



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS**  
**DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA – DEOLI**  
**CURSO DE OCEANOGRAFIA**

Graziela Santos Leite

Análise da presença de microplásticos em *Megalops atlanticus* (Valenciennes, 1847) capturado na laguna da Jansen, São Luís, Maranhão

**São Luís – MA**

**Janeiro/2026**

Graziela Santos Leite

Análise da presença de microplásticos em *Megalops atlanticus* (Valenciennes, 1847) capturado na laguna da Jansen, São Luís, Maranhão

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão para obtenção do grau de bacharelado em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes Silva

**São Luís – MA**

**Janeiro/2026**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Leite, Graziela Santos.

Análise da presença de microplásticos em *Megalops atlanticus Valenciennes, 1847* capturado na laguna da Jansen, São Luís, Maranhão / Graziela Santos Leite. - 2026.

47 p.

Orientador(a): Marcelo Henrique Lopes Silva.

Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2026.

1. Poluição Ambiental. 2. Ecossistemas Urbanos. 3. Pirapema. I. Silva, Marcelo Henrique Lopes. II. Título.

Análise da presença de microplásticos em *Megalops atlanticus* (Valenciennes, 1847) capturado na laguna da Jansen, São Luís, Maranhão

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão para obtenção do grau de bacharelado em Oceanografia.

Aprovado em: 21 /01/2026

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes Silva** (Orientador)

**Universidade Federal do Maranhão - UFMA**

**Prof. Dr. James Werllen de Jesus Azevedo** (Titular)

**Universidade Federal do Maranhão – UFMA**

**MSc. Alef Fontinele Teixeira** (Titular)

**Universidade Federal do Maranhão – UFMA**

Este trabalho é dedicado à ciência, que inspira questionamentos e avanços, e à minha família, base fundamental para que este sonho se tornasse realidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, a Deus, por ter me concedido saúde, força e sabedoria ao longo de toda jornada acadêmica, permitindo que eu superasse os desafios e chegasse até a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, Eliana e Marcos, pelo apoio incondicional, amor, paciência e por nunca medirem esforços para que eu pudesse seguir estudando e acreditando em mim. Vocês foram meu alicerce nos momentos de dúvida, minha motivação nas dificuldades e a maior prova de que a persistência transforma sonhos em conquistas.

Aos meus irmãos Marcos Júnior, Marcos Vinicius, a minha cunhada Lia Valéria e a minha avó Maria das Dores por estarem sempre disponíveis para me ajudar em tudo o que precisei, pelo apoio constante e pelas palavras de incentivo ao longo dessa jornada. Vocês sempre foram um porto seguro e grandes inspirações para mim, motivando-me a seguir em frente e a buscar sempre o meu melhor.

Ao meu namorado Matheus, que esteve ao meu lado desde o início da minha graduação, oferecendo apoio, incentivo e ajuda em todos os momentos. Obrigada por nunca medir esforços, por me acompanhar, me incentivar e, muitas vezes, me levar à faculdade sempre que precisei. Sua presença, compreensão e companheirismo foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Henrique, por todos os ensinamentos, incentivos e contribuições ao longo da minha graduação, sendo fundamental para meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos meus amigos, Jamile Gabriela, Pamela Beatriz, Gabriel e Glover que estiveram comigo desde o início da graduação, com quem entrei e com quem concluo esta etapa. A amizade, o companheirismo e os momentos compartilhados tornaram toda a trajetória acadêmica mais leve, mais divertida e significativamente mais especial.

A equipe Labirpesq pelo apoio e auxílio durante o processamento das amostras da minha pesquisa, sendo fundamentais para a execução deste trabalho.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro no desenvolvimento da pesquisa.

“Educação não transforma o mundo.  
Educação muda as pessoas. Pessoas  
mudam o mundo.”

Paulo Freire

## RESUMO

Os microplásticos (MPs) são contaminantes emergentes amplamente dispersos nos ecossistemas aquáticos, podendo ser ingeridos acidentalmente por diversos organismos. Sua presença é intensificada em áreas urbanizadas, como a Laguna da Jansen, em São Luís (MA), devido ao lançamento de efluentes domésticos e ao descarte irregular de resíduos sólidos, que comprometem a qualidade ambiental e afetam diretamente a fauna aquática. Esta pesquisa teve como objetivo investigar a presença de microplásticos no conteúdo estomacal e no tecido muscular de *Megalops atlanticus* (pirapema) capturado na Laguna da Jansen, São Luís, Maranhão. Os exemplares de *M. atlanticus* foram adquiridos junto a pescadores artesanais da Laguna da Jansen, em janeiro, maio e outubro de 2025. Após a captura, os peixes foram armazenados em caixas térmicas com gelo e transportados ao Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros (LABIRPesq – /UFMA). Em laboratório, os espécimes foram medidos (cm) e pesados (g). Os tecidos foram retirados com auxílio de bisturi e os estômagos foram removidos por incisão longitudinal e acondicionados em frascos de vidro previamente higienizados. Para a extração dos microplásticos, empregou-se digestão química com solução de hidróxido de potássio (KOH a 10%), seguida por filtração a vácuo em microfiltros de vidro (0,6 µm). As partículas retidas foram analisadas em microscópio estereoscópico, permitindo a identificação, quantificação e classificação dos microplásticos quanto ao tipo morfológico e à cor. Foram analisados 69 indivíduos de *M. atlanticus*, com ocorrência de microplásticos em 97,10% das amostras. No total, foram identificadas 478 partículas, predominantemente fibras (66%; n = 317), seguidas por fragmentos (34%; n = 161). A contaminação observada está possivelmente relacionada à proximidade da área de estudo com centros urbanos, bem como ao descarte inadequado de efluentes e resíduos sólidos. A elevada ocorrência de microplásticos nos exemplares de *M. atlanticus* evidencia um quadro de contaminação na Laguna da Jansen. A predominância de fibras sugere fontes relacionadas a resíduos têxteis, efluentes domésticos e atividades pesqueiras, destacando a urgência de medidas voltadas ao controle da poluição na área.

**PALAVRAS-CHAVE:** poluição ambiental; ecossistemas urbanos; pirapema, contaminação.

## ABSTRACT

Microplastics (MPs) are emerging contaminants widely dispersed in aquatic ecosystems and can be accidentally ingested by various organisms. Their presence is intensified in urbanized areas, such as the Jansen Lagoon in São Luís (MA), due to the discharge of domestic effluents and the irregular disposal of solid waste, which compromise environmental quality and directly affect aquatic fauna. This research aimed to investigate the presence of microplastics in the stomach contents and muscle tissue of *Megalops atlanticus* (pirapema) captured in the Jansen Lagoon, São Luís, Maranhão. Specimens of *M. atlanticus* were acquired from artisanal fishermen in the Jansen Lagoon in January, May, and October 2025. After capture, the fish were stored in thermal boxes with ice and transported to the Laboratory of Ichthyology and Fisheries Resources (LABIRPesq – UFMA). In the laboratory, the specimens were measured (cm) and weighed (g). The tissues were removed using a scalpel, and the stomachs were removed by longitudinal incision and placed in previously sanitized glass jars. Microplastic extraction was performed using chemical digestion with a 10% potassium hydroxide solution (KOH), followed by vacuum filtration through glass microfilters (0.6 µm). The retained particles were analyzed under a stereomicroscope, allowing for the identification, quantification, and classification of microplastics according to morphological type and color. Sixty-nine individuals of *M. atlanticus* were analyzed, with microplastics present in 97.10% of the samples. In total, 478 particles were identified, predominantly fibers (66%; n = 317), followed by fragments (34%; n = 161). The observed contamination is possibly related to the proximity of the study area to urban centers, as well as the inadequate disposal of effluents and solid waste. The high occurrence of microplastics in specimens of *M. atlanticus* indicates a contamination situation in the Jansen Lagoon. The predominance of fibers suggests sources related to textile waste, domestic effluents, and fishing activities, highlighting the urgency of measures aimed at controlling pollution in the area.

**KEYWORDS:** Environmental pollution; urban ecosystems; pirapema, contamination.

## SUMÁRIO

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | INTRODUÇÃO GERAL .....  | 11 |
| 2   | OBJETIVOS .....   | 12 |
| 2.1 | Geral .....   | 12 |
| 2.2 | Específicos.....  | 12 |
| 3   | REVISÃO DE LITERATURA.....  | 13 |
| 3.1 | Microplásticos .....  | 13 |
| 3.2 | Fontes de Contaminação e Impactos dos Microplásticos na Biota ....  | 14 |
| 3.3 | Microplásticos em lagunas costeiras.....  | 15 |
| 3.4 | Caracterização da espécie <i>Megalops atlanticus</i> .....  | 16 |
| 4   | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 17 |
| 5   | CAPÍTULO 1: Microplásticos no estômago e no músculo de <i>Megalops atlanticus</i> (Valenciennes, 1847) em uma laguna costeira urbanizada do Nordeste do Brasil..... | 22 |
| 5.1 | Introdução .....  | 23 |
| 5.2 | Material e Métodos.....   | 25 |
| 5.3 | Resultados .....  | 29 |
| 5.4 | Discussão .....   | 37 |
| 5.5 | Conclusão .....   | 40 |
| 5.6 | Referências.....  | 40 |
| 6   | Considerações finais .....  | 47 |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A intensificação das atividades antrópicas nas zonas costeiras tem provocado alterações significativas na qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, destacando-se a poluição por resíduos plásticos como uma das principais ameaças atuais (Arruda, 2017; Van Rensburg *et al.*, 2020). A ampla utilização desses materiais na sociedade contemporânea, associada ao seu baixo custo e elevada durabilidade, resultou em um aumento expressivo da produção global, que atingiu aproximadamente 368 milhões de toneladas em 2019 (Plastics Europe, 2021). Contudo, a elevada persistência dos plásticos no ambiente tem gerado impactos ambientais severos e de longa duração, afetando diferentes compartimentos dos ecossistemas aquáticos (Andrady; Neal, 2009; Kane; Clare, 2019).

Diferente de outros resíduos, os plásticos não se degradam quimicamente no meio ambiente, em vez disso, sofrem fragmentação mecânica e fotoquímica. Sob a exposição à radiação UV e abrasão física, esses materiais tornam-se quebradiços e dividem-se em partículas menores, classificadas como microplásticos (MPs, <5 mm) (Barnes *et al.*, 2009). Esta fragmentação potencializa a dispersão desses contaminantes, tornando-os onipresentes nos ecossistemas aquáticos. As fontes são variadas e incluem desde resíduos mal gerenciados em praias até fontes secundárias, como fibras têxteis liberadas na lavagem de roupas sintéticas e o desgaste de equipamentos de pesca (Browne *et al.*, 2011; Prata *et al.*, 2019).

O impacto desse cenário é crítico em ecossistemas costeiros, que sofrem com o crescimento urbano desordenado e o descarte inadequado de efluentes. As lagoas costeiras, por serem ambientes sensíveis e de dinâmica complexa, tornam-se depósitos naturais desses poluentes, resultando no declínio da biodiversidade e na perda de resiliência ambiental (Barlow *et al.*, 2018; Corrêa, 2022).

