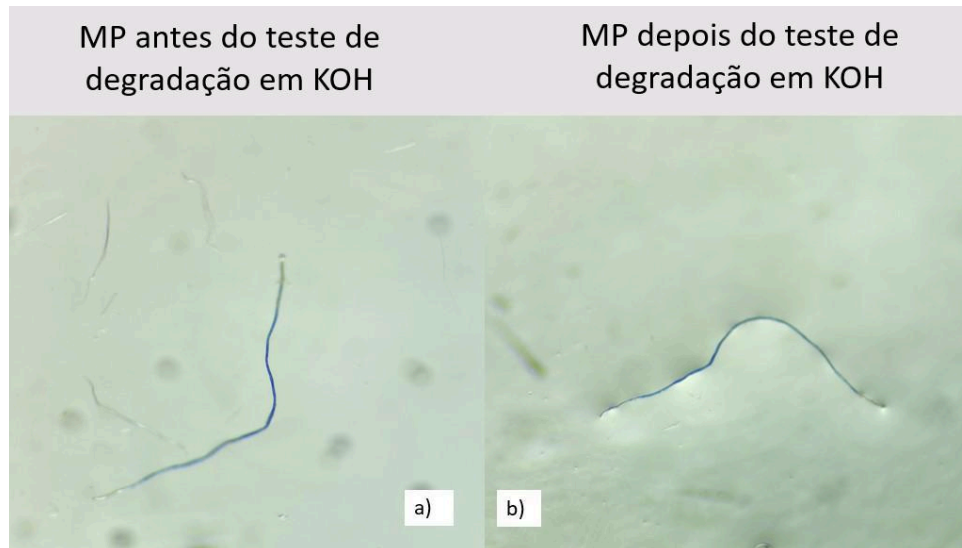
Concentrações de Hidróxido de Potássio (KOH)	Nível de digestão da matéria orgânica		Condição de manuseio e análise	
	Copépodes	Cladóceros	Copépodes	Cladóceros
10%	Baixo	Alto, ideal	Ruim (Nenhuma alteração no manuseio, porém, na maioria dos táxons, digeriu pouco ou nada, impossibilitando completamente visualização de possíveis MPs e análise).	Ideal (todos os animais foram digeridos em condições ideais para visualização, análise e manuseio).
15%	Médio	Alto, não ideal	Ideal (Animais completamente digeridos, com possibilidade total de manuseio, visualização e análise).	Média (A maioria dos animais foram completamente digeridos, porém, alguns foram completamente destruídos, impossibilitando visualização, manuseio e análise).
20%	Alto, ideal	Extremamente alto, não ideal	Ideal (Animais completamente digeridos, com possibilidade total de manuseio, visualização e análise. Baixa diferença para a concentração de 15%)	Ruim (Animais completamente esturricados, impossibilitando completamente manuseio, visualização e análise).

**Fonte:** Autoria própria, 2023.



**Figura 11.** Testes de degradação de hidróxido de potássio em pedaços de diferentes tipos de plásticos.

Também foram realizados testes em microplásticos (figura 12) encontrados dispersos pelas amostras coletadas visando analisar os efeitos danosos das diferentes concentrações de KOH sobre os mesmos, conforme o exemplo registrado na figura 11. Não foram observadas diferenças visuais significativas entre os MPs analisados.



**Figura 12.** Teste de degradação de KOH (hidróxido de potássio) em microplástico encontrado entre as amostras coletadas, a partir de inspeção visual em lupa.

### 6.3 Microplásticos nas espécies de zooplâncton

Foram analisadas 13 espécies de microcrustáceos com elevada abundância nas digestões em busca de microplásticos (Tab. 3).

**Tabela 3.** Lista de espécies de Copepoda e Cladocera encontradas

---

**Ordem Cyclopoida**

**Família**

**Cyclopidae**

*Metacyclops mendocinus* (Wierzejski, 1892)

*Mesocyclops meridianus* (Kiefer, 1926)

*Thermocyclops decipiens* (Kiefer, 1929)

*Acanthocyclops robustus* (G. O. Sars, 1863)

*Mesocyclops ogunnus* (Onabamiro, 1957)

*Mesocyclops longisetus* (Thiébaud, 1912)

*Microcyclops anceps* (Richard, 1897)

**Ordem Calanoida**

**Família**

**Diaptomidae**

*Notodiaptomus iheringi* (Wright, S., 1935)

*Notodiaptomus cearensis* (Wright, S. 1936)

---

**Ordem Anomopoda**

**Família**

**Daphniidae**

*Ceriodaphnia cornuta* (G. O. Sars., 1935)

*Daphnia gessneri* (Herbst, 1967)

**Família**

**Moinidae**

*Moina minuta* (Hansen, 1899)

**Família**

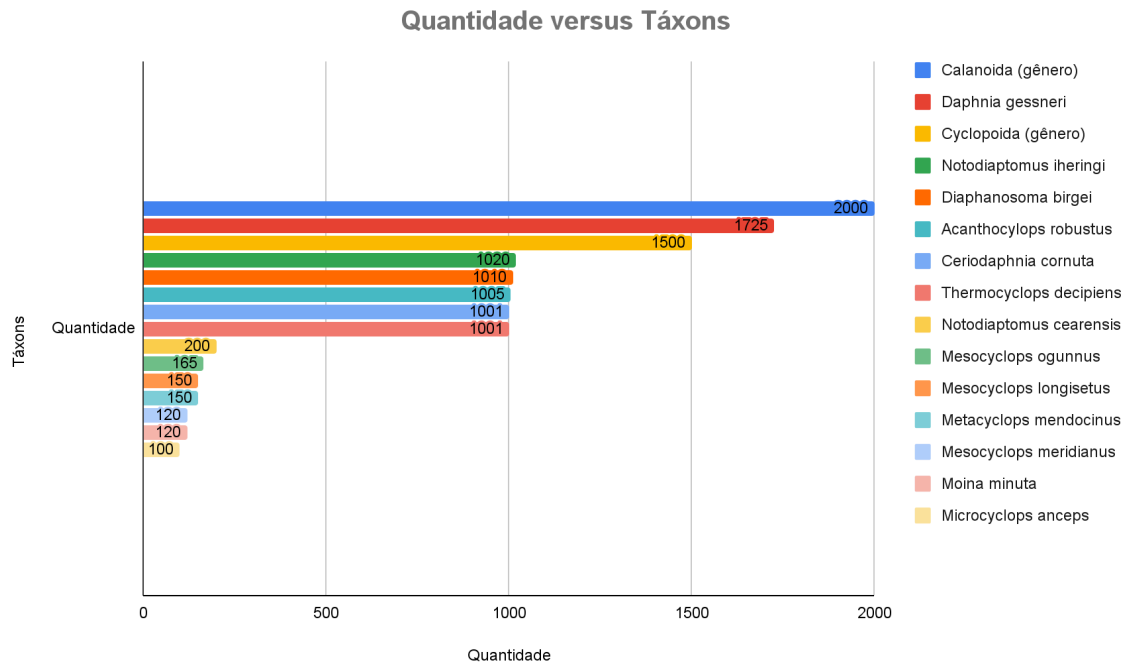
**Sididae**

*Diaphanosoma birgei* (Korínek, 1981)

---

Foram digeridos 11.267 espécimes de 13 espécies (Fig. 13). Foram encontrados 04 pedaços de microplásticos 4 em espécimes de *Daphnia gessneri*. Por conta da incidência de MPs em *D. gessneri*, um maior volume de indivíduos desta espécie foi analisado (1725) comparadamente às outras espécies, visando encontrar mais microplásticos em zooplâncton. Não foram encontrados microplásticos entre as outras 12 espécies avaliadas, nem entre os 2.000 e 1500 indivíduos de copépodes Calanoida e Cyclopoida, respectivamente.