Apesar da gravidade, a investigação sobre a contaminação por microplásticos em ambientes lagunares e em espécies específicas da região maranhense ainda é limitada se comparada aos estudos em praias e baías abertas (Corrêa, 2022).

A crescente produção e o descarte inadequado de materiais plásticos têm resultado na ampla dispersão de microplásticos nos ambientes aquáticos, tornando-se uma preocupação ambiental de escala global. Esses contaminantes persistentes são facilmente incorporados aos ecossistemas costeiros e estuarinos, onde podem ser ingeridos por diferentes espécies de peixes, seja por ingestão direta ou ao longo das cadeias tróficas. A presença de microplásticos em organismos aquáticos representa um risco potencial à biodiversidade, à saúde dos ecossistemas e à segurança alimentar, especialmente em áreas sujeitas a intensa pressão antrópica (Campos *et al.*, 2019).

Nesse cenário, estudos que investigam a ocorrência de microplásticos em espécies de peixes contribuem diretamente para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 - Vida na Água, ao gerar informações científicas essenciais para a redução da poluição marinha e para a conservação e o uso sustentável dos recursos aquáticos.

Diante dessa lacuna de conhecimento, o presente estudo justifica-se pela necessidade de investigar a presença de microplásticos em organismos aquáticos de ambientes de transição. Neste contexto, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar a ocorrência e caracterizar os microplásticos presentes na espécie *Megalops atlanticus* na Laguna da Jansen, fornecendo subsídios científicos que contribuam para o diagnóstico da contaminação por esses contaminantes em ambientes costeiros urbanizados.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Investigar a ocorrência de microplástico na espécie *Megalops atlanticus* capturada da Laguna da Jansen, São Luís (MA).

### **2.2 Específicos**

- Categorizar e quantificar os microplásticos encontrados no tecido muscular e no conteúdo estomacal dos peixes capturados na Laguna da Jansen;

- Representar a distribuição e características dos microplásticos encontrados em tecidos e estômagos de *Megalops atlanticus* oriundo da Laguna da Jansen;
- Avaliar a variação na abundância e tipo de microplástico em função da sazonalidade (transição, chuvoso e estiagem).

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Microplásticos

Os primeiros trabalhos sobre microplásticos foram realizados nos anos 70 por Buchanan (1971) e Carpenter e Smith (1972) que buscavam compreender os impactos ocasionados por um novo tipo de material, cada vez mais presente nos litorais e oceano. O termo microplásticos (MPs) passou a ser amplamente utilizado após Thompson realizar uma pesquisa em 2004, onde a palavra foi utilizada para descrever os fragmentos de plásticos coletados nas praias e sedimentos em Plymouth, no Reino Unido.

A definição de microplástico foi adotada pela comunidade científica e posteriormente foi oficializada pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*), órgão que atua na evolução e compreensão da natureza e preservação dos recursos naturais do planeta. Assim, os microplásticos passaram a ser definidos como qualquer fragmento de plástico que possua menos de 5 mm de comprimento em sua maior dimensão (Arthur *et al.*, 2009).

Em 2011 após a consolidação do conceito de MPs, foi estabelecida uma divisão de acordo com a sua origem, classificando-os em primários (concebidos intencionalmente pela indústria) e secundários (proveniente da degradação e fragmentação no meio ambiente) (Rocha-Santos *et al.*, 2021). Os primários são produzidos para serem utilizados como matérias-primas ou produto, de pequeno tamanho, funcionando para construir materiais de plástico que são muito usados na indústria e na cosmética (Andrady, 2011, Napper *et al.*, 2016, Murphy *et al.*, 2016). Os microplásticos classificados como secundários provêm da fragmentação de objetos de maiores dimensões, sendo este processo acelerado devido a fatores como a radiação solar e fenômenos de abrasão (GESAMP, 2019). Encontram-se em roupas e na composição de tintas para embarcações,

na forma de microfibras (Andrady, 2011, Napper *et al.*, 2016, Murphy *et al.*, 2016).

Adicionalmente, os microplásticos são identificados e classificados também quanto aos tipos de materiais, com base na sua morfologia e composição. A degradação física das partículas leva à geração de diferentes formas de MP como, fibras e fragmentos (Montagner *et al.*, 2021).

### **3.2 Fontes de Contaminação e Impactos dos Microplásticos na Biota**

O descarte inadequado de resíduos sólidos é uma prática que intensifica a poluição plástica em ambientes terrestres e aquáticos, gerando a formação de MPs nessas regiões. Em ambiente terrestre, os resíduos plásticos presentes em lixões e aterros são responsáveis pela formação de MP secundários, os quais são determinados em amostras de lixiviado de aterros sanitários urbanos (He *et al.*, 2019). Os resíduos plásticos descartados inadequadamente no ambiente terrestre podem atingir os corpos de água e contribuem para a formação de MP em ambientes aquáticos.

Outras fontes de emissão de MP em ambientes terrestres são o processo de desgaste de pneus, os quais são constituídos de borracha de estireno butadieno e inúmeros aditivos e o desgaste de pinturas em rodovias, através da abrasão dos veículos e ação do intemperismo (Boucher; Friot, 2017).

Algumas atividades cotidianas, como o uso de cosméticos ou lavagem de roupa, também contribuem para o lançamento de MP em ambientes aquáticos (Montagner *et al.*, 2021). Diversas partículas de fibras de tecidos naturais ou sintéticos são liberadas no efluente devido ao processo de lavagem de roupas. As fibras sintéticas são constituídas em sua maioria de poliéster e acrílico. Uma única peça de roupa pode produzir mais de 1900 fibras por lavagem e suas concentrações podem superar 300 mg kg<sup>-1</sup> de tecido lavado, porém, esses valores podem variar de acordo com as características de lavagem (Salvador *et al.*, 2017; De Falco *et al.*, 2019).

Em regiões em que grande parte da população não possui tratamento de esgoto, o aporte de MP é intensificado no ambiente, devido ao lançamento direto de efluentes nos corpos hídricos. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico em 2020, no Brasil, a taxa de coleta e afastamento de esgoto é cerca de

60% e aproximadamente 50% de todo o esgoto bruto gerado no país é lançado diretamente nos rios, sem nenhum tratamento (IBGE, 2020).

A crescente produção e o descarte inadequado de resíduos plásticos têm gerado sérios impactos ambientais, especialmente nos ecossistemas aquáticos. Estima-se que 94% do plástico produzido em todo o mundo é destinado a aterros sanitários ou liberados no meio ambiente natural, enquanto apenas 6% são destinados à reciclagem (Alimi *et al.*, 2018).

Os MPs são facilmente ingeridos quando presentes no ambiente, diretamente por organismos ou indiretamente através do consumo de espécies de nível trófico inferior. Quanto menor é o tamanho do plástico, maior é a sua biodisponibilidade aos organismos em toda a cadeia alimentar (Cole *et al.*, 2013).

A ingestão de MP é observada em organismos desde o primeiro nível trófico, como fitoplâncton e zooplâncton, até espécies maiores. Os polímeros sintéticos podem passar de um nível trófico para o outro, bioacumulando e biomagnificando (Bouwmeester *et al.*, 2015; Ma, *et al.*, 2020), e podem chegar até à dieta humana. Após ingeridos, os MP também podem entrar no sistema circulatório causando danos em tecidos e células. Estudos *in vitro* mostraram que o contato de partículas de MP com células mononucleares do sangue periférico pode causar problemas à saúde, induzindo a produção de citotoxinas de células imunes.

Nesse sentido, conforme aponta Costa (2023), a inserção de plásticos em ecossistemas aquáticos favorece um cenário de poluição possivelmente irreversível, devido à deterioração em frações microscópicas, afetando negativamente toda a biota que vive nesse ambiente.

### **3.3 Microplásticos em lagunas costeiras**

Estudos sobre a ocorrência de microplásticos em lagoas costeiras são escassos, principalmente quando se considera a grande concentração de pesquisas realizadas em praias e baías (Corrêa, 2022).

A Laguna da Jansen, localizada na cidade de São Luís, estado do Maranhão, é um corpo hídrico costeiro sob forte pressão antrópica, resultado da urbanização e da deficiência no gerenciamento de resíduos sólidos. Sua proximidade com áreas densamente povoadas e condições hidrológicas

contribuem a introdução e acúmulo de microplásticos (Silva-Cavalcanti *et al.*, 2017).

Essa região sofre com poluição elevada, devido ao lançamento de esgoto doméstico em suas águas. Conforme reportado pelo portal G1 MA (2022), embora a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA), relate a eliminação de mais de 80 pontos de lançamento irregular de esgotos na Laguna da Jansen, o aporte dos resíduos dos efluentes contribui para a eutrofização e redução dos níveis de oxigênio dissolvido, provocando a mortandade da fauna e da flora desse corpo hídrico, que comprometem não apenas a saúde individual dos animais, mas também o equilíbrio ecológico dos ecossistemas.

A presença de microplásticos na Laguna da Jansen constitui uma ameaça direta à biota local, especialmente para espécies como a pirapema (*Megalops atlanticus*). A ingestão de microplásticos por esses peixes não compromete apenas a saúde individual dos animais, mas gera riscos potenciais à saúde pública e à segurança alimentar através do acúmulo de partículas e aditivos químicos nos tecidos musculares consumidos por seres humanos (Rochman *et al.*, 2014).

### **3.4 Caracterização da espécie *Megalops atlanticus***

O *Megalops atlanticus* (Valenciennes, 1847), também conhecido popularmente como camurupim ou pirapema, é um actinoptérigeo da família Megalopidae. A espécie possui uma ampla distribuição ao longo das áreas costeiras podendo ser encontrados em estuários, baías, lagoas e até mesmo em rios de água doce (Burnham, 2005). No Brasil, ocorre principalmente em águas tropicais, especialmente ao longo da região Nordeste, em áreas costeiras marinhas, estuários e até centenas de quilômetros a montante em rios e lagos (Garrone-Neto; Rodrigues, 2018). O *M. atlanticus* é uma espécie marinha, mas que também habita rios, baías, estuários e lagoas revestidas de mangue (Taylor; Loew; Grace, 2011). Utiliza diferentes habitats e recursos ao longo do seu ciclo de vida e é dependente de estuários, principalmente manguezais em regiões tropicais (Machado; Drummond & Paglia, 2018).

Essa espécie tem a capacidade de tolerar ambientes eurialinos como também ambientes com pouco oxigênio. O comprimento do *M. atlanticus* pode

atingir até 240 cm e pode chegar a pesar 161 kg (Burnham, 2005). A mandíbula inferior é grande e protuberante, seus dentes são muito pequenos e densamente agrupados, distribuídos por toda a boca, incluindo mandíbulas, língua e base do crânio. Além desses dentes finos, possuem uma placa óssea na porção voltada para cima da mandíbula inferior, que os auxilia a esmagar algumas de suas presas.

**Figura 1** - Exemplar de *Megalops atlanticus*, popularmente conhecido como Pirapema



Fonte: Autoria Própria, (2025)

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIMI, O. S. et al. Microplastics and Nanoplastics in Aquatic Environments: Aggregation, Deposition, and Enhanced Contaminant Transport. **Environmental Science & Technology**, v. 52, p. 1704-1724, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05559>. Acesso em: 22 dez. 2025.

ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>.