Aytan et al. (2022) estimou que a cada 1.050 indivíduos do zooplâncton analisados, 09 continham pedaços de microplásticos internamente em água salgada, e por conta disso, no presente estudo, decidiu-se por analisar ao menos 10.000 espécimes, a fim de encontrar mais pedaços de plásticos. O fato de termos encontrado microplásticos em apenas 04 indivíduos de uma espécie (*D. gessneri*) entre as 13 avaliadas indica uma diferença entre a ingestão de microplásticos em organismos de água salgada e de água doce, sugerindo que os indivíduos de água salgada estão mais propensos a ingerir MPs. Na figura 13 a seguir, o gráfico de barras ilustra a quantidade de organismos triados e digeridos por espécie.



**Figura 13.** Quantidade de indivíduos analisados por espécie para a digestão no presente estudo.

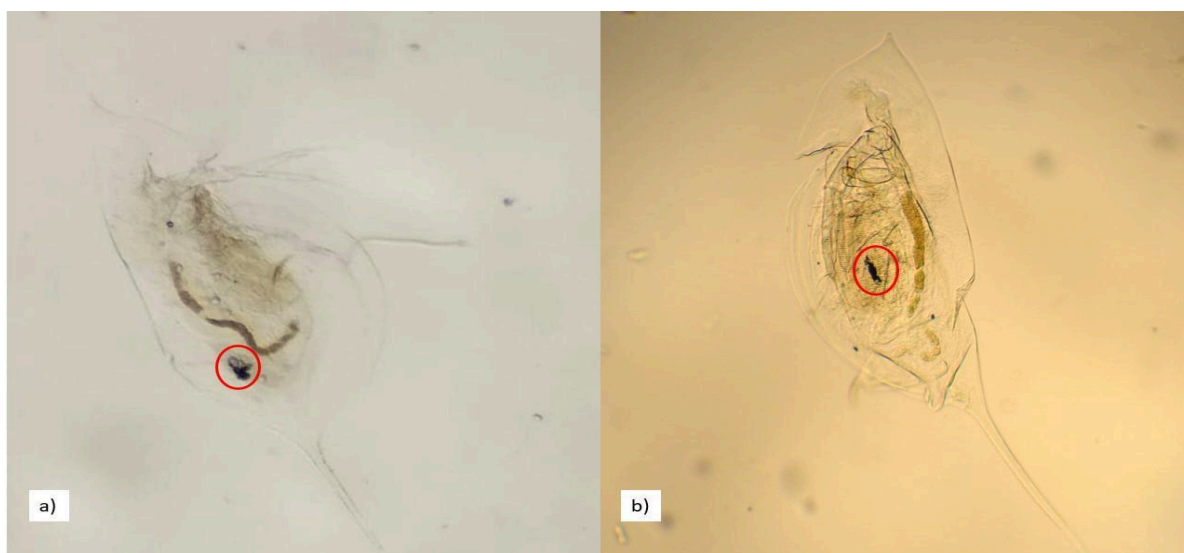
Entre os 1725 espécimes de *D. gessneri* avaliados foram encontrados microplásticos em 4, o que representa 0,23% de animais com microplásticos ingeridos entre *D. gessneri*, e 0,00035% entre todos os tóxons (11267) triados e digeridos.

**Tabela 4.** Dados obtidos sobre os microplásticos encontrados em *D. gessneri*, como peso individual, tamanho do indivíduo, peso do MP, tamanho do MP, tipo e cor.

Indivíduo com MP	Espécie	Peso individual	Tam. táxon (µm)	Peso MP	Tamanho MP (µm)	Tipo de MP	Cor
1	<i>D. gessneri</i>	0.000112g	2.390µm	0.000064g	0.76mm	Fibra	Preta
2	<i>D. gessneri</i>	0.000047g	1.003µm	0.000045g	0.54mm	Pedaço	Preta
3	<i>D. gessneri</i>	0.000040g	8.540µm	0.000028g	0.33mm	Pedaço	Preta
4	<i>D. gessneri</i>	0.000042g	8.970µm	0.000029g	0.35mm	Pedaço	Preta

A partir dos dados obtidos, foi possível confirmar ao menos no presente estudo, a hipótese de que organismos com maior tamanho e peso corpóreo estão mais propensos a ingerir microplásticos, conforme a tabela 4. Nota-se que o táxon 1 de *D. gessneri* é o maior em peso e tamanho entre os 4 encontrados, e consequentemente, possui o maior e mais pesado microplástico ingerido entre os 4 pedaços. Além disso, é importante ressaltar que o maior microplástico é o único entre os 4 encontrados que se diferencia em tipo como sendo uma fibra (emaranhado), porém, possui a mesma cor (preta) que os outros, conforme as figuras 14 e 15 a seguir.