ANDRADY, Anthony L.; NEAL, Mike A. Applications and societal benefits of plastics. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1977-1984, 2009.

ARRUDA, Rodrigo Botelho. **Estudo da composição e abundância de microplásticos no registo sedimentar da lagoa da Fajã dos Cubres – Açores**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.

ARTHUR, C.; BAKER, J. E.; BAMFORD, H. A. **Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris**, september 9-11, 2008. Tacoma, WA: NOAA Marine Debris Program, 2009.

BARLOW, J. et al. The future of hyperdiverse tropical ecosystems. **Nature**, v. 559, p. 517–526, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0301-1>.

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

BOUWMEESTER, H.; HOLLMAN, P. C.; PETERS, R. J. Potential health impact of environmentally released micro-and nanoplastics in the human food production chain: experiences from nanotoxicology. **Environmental Science & Technology**, v. 49, p. 8932–8947, 2015.

BROWNE, M. A. et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 21, p. 9175-9179, 2011.

BUCHANAN, J. B. Pollution by synthetic fibres. **Marine Pollution Bulletin**, v. 2, n. 2, p. 23, 1971. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0025326X71901366>. Acesso em: 20 dez. 2025.

BURNHAM, J. **Megalops atlanticus**. Animal Diversity Web, 2005. Disponível em: [https://animaldiversity.org/accounts/Megalops\\_atlanticus/](https://animaldiversity.org/accounts/Megalops_atlanticus/). Acesso em: 25 jan. 2026.

CAMPOS, L., HENRIQUES, B., MACHADO, L. M., & CARVALHO, F. (2019). **Efeitos dos microplásticos em peixes**: Uma revisão sistemática sobre exposição e resultados. *Poluição Ambiental*, 248, 1-11.

CARPENTER, E. J. et al. Polystyrene spherules in coastal waters. **Science**, v. 178, n. 4062, p. 749-750, 1972.

COLE, M. et al. Microplastic ingestion by zooplankton. **Environmental Science & Technology**, v. 47, p. 6646–6655, 2013.

CORRÊA, L. B. Impactos ambientais e vulnerabilidade de lagoas costeiras urbanizadas no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 3, p. 1245–1261, 2022.

CORRÊA, L. F. **Ocorrência e distribuição de microplásticos nos sedimentos de fundo, margem e nas águas superficiais do sistema lagunar Maricá-Guarapina (RJ)**. 2022. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2022.

COSTA, L. L. et al. Multiple species ingest microplastic but few reflect sediment and water pollution on sandy beaches: A baseline for biomonitoring. **Marine Pollution Bulletin**, v. 193, p. 115235, 2023.

DE FALCO, F. et al. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2019.

GARRONE-NETO, D.; RODRIGUES, A. *Megalops atlanticus* Valenciennes, 1847 (Elopiformes, Megalopidae): new records for the state of São Paulo, with comments on its occurrence in the southeastern coast of Brazil, Southwest Atlantic. **Check List**, v. 14, p. 323-327, 2018.

Esgoto e acúmulo de lixo intensificam mau cheiro na Lagoa da Jansen, em São Luís. **G1 MA**, 11 nov. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2022/11/11/esgoto-e-acumulo-de-lixo-intensificam-mau-cheiro-na-lagoa-da-jansen-em-sao-luis.ghtml>. Acesso em: 28 dez. 2025.

GESAMP. Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean. **Journal series GESAMP Reports and Studies**, v. 99, p. 130, 2019.

GONÇALVES, P. R. **Diagnóstico, desafios e caminhos da conservação e uso sustentável das zonas costeiras e marinhas do Brasil: agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**, ODS-14. [S. l.]: [s. n.], 2021.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

KANE, Ian A.; CLARE, Michael A. Dispersion, accumulation, and the ultimate fate of microplastics in deep-marine environments: a review and future directions. **Frontiers in earth science**, v. 7, p. 80, 2019.

MA, H. et al. Microplastics in aquatic environments: toxicity to trigger ecological consequences. **Environmental Pollution**, v. 261, p. 114089, 2020.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Volume VI – Peixes**. Brasília, DF: MMA/ICMBio, 2018.

MONTAGNER, C. C. et al. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química Nova**, v. 44, n. 10, p. 1328-1352, 2021.

MURPHY, F. et al. Wastewater treatment works (WWTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. **Environ. Sci. Technol.**, v. 50, p. 5800–5808, 2016.

NAPPER, I. E.; THOMPSON, R. C. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 112, n. 1-2, p. 39-45, 2016.

PLASTICS EUROPE. **The fact 2020**. Belgium, v. 6, n. 6, p. 15-17, jun. 2021. Disponível em: <https://plasticseurope.org/resources/publications/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

PRATA, J. C. et al. Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 110, p. 150-159, 2019.

ROCHA-SANTOS, T.; DUARTE, A. C. A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 65, p. 47-53, 2015.

SILVA-CAVALCANTI, J. S. et al. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. **Environmental pollution**, v. 221, p. 218-226, 2017.

TAYLOR, S. M.; LOEW, E. R.; GRACE, M. S. Developmental shifts in functional morphology of the retina in Atlantic tarpon, *Megalops atlanticus* (Elopomorpha: Teleostei) between four ecologically distinct life-history stages. **Vis. Neurosci.**, v. 28, p. 309-323, 2011.

THOMPSON, R. C. et al. Perdidos no mar: onde está todo o plástico? **Science**, v. 304, n. 5672, p. 838-838, 2004.

VAN RENSBURG, M. L.; S'PHUMELELE, L.N; DUBE, T. The 'plastic waste era'; social perceptions towards single-use plastic consumption and impacts on the marine environment in Durban, South Africa. **Applied Geography**, v. 114, p. 102132, 2020.

## 5 CAPÍTULO 1: Microplásticos no estômago e no músculo de *Megalops atlanticus* (Valenciennes, 1847) em uma laguna costeira urbanizada do Nordeste do Brasil

Graziela Santos Leite<sup>1</sup>, Marcelo Henrique Lopes Silva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Curso de Oceanografia, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, São Luís, Maranhão, Brasil.

<sup>2</sup>Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros (LABIRPesq), Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, São Luís, Maranhão, Brasil.

### Abstract

Microplastics (MPs) are emerging contaminants widely dispersed in aquatic ecosystems and can be accidentally ingested by various organisms. Their presence is intensified in urbanized areas, such as the Jansen Lagoon in São Luís (MA), due to the discharge of domestic effluents and the irregular disposal of solid waste, which compromise environmental quality and directly affect aquatic fauna. This research aimed to investigate the presence of microplastics in the stomach contents and muscle tissue of *Megalops atlanticus* (pirapema) captured in the Jansen Lagoon, São Luís, Maranhão. Specimens of *M. atlanticus* were acquired from artisanal fishermen in the Jansen Lagoon in January, May, and October 2025. After capture, the fish were stored in thermal boxes with ice and transported to the Laboratory of Ichthyology and Fisheries Resources (LABIRPesq – UFMA). In the laboratory, the specimens were measured (cm) and weighed (g). The tissues were removed using a scalpel, and the stomachs were removed by longitudinal incision and placed in previously sanitized glass jars. Microplastic extraction was performed using chemical digestion with a 10% potassium hydroxide solution (KOH), followed by vacuum filtration through glass microfilters (0.6 µm). The retained particles were analyzed under a stereomicroscope, allowing for the identification, quantification, and classification of microplastics according to morphological type and color. Sixty-nine individuals of *M. atlanticus* were analyzed, with microplastics present in 97.10% of the samples. In total, 478 particles were identified, predominantly fibers (66%; n = 317), followed by fragments (34%; n = 161). The observed contamination is possibly related to the proximity of the study area to urban centers, as well as the inadequate disposal of effluents and solid waste. The high occurrence of microplastics in specimens of *M. atlanticus* (97.10%) indicates a contamination situation in the Jansen Lagoon. The predominance of fibers suggests sources related to textile waste, domestic effluents, and fishing activities, highlighting the urgency of measures aimed at controlling pollution in the area.

**Keywords:** Environmental pollution; urban ecosystems; pirapema; contamination, solid waste, Jansen Lagoon.

## Resumo

Os microplásticos (MPs) são contaminantes emergentes amplamente dispersos nos ecossistemas aquáticos, podendo ser ingeridos acidentalmente por diversos organismos. Sua presença é intensificada em áreas urbanizadas, como a Laguna da Jansen, em São Luís (MA), devido ao lançamento de efluentes domésticos e ao descarte irregular de resíduos sólidos, que comprometem a qualidade ambiental e afetam diretamente a fauna aquática. Esta pesquisa teve como objetivo investigar a presença de microplásticos no conteúdo estomacal e no tecido muscular de *Megalops atlanticus* capturados na Laguna da Jansen, São Luís, Maranhão. Os exemplares de *M. atlanticus* (pirapema) foram adquiridos junto a pescadores artesanais da Laguna da Jansen, em janeiro, maio e outubro de 2025. Após a captura, os peixes foram acondicionados e transportados ao Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros (LABIRPesq). Em laboratório, os espécimes foram medidos (cm) e pesados (g). Os tecidos foram retirados com auxílio de bisturi e os estômagos foram removidos por incisão longitudinal e acondicionados em frascos de vidro previamente higienizados. Para a extração dos microplásticos, empregou-se digestão química com solução de hidróxido de potássio (KOH a 10%), seguida por filtração a vácuo em microfiltros de vidro (0,6 µm). As partículas retidas foram analisadas em microscópio estereoscópico, permitindo a identificação, quantificação e classificação dos microplásticos quanto ao tipo morfológico e à cor. Foram analisados 69 indivíduos de *M. atlanticus*, com ocorrência de microplásticos em 97,10% das amostras. No total, foram identificadas 478 partículas, predominantemente fibras (66%; n = 317), seguidas por fragmentos (34%; n = 161). A contaminação observada está possivelmente relacionada à proximidade da área de estudo com centros urbanos, bem como ao descarte inadequado de efluentes e resíduos sólidos. A elevada ocorrência de microplásticos nos exemplares de *M. atlanticus* (97,10%) evidencia um quadro de contaminação na Laguna da Jansen. A predominância de fibras sugere fontes relacionadas a resíduos têxteis, efluentes domésticos e atividades pesqueiras, destacando a urgência de medidas voltadas ao controle da poluição na área.

**Palavras-chave:** poluição ambiental; ecossistemas urbanos; pirapema; contaminação, resíduos sólidos, Laguna da Jansen.

### 5.1 Introdução

A poluição por plásticos consolidou-se, nas últimas décadas, como um dos principais desafios ambientais globais, com impactos particularmente relevantes nos ecossistemas aquáticos (Derraik, 2002; Geyer *et al.*, 2017). A elevada produção desses materiais, associada ao descarte inadequado e à sua persistência no ambiente, favorece sua fragmentação e dispersão, resultando no acúmulo de partículas plásticas em diferentes compartimentos ambientais, incluindo águas superficiais, sedimentos e organismos aquáticos (Andrady, 2011; Jambeck *et al.*, 2015).