A hipótese de que copépodes e cladóceros ingerem microplásticos, por outro lado, foi parcialmente confirmada, visto que não foram encontrados MPs em copépodes, apenas em cladóceros. Por outro lado, Aytan et al. (2022) mostraram que copépodes de água salgada ingerem microplásticos, o que demonstra a diferença da ingestão de MPs entre organismos de água doce e salgada.



**Figura 14.** Exemplar de *D. gessneri* com microplásticos no interior, sendo fibra(s) e um possível pedaço de plástico (b).



**Figura 15.** Exemplar de *D. gessneri* com microplástico no interior, sendo pedaços de plástico em (a) e (b).

No presente estudo, foram encontradas quatro partículas de plástico, em 11.267 animais analisados, sendo 4 de *D. gessneri*, o que representa 0,035% de microplásticos encontrados comparadamente ao número de táxons digeridos e analisados.

Os resultados de digestão estão de acordo com Prata *et al.*, (2019), onde avaliou-se criticamente diferentes métodos de digestão de microplásticos, e o

método de digestão alcalina (com KOH 10% a 60°C) mostrou-se eficaz para digerir o material biológico, sendo apontado como uma alternativa ao método ácido (que degrada alguns tipos de polímeros) com grande potencial, apesar de causar descoloração de náilon, PE e uPVC, poliéster, náilon, poliéster e potencial de degradação para PE, PC (policarbonato), PET, PVC, LDPE e CA (acetato de celulose). Em outro estudo realizado por Kühn *et al.*, (2017), a solução de hidróxido de potássio foi utilizada e apontada como eficaz e altamente recomendada para isolar plásticos ingeridos em animais marinhos, onde a grande maioria dos polímeros foi resistente ao uso de KOH, com exceção do acetato de celulose.

A quantidade de MPs encontradas foi mínima, e está de acordo com o trabalho de Kankiliç *et al.*, (2023), onde investigou-se a presença de microplásticos em mexilhões, peixes e zooplâncton em um rio na Turquia, e apesar de terem sido encontrados MPs em táxons de peixes e mexilhões, em zooplâncton, por outro lado, não foram encontradas partículas plásticas. Para Kankiliç *et al.*, (2023), apesar de não terem sido encontrados microplásticos em organismos zooplanctônicos, o resultado demonstra a influência entre o tamanho do corpo e a poluição por microplásticos (item 4.4), o que possivelmente também se aplica ao presente projeto de pesquisa, visto que apesar de terem sido encontrados microplásticos em zooplâncton de água doce, a quantidade é mínima em relação ao número de animais analisados.

Apesar da ingestão de MPs em microcrustáceos de água doce ser conhecidamente baixa, a distribuição do microplástico a partir de fatores meteorológicos, temporais e geográficos também pode ter influenciado nos resultados. Outro ponto importante a ser discutido, é a falta de padronização para definir o que é e o que não é um microplástico, algo que também limita o entendimento acerca do conhecimento sobre microplásticos nas pesquisas atuais.

Em comparativo com a água salgada, por exemplo, a água doce apresenta densidade diferente (1,00 g cm<sup>-3</sup> para água doce, e 1,03 g cm<sup>-3</sup> em salgada), o que também contribui para uma distribuição diferente de microplásticos na coluna de água em cada sistema (Prata, 2019), conseqüentemente, pode-se compreender que a oferta de MPs para os zooplâncton de água doce e água salgada também tende a ser diferente nos dois ambientes.

Com esse trabalho, concluímos que diferentes concentrações de KOH apresentam melhores resultados para diferentes grupos zooplanctônicos como Cladocera e Copepoda. Também observamos que embora o local onde foram coletadas as amostras seja poluído e eutrofizado, os resultados indicam que poucos exemplares do zooplâncton ingeriram microplásticos ou os retiveram nas cavidades internas, valor bastante abaixo daquele observado para os ambientes marinhos.

## **7. Considerações Finais**

A partir dos resultados deste trabalho, foi possível concluir que os microcrustáceos do Reservatório de Barra Bonita ingerem microplásticos, apesar da quantidade ser mínima comparadamente ao número de táxons analisados e em relação a quantidade de microplásticos encontrados em estudos com zooplâncton em água salgada. Ao menos para o estudo, a hipótese de que cladóceros e copépodes de água doce ingerem microplásticos foi parcialmente confirmada, visto que foram encontrados MPs apenas em cladóceros (*D. gessneri*).

Os estudos com microplásticos ingeridos por zooplâncton em água doce ainda são escassos, principalmente na América do Sul, por isso, faz-se necessário o investimento em pesquisas que elucidem informações sobre padronização de metodologias, quantificações de MPs ingeridos e caracterizações químicas, por exemplo. Por serem muito pequenos, os microplásticos são facilmente ingeridos pelos animais em ambientes aquáticos, tanto em ambientes de água salgada como em ambientes de água doce. Por conta disso, é de extrema importância avaliar o impacto da ingestão de microplásticos em organismos de ambientes de água doce, visto que, por possuírem tamanhos muito pequenos e serem onipresentes, os MPs são transferidos facilmente entre animais de diferentes níveis na cadeia trófica.

Ademais, faz-se necessária a urgência em melhores planejamentos e execuções efetivas em prol da gestão de resíduos, com políticas públicas que assegurem devidamente a proporção entre a capacidade de água doce no país e a sua alta demanda. Aplicações de leis mais rigorosas que controlem com maior efetividade a entrada de resíduos plásticos nos corpos hídricos, principalmente pelas grandes empresas de cosméticos e indústrias têxteis, também devem colaborar para

a diminuição dos plásticos nos ambientes aquáticos e, conseqüentemente, reduzir a contaminação por MPs ingeridos em organismos dos diferentes níveis tróficos.

## 8. Referências Bibliográficas

ANA. **Atlas Esgotos - Despoluição de Bacias Hidrográficas**. 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ana.gov.br/asp/download.asp?codigo=129069>. Acesso em: 16 out. 2023.

Amin R. *et al.* **Microplastic ingestion by zooplankton in Terengganu coastal waters, southern South China Sea**. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110616>. Acesso em: 17. jul. 2023.

AYTAN, U. *et al.* **Microplastic ingestion and egestion by copepods in the Black Sea**. *Science of The Total Environment*, Vol. 806, n 4, 2022. Disponível em: [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721059994](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721059994). Acesso em: 06 dez 2022.

Andrady AL. **The plastic in microplastics: a review**. *Marine Pollution Bulletin*, [S.L.], v. 119, n. 1, p. 12-22, jun. 2017. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>. Acesso em: 06 jun. 2023.

Bertoldi C. *et al.* **Microplastic abundance quantification via a computer-vision-based chemometrics-assisted approach**. *Microchemical Journal*, [S.L.], v. 160, n. 160, p. 105690, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2020.105690>. Acesso em: 18. jul. 2023.

Bai Z, Wang N, Wang M. **Effects of microplastics on marine copepods**. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112243>. Acesso em: 25 fev. 2023.

Barboza LGA, Vieira LR, Branco V. *et al.* **Microplastics increase mercury bioconcentration in gills and bioaccumulation in the liver, and cause oxidative stress and damage in *Dicentrarchus labrax* juveniles**. *Sci Rep* 8, 15655 (2018). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34125-z>. Acesso em: 26 nov. 2023

Carpenter EJ. *et al.* **Polystyrene spherules in coastal waters.** *Science* (1972), 178, 749. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.178.4062.749>. Acesso em: 18 out. 2023.