Os microplásticos (MPs) são definidos como partículas sólidas sintéticas com dimensões inferiores a 5 mm, originadas tanto da fragmentação de resíduos plásticos maiores, denominados microplásticos secundários, quanto da produção intencional para aplicações industriais e domésticas, conhecidos como

microplásticos primários (Frias & Nash, 2019; Hartmann *et al.*, 2019). Essas partículas apresentam ampla diversidade de formas, cores e composições poliméricas, como polietileno, polipropileno e poliestireno, características que influenciam sua dinâmica ambiental, persistência e potencial de interação com organismos aquáticos (Lusher *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2018).

Ambientes costeiros urbanizados são particularmente vulneráveis à contaminação por microplásticos em razão do aporte contínuo de resíduos sólidos, do lançamento de efluentes domésticos e industriais e da intensa pressão antrópica associada ao crescimento urbano desordenado (Rochman *et al.*, 2015; Akdogan & Guven, 2019). Lagoas costeiras, por sua dinâmica hidrológica restrita e limitada capacidade de renovação da água, tendem a atuar como áreas de retenção desses contaminantes, favorecendo seu acúmulo e aumentando a disponibilidade de MPs para a biota aquática (Barlow *et al.*, 2018; Corrêa, 2022).

Diversos estudos têm relatado a presença de microplásticos em organismos aquáticos, incluindo peixes, os quais são frequentemente utilizados como bioindicadores por refletirem a disponibilidade ambiental desses contaminantes e sua incorporação ao longo das cadeias tróficas (Avio *et al.*, 2015; Galloway *et al.*, 2017). Além disso, a ingestão de microplásticos por espécies destinadas ao consumo humano estabelece uma conexão direta entre a contaminação ambiental e potenciais riscos à saúde pública, reforçando a relevância desse tema no contexto da segurança alimentar (Rochman *et al.*, 2015; Wright & Kelly, 2017).

Apesar do avanço das pesquisas sobre microplásticos em ambientes marinhos e estuarinos, ainda existem lacunas significativas quanto à ocorrência desses contaminantes em lagoas costeiras tropicais, especialmente em áreas urbanizadas do litoral brasileiro, onde a maior parte dos estudos permanece concentrada em praias e baías abertas (Carvalho *et al.*, 2020; Castro *et al.*, 2024). Essa limitação compromete a compreensão da magnitude da contaminação nesses sistemas e dificulta a elaboração de diagnósticos ambientais mais abrangentes.

A Laguna da Jansen, localizada na Região Metropolitana de São Luís, Maranhão, insere-se nesse contexto como um ambiente costeiro urbanizado submetido à intensa pressão antrópica. A proximidade com áreas densamente

ocupadas, aliada à influência de atividades urbanas e ao aporte contínuo de resíduos sólidos e efluentes domésticos, torna esse sistema potencialmente vulnerável ao acúmulo de microplásticos, com possíveis implicações para a qualidade ambiental e a fauna associada.

O *Megalops atlanticus* (Valenciennes, 1847) é uma espécie amplamente distribuída no Atlântico, ocorrendo em ambientes costeiros e de transição, incluindo lagoas e estuários. Trata-se de um peixe de elevada relevância ecológica e socioeconômica, explorado tanto pela pesca artesanal quanto esportiva, e que apresenta ampla tolerância a variações ambientais, o que o torna um modelo adequado para estudos de contaminação ambiental em ecossistemas costeiros (Crabtree *et al.*, 1995; Shenker *et al.*, 2002; Ault, 2007).

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo avaliar a ocorrência de microplásticos em tecidos musculares e estômagos de *Megalops atlanticus* oriundos de uma laguna costeira urbanizada da Região Metropolitana de São Luís, Maranhão, Brasil, contribuindo para o diagnóstico da contaminação por esses poluentes em ambientes costeiros tropicais.

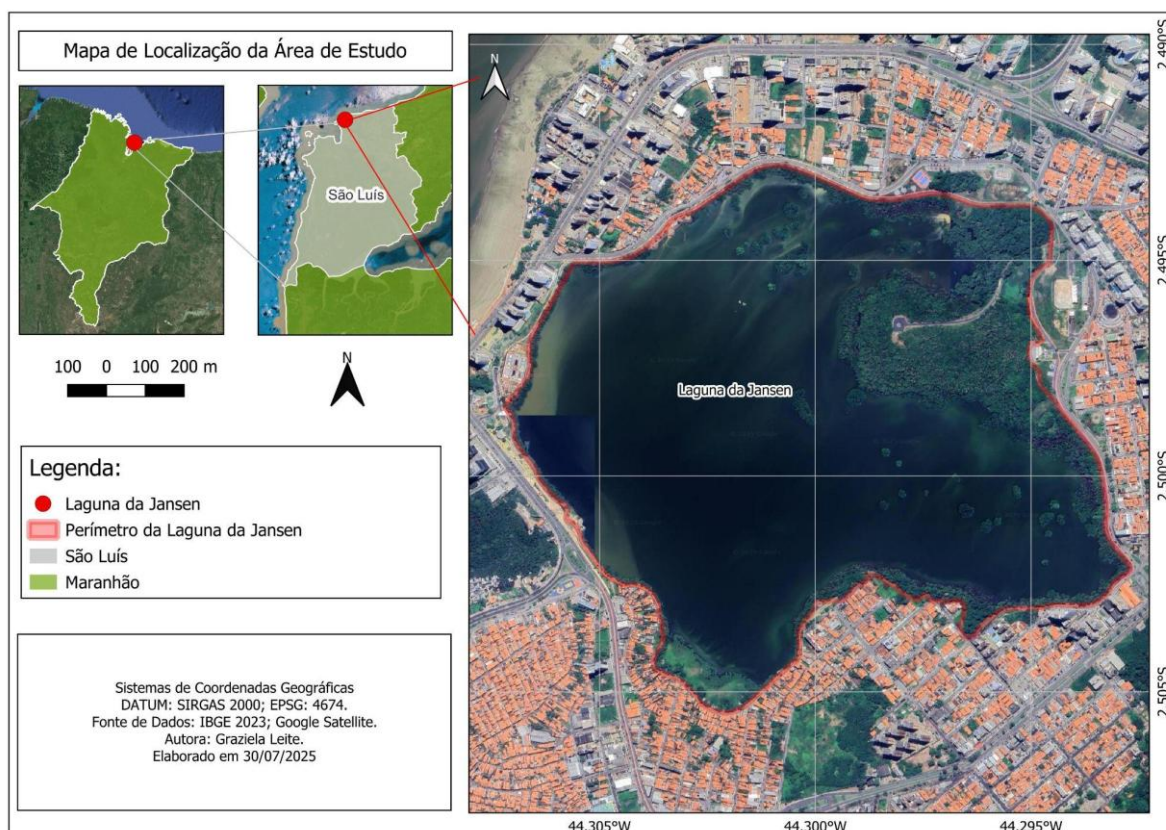
## **5.2 Material e Métodos**

### **Área de estudo**

A laguna da Jansen está localizada no perímetro urbano da parte ocidental da Ilha de São Luís- Maranhão (Figura 1). Designada como uma Unidade de Conservação Estadual de Proteção Integral, foi estabelecida em 23 de junho de 1988 pela Lei Ordinária nº 4.878, conhecida como Parque Ecológico da Lagoa da Jansen, com o objetivo de preservar as áreas de mangue ainda presentes (MARANHÃO, 1988). Apesar de ser chamada de "lagoa", ela é, na verdade, uma "laguna", pois apresenta características marinhas devido à sua ligação com o mar por meio de um canal de drenagem controlado por comportas, que permitem a renovação da água somente durante as marés de sizígia (Silva, 2021).

Inserida em uma área metropolitana valorizada no mercado imobiliário, a laguna é cercada pelos bairros São Francisco, Renascença I e II, Ponta d'Areia e Ponta do Farol (Viégas, 1996). De acordo com Silva (2021), observa-se diversos resíduos descartados, de forma inadequada nas proximidades da

laguna, resultantes do despejo irregular de esgoto bruto nos sistemas de drenagem pluvial ao longo de muitos anos. Esse problema é agravado pela impermeabilização do solo ao redor da laguna, causada pela construção de moradias, aterros, remoção indiscriminada da vegetação e pavimentação de ruas, o que aumenta o escoamento superficial e contribui para o transporte desses resíduos para a laguna (Furtado, 2007).



**Figura 1:** Mapa da localização da Laguna da Jansen, São Luís- MA.

**Fonte:** Autoria Própria, (2025).

### **Obtenção das amostras**

Para análise da presença e caracterização dos microplásticos, foi utilizada a espécie *Megalops atlanticus*. Os exemplares (cadáveres) foram adquiridos nos meses de janeiro (período de transição), maio (período chuvoso) e outubro (período de estiagem) de 2025 mediante compra direta junto a pescadores artesanais que atuam na área da Laguna da Jansen. Os espécimes foram acondicionados e preservados no gelo, em seguida conduzidos para o Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros (LABIRPesq) da Universidade Federal do Maranhão.

Para a execução desta pesquisa, foi requerida autorização junto à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA), sob o processo SIGEP N° 2409120003, para a utilização de espécimes de peixes provenientes da Laguna da Jansen.

### **Processamento das amostras**

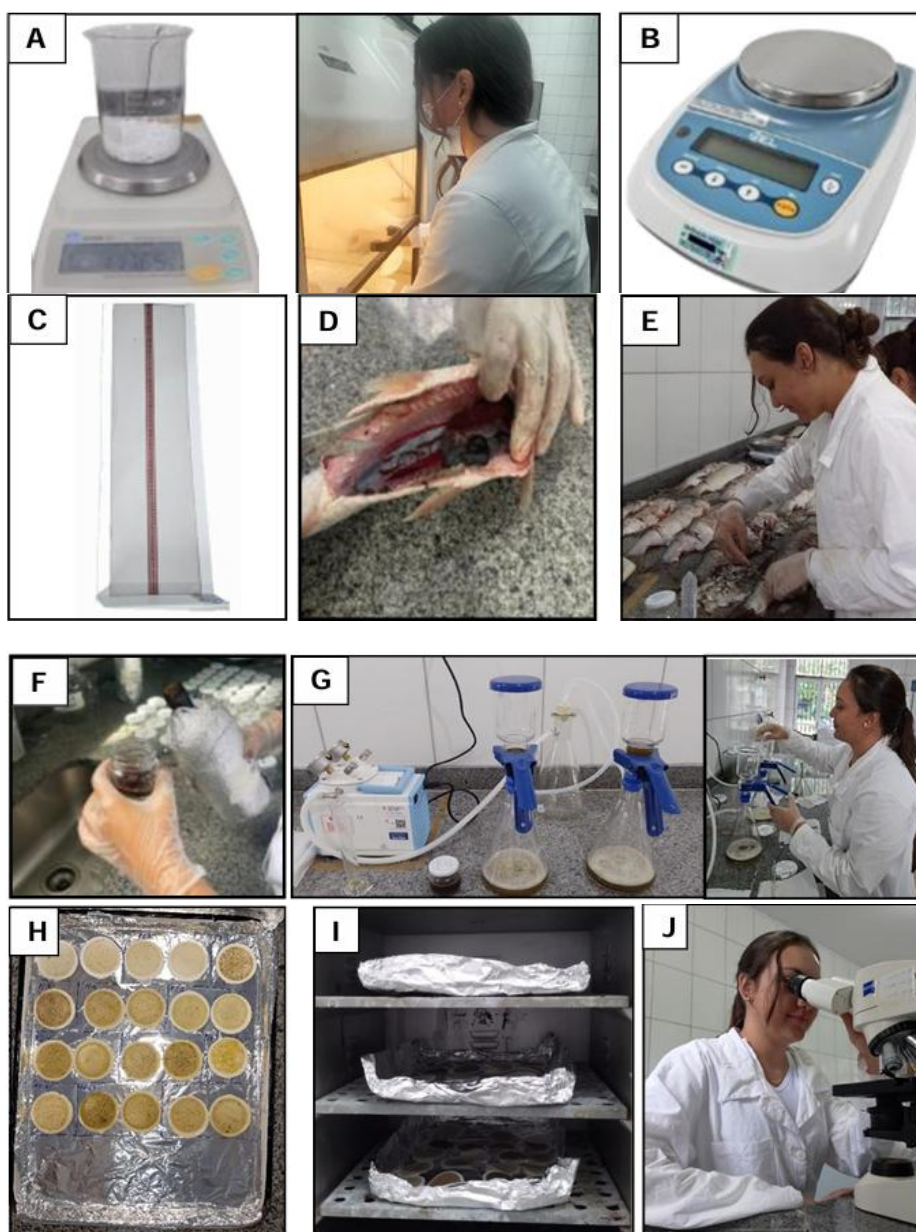
Em laboratório, os peixes foram identificados, até o nível de espécie, e cada exemplar foi pesado (g), com balança de precisão centesimal, e medido (cm), com ictiômetro de precisão decimal, para obtenção de peso total (Wt) e comprimento total (Lt) (Figura 2).