Castro RO, Silva ML, Marques MRC, Araújo FV. **Spatio-temporal evaluation of macro, meso and microplastics in surface waters, bottom and beach sediments of two embayments in Niterói, RJ, Brazil.** *Marine Pollution Bulletin*, [S.L.], v. 160, p. 111537, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111537>. Acesso em: 15 out. 2023.

Cunha-Santino MB, Moreti G. Diagnosis and analysis of water quality and trophic state of Barra Bonita reservoir, SP. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 187-205, 30 abr. 2013. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>. Acesso em: 20 out. 2023.

Dantas Filho JV. *et al.* **First evidence of microplastics in freshwater from fish farms in Rondônia state, Brazil.** *Heliyon*, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 15066-15066, abr. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15066>

Elmoor-Loureiro LMA. **Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil.** 1997. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/264417714\\_Manual\\_de\\_Identificacao\\_de\\_Cladoceros\\_Limnicos\\_do\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/264417714_Manual_de_Identificacao_de_Cladoceros_Limnicos_do_Brasil). Acesso em: 04 fev. 2023.

E-Cycle. **Tempo de decomposição do plástico.** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/tempo-de-decomposicao-do-plastico/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

Fernandes A. *et al.* **Microplastics in Latin America Ecosystems: a critical review of the current stage and research needs.** *Journal Of The Brazilian Chemical*

Society, [S.L.], v. 33, n. 4, p. 303-326, 2022. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20220018>. Acesso em: 10 set. 2023.

Faria E. *et al.* **Microplastics pollution in the South American Pantanal.** Case Studies In Chemical And Environmental Engineering, [S.L.], v. 3, p. 100088, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100088>. Acesso em: 05 set. 2023.

Ferraz M, Bauer AL, Valiati VH, Schulz UH. **Microplastic Concentrations in Raw and Drinking Water in the Sinos River, Southern Brazil.** Water, [S.L.], v. 12, n. 11, p. 3115, 6 nov. 2020. MDPI AG. Acesso em: 10 set. 2023.

Geyer R, Jambeck JR, Law KL. **Production, use, and fate of all plastics ever made.** 2017. Science Advances. Disponível em: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/sciadv.1700782>. Acesso em: 25 nov. 2023.

Gazulha V. **O Efeito dos Microplásticos no Zooplâncton Marinho.** 2019. Disponível em: <https://www.vgconsultoriaambiental.com.br/o-efeito-dos-microplasticos-no-zooplacton-marinho/>. Acesso em: 10 jun. 2023.

G1 (Barra Bonita). **Rio Tietê é tomado por aguapés e vira ‘tapete verde’ no interior de SP.** 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2023/03/15/rio-tiete-e-tomado-por-agua-pes-e-vira-tapete-verde-no-interior-de-sp.ghtml>. Acesso em: 18 nov. 2023.

Jones F. **A ameaça dos microplásticos.** 2019. Revista Pesquisa FAPESP. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-ameaca-dos-microplasticos/>. Acesso em: 25 set. 2023.

Jérémy T. *et al.* **A New Method for Microplastics Identification in Copepods.** 2022. Frontiers in Environmental Chemistry. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvc.2022.905303/full>. Acesso em: 26 maio 2023.

Kankiliç GB. *et al.* **Size-selective microplastic uptake by freshwater organisms: Fish, mussel, and zooplankton**, Environmental Pollution, 2023, v. 336, n. 122445, ISSN 0269-7491. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122445>. Acesso em: 19 nov. 2023.

Kalaiselvan K. *et al.* **Occurrence of microplastics in gastrointestinal tracts of planktivorous fish from the Thoothukudi region**. Environmental Science And Pollution Research, [S.L.], v. 29, n. 29, p. 44723-44731, 9 fev. 2022. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-022-19033-0>. Acesso em: 24 nov. 2023.

Loganathan Y, K Moni PJ. **A Review on Microplastics - An Indelible Ubiquitous Pollutant**. 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/359629106\\_A\\_Review\\_on\\_Microplastics\\_-\\_An\\_Indelible\\_Ubiquitous\\_Pollutant/stats](https://www.researchgate.net/publication/359629106_A_Review_on_Microplastics_-_An_Indelible_Ubiquitous_Pollutant/stats). Acesso em: 25 nov. 2023.

López-Rosales A. *et al.* **Development of a fast and efficient method to analyze microplastics in planktonic samples**. Marine Pollution Bulletin, [S.L.], v. 168, p. 1-1, jul. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112379>. Acesso em: 04 dez. 2022.

Matsumura-Tundisi T; Tundisi JG. **Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years**. Hydrobiologia, [S.L.], v. 504, n. 1-3, p. 215-222, set. 2003. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/b:hydr.0000008521.43711.35>. Acesso em: 06. jun. 2023.

Montagner CC. *et al.* **MICROPLÁSTICOS: OCORRÊNCIA AMBIENTAL E DESAFIOS ANALÍTICOS**. Química Nova [online]. 2021, v. 44, n. 10, pp. 1328-1352. Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>>. Epub 20 Dez 2021. ISSN 1678-7064. Acesso em: 26 set. 2023.

Miller ME, Hamann M, Kroon FJ. **Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data.** PLOS ONE 15(10): e0240792. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.024079>. Acesso em: 26 nov. 2023.

Olivatto GP, Carreira R, Tornisielo VL & Montagner CC (2018). **Microplastics: Contaminants of global concern in the Anthropocene.** Revista Virtual de Química, 10(6), 1968-1989. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330646563\\_Microplastics\\_Contaminants\\_of\\_Global\\_Concern\\_in\\_the\\_Anthropocene](https://www.researchgate.net/publication/330646563_Microplastics_Contaminants_of_Global_Concern_in_the_Anthropocene). Acesso em: 15 dez. 2023.

Perbiche-Neves G. *et al.* **Identification guide to some Diaptomid species (Crustacea, Copepoda, Calanoida, Diaptomidae) of “de la Plata” River Basin (South America).** ZooKeys, n. 497, p. 1, 2015.

Pazos RS. *et al.* **Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary.** Marine Pollution Bulletin, [S.L.], v. 122, n. 1-2, p. 85-90, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.007>. Acesso em: 03 dez. 2023.

Pennino MG. *et al.* **Ingestion of microplastics and occurrence of parasite association in Mediterranean anchovy and sardine.** Marine Pollution Bulletin, [S.L.], v. 158, p. 111399, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111399>. Acesso em: 01 dez. 2023.

Pushan ZA. *et al.* A critical review of the emerging research on the detection and assessment of microplastics pollution in the coastal, marine, and urban Bangladesh. **Frontiers Of Environmental Science & Engineering**, [S.L.], v. 16, n. 10, p. 1-128, 24 mar. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11783-022-1563-2>. Acesso em: 07. dez. 2023.

Rashid CP. *et al.* **Microplastics in zooplankton in the eastern Arabian Sea: the threats they pose to fish and corals favoured by coastal currents.** Marine

Pollution **Bulletin**, [S.L.], v. 173, p. 113042, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113042>. Acesso em: 03 jun. 2023.

Rashid CP. *et al.* **Microplastics in copepods reflects the manmade flow restrictions in the Kochi backwaters, along the southwest coast of India.** 2022. ELSEVIER. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X22002119>. Acesso em: 05 jun. 2023.

Santos-Wisniewski, M.J., Rocha, O. **Spatial distribution and secondary production of Copepoda in a tropical reservoir: Barra Bonita, SP, Brazil.** Brazilian Journal of Biology [online]. 2007, v. 67, n. 2 pp. 223-233. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842007000200007>. Acesso em: 02. fev. 2023.

Sodré FF. *et al.* **How natural and anthropogenic factors should drive microplastic behavior and fate: the scenario of brazilian urban freshwater.** **Chemosphere**, [S.L.], v. 340, p. 139813, nov. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139813>. Acesso em: 18 dez. 2023.