Um protocolo rígido de extração das amostras foi aplicado a fim de garantir a qualidade das análises. Para evitar a contaminação, todas as etapas foram desenvolvidas em local higienizado, buscando limitar o fluxo de pessoas, utilização de jalecos de algodão e luvas de látex descartáveis durante todo o processo.

Os tecidos foram retirados com auxílio de bisturi e os estômagos foram retirados, através de incisão longitudinal na região abdominal. Durante as etapas de processamento das amostras, observou-se a persistência de um odor forte emanado dos tecidos e do conteúdo estomacal, além da presença de endoparasitas em diversos exemplares.

Para o protocolo de separação dos microplásticos do restante do material orgânico, foi utilizado a aplicação da técnica de Dhimmer (2017) e Foekema (2013) com algumas adaptações. As amostras digeridas foram filtradas com bomba a vácuo, em microfiltro de vidro GF-3 Macherey-Nagel (~0,6µm) e logo após encaminhadas para estufa a 60°C, por 24 horas, para secagem dos filtros.

Utilizou-se um microscópio óptico com lente de aumento apropriada para a detecção de microplásticos. As partículas foram separadas de outros materiais ingeridos, contadas, classificadas de acordo com a forma e a cor, medidas em seu maior diâmetro com precisão de 0,001 mm e registradas por meio de fotografias.



**Figura 2** - Etapas da metodologia. A: Preparo da solução, B: Balança para coleta do peso total, C: Ictiômetro para coleta do comprimento total, D: Retirada do estômago, E: Filetagem dos tecidos musculares do peixe, F: Estômago imerso em solução de KOH, G: Filtragem, H: Filtros com conteúdo estomacal, I: Filtros na estufa, J: Leitura de filtros no microscópio.

### **Análise dos dados**

A porcentagem de frequência de ocorrência de microplásticos nos estômagos foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$FO\% = (Ni/N) \times 100$$

Onde FO% = frequência de ocorrência de partículas microplásticas; Ni = número de tratos gastrointestinais que continham partículas microplásticas; N = número total de tratos gastrointestinais examinados.

A associação entre as seguintes variáveis foi investigada por meio de correlação de classificação de Kendall, considerando: i) número de partículas microplásticas ingeridas e tamanho do corpo do peixe, ii) número de partículas microplásticas ingeridas e peso do peixe.

Para avaliar o estado de saúde dos peixes, foi utilizado o Índice de Fulton,

$$k = 100 \times \frac{W}{L^3}$$

conforme descrito por Nash *et al.* (2006), onde o índice de condição (K) é calculado utilizando o peso total (W) em gramas e o comprimento (L) em centímetros.

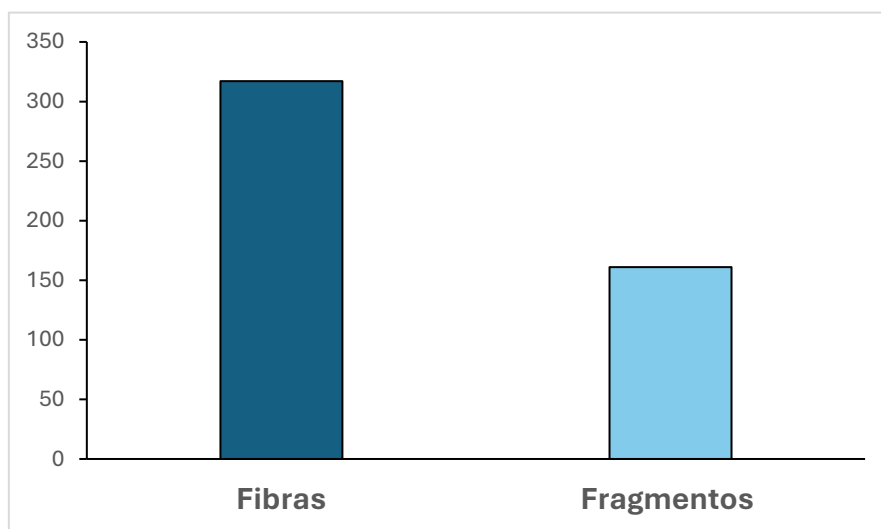
Os dados obtidos foram inicialmente tabulados e organizados em planilhas eletrônicas no software Microsoft Excel (versão 2019). Os testes estatísticos foram realizados apenas em amostras que continham partículas microplásticas nos tecidos, utilizando-se o software PAST (versão 4.03). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, foi aplicado o teste de Levene para verificar a homogeneidade das variâncias entre os grupos. Após a verificação da normalidade dos dados, foram aplicadas a ANOVA e o teste de Tukey para comparar a ingestão de plástico pelos organismos no período de transição, chuvoso e estiagem. Todas as análises foram realizadas adotando o nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ).

### 5.3 Resultados

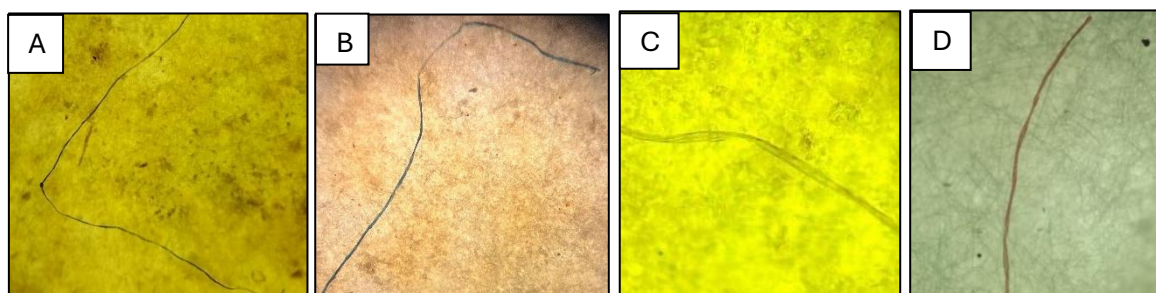
Foram analisados 69 indivíduos de *Megalops atlanticus*, provenientes de três campanhas com coletas realizadas no ano de 2025 em janeiro (n = 23), maio (n = 23) e outubro (n = 23). A ocorrência de microplásticos foi detectada em 97,10% dos espécimes analisados. Apenas a campanha de maio apresentou indivíduos (n= 2) sem a presença de partículas plásticas no tecido muscular, indicando elevada taxa de contaminação da espécie no ambiente estudado.

No total foram identificadas 478 partículas de microplásticos (Figura 3), classificadas em duas categorias principais: fibras e fragmentos. As fibras (Figura 4) constituíram a fração predominante, com 317 partículas (66%), indicando a maior representatividade desse tipo de poluente nas amostras analisadas, enquanto os fragmentos (Figura 5) totalizaram 161 partículas (34%). Esses resultados sugerem que diferentes categorias de microplásticos apresentam padrões de ocorrência distintos e reforçam a necessidade de

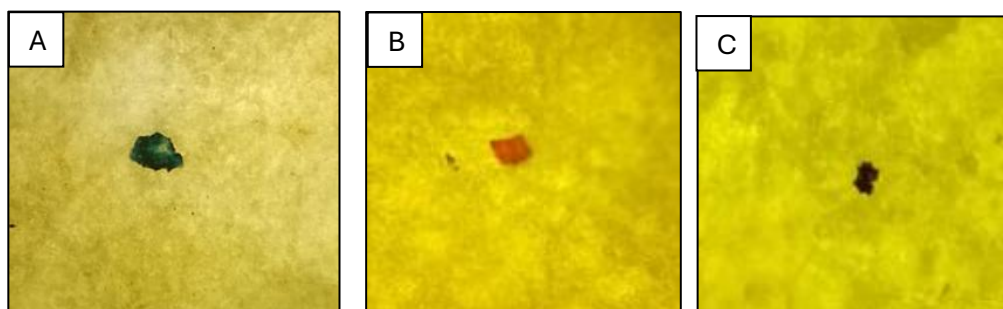
compreender suas potenciais fontes e efeitos sobre os organismos aquáticos e o ambiente.



**Figura 3** – Quantidade total de partículas de Microplásticos do tipo fibra e fragmentos.



**Figura 4** – Microplástico do tipo fibra encontrado nas amostras dos estômagos e tecido muscular da espécie do estudo. **A:** Preta, **B:** Azul, **C:** Transparente, **D:** Vermelha.



**Figura 5** – Microplástico do tipo fragmento encontrado nas amostras dos estômagos e tecido muscular da espécie do estudo. **A:** Azul, **B:** Vermelho, **C:** Preto.

A composição cromática das fibras de microplásticos registradas nos estômagos de *Megalops atlanticus* apresentou variação entre os períodos amostrados (Tabela 1). Ao longo das análises, foram identificadas fibras nas cores azul, preta, vermelha e incolor, com alterações nas proporções relativas entre as categorias.

**Tabela 1** – Valores absolutos e relativos (%) referentes à diversidade de fibras de microplásticos registradas nos estômagos de *Megalops atlanticus* coletados na Laguna da Jansen, São Luís (MA).

| Estômago     |           |             |           |             |           |             |
|--------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| Cor da fibra | jan/25    |             | mai/25    |             | out/25    |             |
| Azul         | 39        | 47,56%      | 31        | 77,50%      | 37        | 61,67%      |
| Preto        | 16        | 19,51%      | 0         | 0,00%       | 5         | 8,33%       |
| Vermelho     | 21        | 25,61%      | 8         | 20,00%      | 10        | 16,67%      |
| Incolor      | 6         | 7,32%       | 1         | 2,50%       | 8         | 13,33%      |
| <b>Total</b> | <b>82</b> | <b>100%</b> | <b>40</b> | <b>100%</b> | <b>60</b> | <b>100%</b> |

Em janeiro, foram registradas 82 fibras, com maior participação das partículas azuis (47,56%), seguidas pelas vermelhas (25,61%), pretas (19,51%) e incolores (7,32%). No mês de maio, o total de fibras foi inferior (n = 40), observando-se aumento expressivo na participação relativa das fibras azuis, que corresponderam a 77,50%, enquanto as fibras vermelhas representaram 20,00% e as incolores 2,50%, não sendo observada a ocorrência de fibras pretas. Em outubro, foram contabilizadas 60 fibras, mantendo-se a maior contribuição da cor azul (61,67%), seguida pelas fibras vermelhas (16,67%), incolores (13,33%) e pretas (8,33%).