Silva CO, Junior A, Perbiche-Neves, Pinheiro AP, Lacerda SR. **Baixa riqueza zooplanctônica indicando condições adversas de seca e eutrofização em um reservatório no Nordeste do Brasil.** 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2020009>. Acesso em: 17 jul. 2023.

Suwaki CH, Fabio Junior, Luiz Carlos. **Microplásticos no ambiente antártico.** Instituto Oceanográfico - USP. Disponível em: <https://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos/antartida/1315-xxxv-microplasticos-no-ambiente-antartico.html>. Acesso em: 02 jun. 2023.

Silva V. *et al.* **Estudo das fontes de poluição por microplásticos recorrentes na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro.** Revista de Gestão de Água da América Latina, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 5, 7 mar. 2023. Associação Brasileira de Recursos

Hídricos - ABRH. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/rega.v20e5>. Acesso em: 27 out. 2023.

Thompson RC. *et al.* **Lost at Sea: where is all the plastic?**. Science, [S.L.], v. 304, n. 5672, p. 838-838, 7 maio 2004. American Association for the Advancement of Science (AAAS). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1094559>. Acesso em: 02 jun. 2023.

Thery J. *et al.* **A New Method for Microplastics Identification in Copepods**. 2022. Frontiers in Environmental Chemistry. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvc.2022.905303/full>. Acesso em: 26 jun 2023.

UNEP. **Poluição plástica**. 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/poluicao-plastica>. Acesso em: 27 nov. 2023.

Verne J. *Vinte Mil Léguas Submarinas*; Vilanova, J. G., trad.; Artes Gráficas Bisordi: São Paulo, 1972.

Vargas JGM *et al.* **MICROPLÁSTICOS: USO NA INDÚSTRIA COSMÉTICA E IMPACTOS NO AMBIENTE AQUÁTICO**. Química Nova [online]. 2022, v. 45, n. 06, pp. 705-711. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170870>. Epub 29 Ago 2022. ISSN 1678-7064. Acesso em: 26 nov. 2023.

Wright SL. *et al.* **The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review**. Environmental Pollution, [S.L.], v. 178, p. 483-492, jul. 2013. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>. Acesso em: 19 dez. 2023.

Werbowski LM. *et al.* **Urban Stormwater Runoff: a major pathway for anthropogenic particles, black rubbery fragments, and other types of microplastics to urban receiving waters**. Acs Es&T Water, [S.L.], v. 1, n. 6, p. 1420-1428, 2021. American Chemical Society (ACS). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/acsestwater.1c00017>. Acesso em: 01 out. 2023.

WWF. **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico.** 2019. Disponível em: [www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico](http://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico)  
Acesso em: 11 nov. 2023.

Zaganini RL. *et al.* **Baixa diversidade de zooplâncton na desembocadura de uma represa eutrófica (SP, Brasil): reflexo da poluição?** 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/325161265\\_Baixa\\_diversidade\\_de\\_zooplanton\\_na\\_desembocadura\\_de\\_uma\\_represa\\_eutrofica\\_SP\\_Brasil\\_reflexo\\_da\\_poluicao/fulltext/5afb8b1aa6fdccacab1922fa/Baixa-diversidade-de-zooplanton-na-desembocadura-de-uma-represa-eutrofica-SP-Brasil-reflexo-da-poluicao.pdf](https://www.researchgate.net/publication/325161265_Baixa_diversidade_de_zooplanton_na_desembocadura_de_uma_represa_eutrofica_SP_Brasil_reflexo_da_poluicao/fulltext/5afb8b1aa6fdccacab1922fa/Baixa-diversidade-de-zooplanton-na-desembocadura-de-uma-represa-eutrofica-SP-Brasil-reflexo-da-poluicao.pdf). Acesso em: 06 fev. 2023.

**Referência:** Caso responda a este documento, indicar expressamente o Processo nº 23112.027889/2023-13

SEI nº 1328239

*Modelo de Documento: Grad: Defesa TCC: Folha Aprovação, versão de 02/Agosto/2019*