Considerando o conjunto dos períodos analisados, as fibras azuis destacaram-se pela maior representatividade, enquanto as demais cores ocorreram em proporções inferiores e com flutuações entre os meses de coleta.

Quanto aos fragmentos de microplásticos, a distribuição cromática nos estômagos de *Megalops atlanticus* também variou entre os períodos amostrados (Tabela 2). Foram identificados fragmentos nas cores azul, preta e vermelha, com diferenças tanto nos valores absolutos quanto nas frequências relativas ao longo das coletas.

**Tabela 2** – Valores absolutos e relativos (%) referentes à diversidade de fragmentos de microplásticos registradas nos estômagos de *Megalops atlanticus* coletados na Laguna da Jansen, São Luís (MA).

| Estômago         |           |             |           |             |           |             |
|------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| Cor do fragmento | jan/25    |             | mai/25    |             | out/25    |             |
| Azul             | 29        | 78,38%      | 12        | 92,31%      | 22        | 76%         |
| Preto            | 3         | 8,11%       | 0         | 0,00%       | 0         | 0%          |
| Vermelho         | 5         | 13,51%      | 1         | 7,69%       | 7         | 24%         |
| <b>Total</b>     | <b>37</b> | <b>100%</b> | <b>13</b> | <b>100%</b> | <b>29</b> | <b>100%</b> |

Em janeiro, foram contabilizados 37 fragmentos, com ampla participação da cor azul (78,38%), seguida pelos fragmentos vermelhos (13,51%) e pretos (8,11%). No mês de maio, o número total de fragmentos foi reduzido (n = 13), sendo registrada elevada concentração relativa de fragmentos azuis (92,31%), enquanto os fragmentos vermelhos corresponderam a 7,69%, sem ocorrência de fragmentos pretos. Em outubro, foram identificados 29 fragmentos, novamente com maior contribuição da cor azul (76%), seguida pelos fragmentos vermelhos (24%), não sendo registrados fragmentos pretos.

Ao longo das coletas, os fragmentos azuis mantiveram-se como a categoria mais frequente, ao passo que os fragmentos pretos apresentaram ocorrência restrita e limitada ao mês de janeiro, evidenciando variações temporais na composição cromática dos fragmentos identificados.

A composição cromática das fibras de microplásticos identificadas nos músculos de *Megalops atlanticus* apresentou variação entre os períodos amostrados (Tabela 3). Foram registradas fibras nas cores azul, preta, vermelha e incolor em todos os meses de coleta, com diferenças nas frequências relativas entre as categorias.

Em janeiro, foram contabilizadas 59 fibras, com maior participação das fibras azuis (71,19%), seguidas pelas pretas (20,34%) e vermelhas (8,47%), não havendo registro de fibras incolores. No mês de maio, o total de fibras foi menor (n = 26), observando-se aumento na representatividade das fibras azuis, que corresponderam a 84,62%, enquanto as fibras pretas e vermelhas representaram, respectivamente, 3,85% e 7,69%, sendo registradas fibras incolores na mesma proporção (3,85%). Em outubro, foram identificadas 50 fibras, mantendo-se a predominância da cor azul (82,00%), seguidas pelas fibras pretas (6,00%), incolores (10,00%) e vermelhas (2,00%).

Considerando o conjunto dos períodos analisados, as fibras azuis destacaram-se pela maior frequência nos tecidos musculares, enquanto as fibras pretas, vermelhas e incolores ocorreram em proporções inferiores e com variações temporais entre os meses de coleta.

**Tabela 3** – Valores absolutos e relativos (%) referentes à diversidade de fibras de microplásticos registradas nos músculos de *Megalops atlanticus* coletados na Laguna da Jansen, São Luís (MA).

| Cor da fibra | Músculo   |             |           |             |           |             |
|--------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
|              | jan/25    |             | mai/25    |             | out/25    |             |
| Azul         | 42        | 71,19%      | 22        | 84,62%      | 41        | 82,00%      |
| Preto        | 12        | 20,34%      | 1         | 3,85%       | 3         | 6,00%       |
| Vermelho     | 5         | 8,47%       | 2         | 7,69%       | 1         | 2,00%       |
| Incolor      | 0         | 0,00%       | 1         | 3,85%       | 5         | 10,00%      |
| <b>Total</b> | <b>59</b> | <b>100%</b> | <b>26</b> | <b>100%</b> | <b>50</b> | <b>100%</b> |

Em relação aos fragmentos de microplásticos registrados nos músculos de *Megalops atlanticus*, a diversidade cromática foi mais restrita quando comparada às fibras, sendo identificadas apenas as cores azul, preta e vermelha (Tabela 4). As frequências absolutas e relativas desses fragmentos variaram entre os períodos analisados.

**Tabela 4** – Valores absolutos e relativos (%) referentes à diversidade de fragmentos de microplásticos registradas nos músculos de *Megalops atlanticus* coletados na Laguna da Jansen, São Luís (MA).

| Cor do fragmento | Músculo   |             |           |             |           |             |
|------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
|                  | jan/25    |             | mai/25    |             | out/25    |             |
| Azul             | 31        | 93,94%      | 21        | 95,45%      | 26        | 96%         |
| Preto            | 0         | 0,00%       | 0         | 0,00%       | 1         | 4%          |
| Vermelho         | 2         | 6,06%       | 1         | 4,55%       | 0         | 0%          |
| <b>Total</b>     | <b>33</b> | <b>100%</b> | <b>22</b> | <b>100%</b> | <b>27</b> | <b>100%</b> |

Em janeiro, foram contabilizados 33 fragmentos, com expressiva participação da cor azul (93,94%), seguida pelos fragmentos vermelhos (6,06%), não havendo registro de fragmentos pretos. No mês de maio, foram identificados 22 fragmentos, novamente com elevada representatividade dos fragmentos azuis (95,45%), enquanto os fragmentos vermelhos corresponderam a 4,55%, sem ocorrência de fragmentos pretos. Em outubro, foram registrados 27 fragmentos, mantendo-se a maior contribuição da cor azul (96%), com ocorrência de fragmentos pretos em baixa proporção (4%) e ausência de fragmentos vermelhos.

Os fragmentos azuis mantiveram-se amplamente dominantes nos tecidos musculares, enquanto os fragmentos pretos e vermelhos apresentaram ocorrência pontual e restrita a determinados períodos de amostragem.

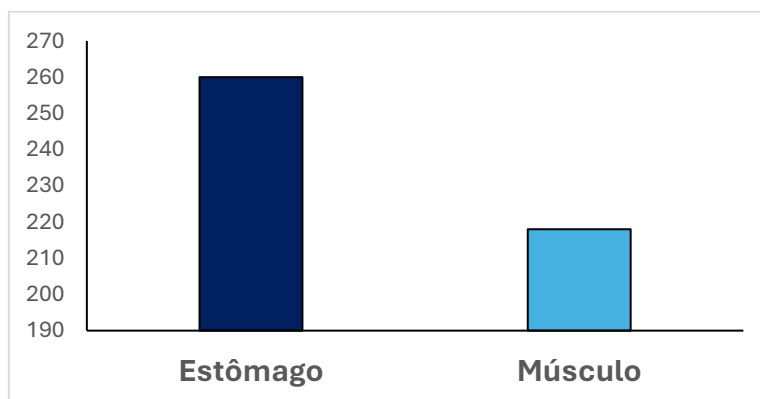
A análise integrada dos microplásticos identificados em tecidos musculares e estômagos de *Megalops atlanticus* evidenciou a predominância de fibras em relação aos fragmentos nos três períodos de amostragem (Tabela 5). Em janeiro de 2025, foram identificadas 141 fibras (66,82%) e 70 fragmentos (33,18%), totalizando 211 partículas. Em maio, observaram-se 66 fibras (65,35%) e 35 fragmentos (34,65%), perfazendo um total de 101 partículas. Em outubro foram contabilizadas 110 fibras (66,27%) e 56 fragmentos (33,23%) atingindo 166 partículas no total.

**Tabela 5** – Valores absolutos e relativos (%) referentes aos tipos de microplásticos encontrados em *Megalops atlanticus* coletados na Laguna da Jansen, São Luís (MA).

| Tipo de MP   | jan/25     |             | mai/25     |             | out/25     |             |
|--------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Fibra        | 141        | 66,82%      | 66         | 65,35%      | 110        | 66,27%      |
| Fragmento    | 70         | 33,18%      | 35         | 34,65%      | 56         | 33,73%      |
| <b>Total</b> | <b>211</b> | <b>100%</b> | <b>101</b> | <b>100%</b> | <b>166</b> | <b>100%</b> |

A análise quantitativa revelou a presença de microplásticos tanto no estômago como no tecido de *M. atlanticus* (Figura 6). No total, foram identificadas 260 partículas no estômago, representando a maior concentração por órgão. No tecido muscular, a contagem total foi de 218 partículas, indicando uma presença numérica inferior à encontrada no trato gastrointestinal, porém expressiva em comparação ao montante total de partículas detectadas no organismo dos espécimes.

**Figura 6** - Quantidade total de Microplásticos encontrados no estômago e no tecido muscular da espécie do estudo.



As análises morfométricas de *Megalops atlanticus* indicaram variações nos comprimentos e pesos entre os períodos amostrados (Tabela 6).

**Tabela 6-** Média e desvio padrão ( $\pm$ ) do comprimento total (Lt), peso total (Wt) e peso do estômago (Ws) de *Megalops atlanticus* coletados na Laguna da Jansen, São Luís (MA), nos períodos de janeiro, maio e outubro de 2025.

| Período | Lt (cm) | $\pm$ Desvio | Wt (g) | $\pm$ Desvio | Ws (g) | $\pm$ Desvio |
|---------|---------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|
| jan/25  | 54      | $\pm 5,5$    | 1219,9 | $\pm 404,2$  | 35,7   | $\pm 19,6$   |
| mai/25  | 57,5    | $\pm 4,9$    | 1415,6 | $\pm 387,5$  | 30     | $\pm 14,1$   |
| out/25  | 49,6    | $\pm 4,0$    | 941,3  | $\pm 219,6$  | 35,9   | $\pm 12,0$   |

Em janeiro de 2025, o comprimento total (Lt) variou de 41,9 a 62,9 cm, com média de 54,0 e desvio padrão ( $\pm$ ) 5,5 cm. O peso total (Wt) variou entre 554,67 e 2125,48 g, com média de 1219,9  $\pm$ 404,2 g, enquanto o peso do estômago (Ws) oscilou entre 6,39 e 76,11 g, resultando em média de 35,7  $\pm$  19,6g.

No mês de maio, o Lt variou de 40,6 a 59,7 cm, com média de 57,5  $\pm$ 4,9 cm. Os valores de Wt variaram entre 616,0 a 2431,03 g, com média de 1415,6 g  $\pm$  387,5 cm e o valor de Ws variou de 11,64 a 63,67 g, com média 30  $\pm$  14,1 g.

Já no mês de outubro, o Lt variou de 43,7 a 58,8, com média de 49,6 e  $\pm$  4,0 cm. Os valores de Wt variaram 581,1 a 1445,9 g, com média de 941,3,  $\pm$  219,6 e o valor de Ws variou de 15,4 a 65,3 g, com média de 35,9  $\pm$ 12,0g.

A análise de correlação de Kendall indicou ausência de correlação significativa entre o número de partículas microplásticas ingeridas e o tamanho do corpo do peixe (Tabelas 7), bem como entre o número de partículas ingeridas e peso total (Tabela 8). Os valores de  $\tau$  oscilaram próximos de zero em ambos os tecidos (estômago e músculo) e nos dois períodos analisados (janeiro, maio e outubro de 2025), variando de -0,123 a 0,17797.

**Tabela 7** - Valores do coeficiente  $\tau$  de Kendall para a relação entre o número de partículas microplásticas ingeridas e o comprimento total (Lt) de *Megalops atlanticus* nos meses de janeiro, maio e outubro de 2025, considerando estômago e músculo.

| ESTÔMAGO  |          |         | MÚSCULO |           |          |
|-----------|----------|---------|---------|-----------|----------|
| jan/25    | mai/25   | out/25  | jan/25  | mai/25    | out/25   |
| -0,050849 | 0,087287 | 0,02958 | 0,17797 | -0,091687 | 0,066421 |

**Tabela 8** - Valores do coeficiente  $\tau$  de Kendall para a relação entre o número de partículas microplásticas ingeridas e o peso total (*Wt*) de *Megalops atlanticus* nos meses de janeiro, maio e outubro de 2025, considerando estômago e músculo.

| ESTÔMAGO  |        |           | MÚSCULO |           |          |
|-----------|--------|-----------|---------|-----------|----------|
| jan/25    | mai/25 | out/25    | jan/25  | mai/25    | out/25   |
| -0,038062 | -0,123 | -0,075612 | 0,1311  | -0,082627 | -0,11445 |

A avaliação conjunta do índice de condição de Fulton (K) e da ingestão de microplásticos por *Megalops atlanticus* revelou ampla variação entre os indivíduos amostrados (Tabela 9). Em janeiro, os valores de K oscilaram entre 0,57 e 0,85, enquanto o número de partículas ingeridas variou de 3 a 14 MPs por indivíduo. No mês de maio, os valores de K situaram-se entre 0,67 e 0,92, com ingestão de 0 a 12 MPs. Já em outubro os valores de K variaram entre 0,77 e 0,98, a ingestão oscilou entre 4 a 12.

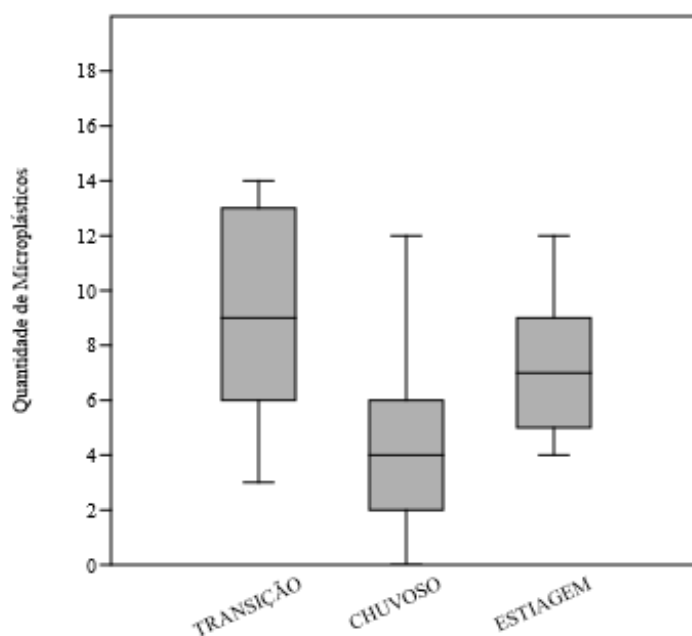
**Tabela 9** - Valores do índice de condição de Fulton (K) e número de partículas microplásticas ingeridas por *Megalops atlanticus* nos períodos de transição (janeiro), chuvoso (maio) e estiagem (outubro) de 2025.

| JANEIRO |         |           |    | MAIO |         |           |    | OUTUBRO |         |             |    |
|---------|---------|-----------|----|------|---------|-----------|----|---------|---------|-------------|----|
| C.T     | Peso    | K         | MP | C.T  | Peso    | K         | MP | C.T     | Peso    | K           | MP |
| 59,0    | 1678,31 | 0,8171770 | 11 | 40,6 | 616,02  | 0,9204850 | 2  | 43,7    | 667,48  | 0,799823106 | 10 |
| 62,9    | 2125,48 | 0,8540929 | 9  | 44,3 | 632,12  | 0,7270930 | 12 | 48,9    | 899,35  | 0,769134269 | 7  |
| 60,1    | 1556,36 | 0,7169463 | 10 | 53,3 | 1064,75 | 0,7031792 | 4  | 49,1    | 912,08  | 0,770528055 | 5  |
| 60,3    | 1776,17 | 0,8100887 | 7  | 54,2 | 1190,86 | 0,7479333 | 3  | 46,8    | 832,18  | 0,811857328 | 12 |
| 56,5    | 1485,74 | 0,8237539 | 11 | 57,7 | 1378,27 | 0,7174752 | 4  | 47,3    | 854,34  | 0,807322987 | 5  |
| 57,1    | 1505,01 | 0,8084089 | 6  | 54,2 | 1072,01 | 0,6723882 | 2  | 47,5    | 828,79  | 0,77332789  | 4  |
| 51,6    | 932,55  | 0,6787706 | 14 | 60,3 | 1590,36 | 0,7253431 | 0  | 49,5    | 938,58  | 0,773848061 | 6  |
| 58,9    | 1206,58 | 0,5904869 | 14 | 57   | 1177,23 | 0,6356774 | 8  | 45,6    | 796,25  | 0,839759484 | 4  |
| 56,3    | 1418,58 | 0,7949296 | 13 | 55,2 | 1163,20 | 0,6915716 | 6  | 50,6    | 1025,76 | 0,791761188 | 8  |
| 58,1    | 1647,09 | 0,8398253 | 6  | 62,1 | 1744,50 | 0,7284440 | 6  | 46,6    | 838,63  | 0,828729205 | 8  |
| 49,1    | 867,70  | 0,7330357 | 6  | 56,3 | 1232,66 | 0,6097456 | 1  | 48,4    | 892,01  | 0,78674436  | 5  |
| 61,3    | 1710,04 | 0,7423776 | 14 | 56   | 1224,53 | 0,6872270 | 8  | 46,1    | 760,43  | 0,776169309 | 6  |
| 41,9    | 554,67  | 0,7540369 | 8  | 56,2 | 1203,90 | 0,6762370 | 4  | 55,2    | 581,08  | 0,345476646 | 11 |
| 48,3    | 835,73  | 0,7416937 | 10 | 53,8 | 1177,24 | 0,7559392 | 7  | 46,1    | 928,58  | 0,947799662 | 7  |
| 47,1    | 829,14  | 0,7935333 | 13 | 55,7 | 1384,27 | 0,8010419 | 2  | 55      | 1290,49 | 0,77565139  | 7  |
| 51,7    | 1054,42 | 0,7630307 | 9  | 56   | 1265,34 | 0,7205152 | 4  | 47,7    | 852,12  | 0,785137321 | 10 |
| 56,3    | 1140,45 | 0,6390739 | 3  | 61,2 | 1703,77 | 0,7432876 | 3  | 48,2    | 802,27  | 0,716439361 | 7  |
| 48,2    | 860,44  | 0,7683861 | 14 | 64   | 1936,85 | 0,7398436 | 0  | 54,6    | 1422,36 | 0,87383936  | 8  |
| 55,3    | 1256,45 | 0,7429675 | 9  | 57,2 | 1418,10 | 0,7573748 | 6  | 52,4    | 1191,10 | 0,827855167 | 7  |
| 54,4    | 929,06  | 0,5770947 | 7  | 69,2 | 2431,03 | 0,7336215 | 8  | 46,1    | 784,32  | 0,800553782 | 7  |
| 51,5    | 987,04  | 0,7226251 | 6  | 65,2 | 2045,55 | 0,7380186 | 2  | 58,8    | 1036,49 | 0,509839099 | 9  |
| 49,8    | 866,43  | 0,7015287 | 8  | 58,2 | 1569,31 | 0,7964858 | 5  | 56,4    | 1445,87 | 0,805920002 | 4  |
| 47,4    | 833,60  | 0,7827493 | 3  | 59,7 | 1729,67 | 0,8120959 | 4  | 50,4    | 1069,57 | 0,835444499 | 9  |

A análise da ingestão de plásticos revelou que os dados apresentam distribuição normal e variâncias homogêneas. A aplicação da ANOVA demonstrou variações significativas entre os períodos amostrais ( $F= 15,71$ ;  $p < 0,001$ ).

A figura 7 demonstra os resultados do teste de Tukey indicando que o período chuvoso apresentou a menor média de ingestão (4,52 partículas/ind.), sendo estatisticamente diferente tanto da transição ( $p < 0,001$ ) quanto da estiagem ( $p = 0,004$ ). O período de transição registrou a maior média absoluta (9,34 partículas/ind.), embora não tenha apresentado diferença significativa em relação à estiagem (7,30 partículas/ind.;  $p = 0,065$ ).

**Figura 7-** Quantidade de microplásticos ingeridos nos três períodos de coleta: transição (janeiro), chuvoso (maio) e estiagem (outubro) de 2025.



#### 5.4 Discussão

A predominância de fibras como a principal morfologia de microplásticos (MPs) encontrada corrobora a tendência global reportada por Abidli *et al.* (2017). A análise comparativa entre os órgãos revelou que o estômago concentrou um volume superior de partículas em todas as campanhas (82 em janeiro, 40 em maio e 60 em outubro) quando comparado ao tecido muscular (59, 26 e 50, respectivamente). Esse maior acúmulo no trato digestório está em consonância com os achados de Carvalho *et al.* (2023), que identificaram elevada prevalência de fibras (58,33%) em *Sciades herzbergii*. Da mesma forma, a menor ocorrência

de partículas no tecido muscular verificada neste estudo ratifica os dados de Gao *et al.* (2023), que apontam a musculatura como uma região de menor deposição plástica em relação aos outros tecidos. Segundo Parvin *et al.* (2021), os fragmentos podem estar relacionados com espumas e itens de plásticos lançados na água que ao longo do tempo sofrem deterioração.

Apesar da diferença quantitativa, a predominância de fibras azuis foi consistente em ambos os tecidos, sugerindo uma homogeneidade na oferta desse poluente no ecossistema, conforme observado por Lopes *et al.* (2023). A predominância de fibras azuis sugere uma forte influência de efluentes domésticos urbanos, visto que essa coloração e morfologia são subprodutos típicos da degradação de têxteis sintéticos durante lavagens de roupas (De Falco *et al.*, 2019; Edo *et al.*, 2020). Ademais, embora tenha ocorrido redução no número absoluto de partículas entre janeiro e maio, a proporção relativa entre fibras e fragmentos permaneceu estável (variação < 2%). Essa constância demonstra que as fibras constituem a categoria mais representativa e persistente na Laguna da Jansen, independentemente da sazonalidade, convergindo com os cenários descritos por Bellas *et al.* (2016), Dhimmer (2017) e Riaz *et al.* (2023).

Um ponto crítico identificado foi a presença de MPs no tecido muscular. A detecção de partículas nessa região sugere que os microplásticos não eliminados pelo estômago sofreram translocação, sendo absorvidos e transferidos para a musculatura. De acordo com Farrell e Nelson (2013) e Andrade *et al.* (2019), esse processo de transferência tecidual possibilita a biomagnificação dos MPs ao longo da teia trófica, elevando a contaminação desde consumidores primários até predadores de topo.

Essa realidade na Laguna da Jansen reflete o impacto direto do lançamento de efluentes e da hidrodinâmica local. A entrada de esgoto sem tratamento e a conexão com o canal de drenagem marinho (comportas) são as principais fontes de contaminação na região de estudo. Conforme discutido por Olarinmoye *et al.* (2020) e Du *et al.* (2021), a introdução de microplásticos em sistemas aquáticos é potencializada por fontes terrestres e chuvas.

Nesse cenário, a insalubridade da Laguna da Jansen revela um estágio avançado de degradação ambiental, caracterizado pelo processo de eutrofização acelerada. Conforme aponta Braga *et al.* (2002), o excesso de

matéria orgânica proveniente desses efluentes desencadeia uma camada inferior anóxica, onde a ausência de oxigênio e a decomposição anaeróbia resultam na liberação de gases como metano e gás sulfídrico, responsáveis pelo odor desagradável característico da área. Segundo Braga *et al.* (2002) e Luz (2017) como consequência do processo de eutrofização, ocorre a diminuição da diversidade biológica, devido ao fato de poucas espécies serem tolerantes as condições adversas geradas nos ecossistemas aquáticos.

Conforme destacado por Fossi *et al.* (2018), a presença desses polímeros em tecidos comestíveis de peixes comerciais representa um risco à saúde humana, devido à transferência de contaminantes químicos associados ao plástico.

No contexto da Laguna da Jansen, a baixa taxa de renovação hídrica e o confinamento antropogênico podem atuar como um reator de concentração para esses poluentes, facilitando o contato direto com o *Megalops atlanticus*. Segundo Bruck (2019) e Farias (2023) além do dano físico como a obstrução do trato digestivo, lesões nos tecidos gastrointestinais e acúmulo de substâncias tóxicas na cadeia alimentar (Rochman *et al.*, 2014; Batel *et al.*, 2016), a porosidade dessas fibras pode facilitar a adsorção de poluentes químicos presentes na coluna d'água, potencializando a toxicidade sistêmica após a translocação para o tecido muscular.

Quanto aos parâmetros biométricos, os resultados da correlação de Kendall demonstram que a ingestão de MPs não apresenta relação direta com o comprimento ou peso dos espécimes. Isso sugere um processo de ingestão aleatório, condicionado mais pela disponibilidade do resíduo no ambiente do que pelo porte do animal, assemelhando-se aos achados de Vendel *et al.*, (2017) e Carvalho (2024). Contudo, embora a condição corporal não apresente correlação imediata, estudos de Pinheiro *et al.*, (2017) e da Luz (2018) alertam que a ingestão crônica de MPs gera danos físicos e fisiológicos que podem, a longo prazo, comprometer a absorção de nutrientes.

Observou-se uma variação sazonal significativa, com maiores índices em janeiro e outubro (transição/estiagem) em comparação a maio (período chuvoso). A redução na ingestão durante o período de chuvas, confirmada pelo teste de Tukey, sugere um efeito de dispersão dos resíduos devido ao aumento do volume hídrico e da hidrodinâmica. Em contrapartida, os picos nos períodos

de menor pluviosidade, validados pela ANOVA, indicam que a estabilidade ambiental favorece a concentração desses poluentes, elevando a taxa de encontro entre a biota e os contaminantes. A ausência de diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre os períodos de transição e estiagem reforça que a carga de resíduos permanece elevada e constante na maior parte do ano, sofrendo decréscimo apenas sob influência de regimes pluviométricos intensos, corroborando o padrão sazonal descrito por Silva *et al.* (2024).

## 5.5 Conclusão

O estudo confirmou a alta vulnerabilidade do *Megalops atlanticus* à poluição por microplásticos na Laguna da Jansen, com uma taxa de ocorrência de 97,10%. A presença de 260 partículas no estômago e 218 no tecido muscular indica um processo de translocação sistêmica, evidenciando que a contaminação ultrapassa o trato digestivo e atinge as partes comestíveis do peixe, o que representa um risco potencial à saúde humana.

A predominância de fibras azuis aponta o esgoto doméstico como principal fonte poluidora, enquanto a análise sazonal revelou que os períodos de transição e estiagem são os de maior incidência. A ausência de correlação entre a ingestão e o porte do animal indica uma contaminação ambiental generalizada. Diante desse cenário, tornam-se urgentes melhorias no saneamento básico e no monitoramento da biota local para mitigar os impactos ecológicos e os riscos à segurança alimentar na região.

## 5.6 Referências

ABIDLI, S. et al. The First Evaluation of Microplastics in Sediments from the Complex Lagoon-Channel of Bizerte (Northern Tunisia). **Water Air Soil Pollut**, v. 228, n. 7, p. 1-10, jul. 2017.

AKDOGAN, Z.; GUVEN, B. Microplastics in the environment: A critical review of current understanding and identification of future research needs. **Environmental Pollution**, v. 254, p. 113011, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113011>.

ANDRADE, M. C. et al. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other

serrasalmids with diverse feeding habits. **Environmental Pollution**, v. 244, p. 766–773, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.088>. Acesso em: 26 set. 2025.

AULT, J. S. **Biology and management of the world tarpon and bonefish fisheries**. Boca Raton: CRC Press, 2007.

AUTA, H. S.; EMENIKE, C.; FAUZIAH, S. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. **Environment International**, v. 102, p. 165–176, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>. Acesso em: 26 set. 2025.

AVIO, C. G.; GORBI, S.; REGOLI, F. Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea. **Marine Environmental Research**, v. 111, p. 18–26, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.014>.

BATEL, A. et al. Transfer of benzo [a] pyrene from microplastics to *Artemia nauplii* and further to zebrafish via a trophic food web experiment: CYP1A induction and visual tracking of persistent organic pollutants. **Environ Toxicol Chem**, v. 35, n. 7, p. 1656-1666, 2016. doi: 10.1002/etc.3361.

BELLAS, J. et al. Ingestion of microplastics by demersal fish by the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. **Marine Pollution Bulletin**, v. 109, n. 1, p. 55-60, 2016.

BOUCHER, J.; FRIOT, D. **Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources**. Gland, Switzerland: IUCN, 2017.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

BRUCK, S. C.; FERREIRA, G. K.; MACHADO, G. S. Conscientização ambiental de estudantes sobre o descarte correto de plásticos. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 71., 2019, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBPC, 2019.

CARVALHO, A. S. **Avaliação da ictiofauna na região portuária de São Luís:** caracterização ecológica, pesqueira e contaminação por microplásticos. 2024. 71 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2024.

CARVALHO, D. G.; BAPTISTA NETO, J. A.; SILVA, P. S. Microplastic pollution in coastal environments: A review of methods, occurrence and effects. **Marine Pollution Bulletin**, v. 150, p. 110733, 2020.

CARVALHO, M. R. **Análise da presença de microplásticos em *Sciades herzbergii* (Block, 1794), capturado na região do Terminal de Uso Privado da Alumar, São Luís, Maranhão.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Oceanografia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2023.

CASTRO, A. C. L. et al. Aspectos da dinâmica populacional para duas espécies de perciformes (*Genyatremus luteus* e *Macrodon ancylodon*) a partir da pesca de tapagem em um ambiente de macromaré pertencente à costa amazônica. **Revista Delos**, v. 17, n. 51, p. 49-73, 2024.

CASTRO, A. C. L. et al. Microplastic contamination in fish from tropical coastal environments: A Brazilian perspective. **Marine Pollution Bulletin**, v. 198, p. 115813, 2024.

CESA, F. S.; TURRA, A.; BARUQUE-RAMOS, J. Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: A review from textile perspective with a focus on domestic washings. **Science of The Total Environment**, v. 603, p. 836, 2017.

CHO, Y. et al. Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. **Environmental Pollution**, v. 270, p. 116222, 2021.

CORRÊA, L. B. Impactos ambientais e vulnerabilidade de lagoas costeiras urbanizadas no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 3, p. 1245–1261, 2022.

CRABTREE, R. E.; CYR, E. C.; DEAN, J. M. Age and growth of tarpon, *Megalops atlanticus*, from South Florida waters. **Fishery Bulletin**, v. 93, p. 619–628, 1995.

CRABTREE, R. E.; HOOD, P. B.; SNODGRASS, D. Biology of the tarpon (*Megalops atlanticus*) in the Florida Keys. **Bulletin of Marine Science**, v. 56, n. 3, p. 895-912, 1995.

DE FALCO, F. et al. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2019.

DERRAIK, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, n. 9, p. 842-852, 2002.

DHIMMER, V. R. **Microplastics in gastrointestinal tracts of *Trachurus trachurus* and *Scomber colias* from the Portuguese Coastal Waters**. 2017. 33 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Marinha) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2017.

FARRELL, P.; NELSON, K. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). **Environmental Pollution**, v. 177, p. 1–3, 2013.

FOEKEMA, E. M. et al. Plastic in North Sea fish. **Environmental Science & Technology**, v. 47, n. 15, p. 8818-8824, 2013.

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

FRIAS, J. P. G. L.; NASH, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. **Marine Pollution Bulletin**, v. 138, p. 145-147, 2019.

FURTADO, L. M. **Estudo dos impactos ambientais causados na área de entorno do Parque Ecológico da Laguna da Jansen/MA**. 2007. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2007.

GALLOWAY, T. S.; COLE, M.; LEWIS, C. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 5, p. 1-8, 2017.

GAO, Peiru *et al.* Anthropogenic particles in the muscle, gill, and gastrointestinal tract of marine fish sold for human consumption. **Heliyon**, [S. l.], v. 9, n. 10, e20739, Oct. 2023.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, n. 7, e1700782, 2017.

HALE, R. C. et al. A global perspective on microplastics. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 125, n. 1, e2018JC014719, 2020.

HARTMANN, N. B. et al. Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 3, p. 1039-1047, 2019.

HE, P. et al. Municipal solid waste (MSW) landfill: A source of microplastics? Evidence of microplastics in landfill leachate. **Water Research**, v. 159, p. 38-45, 2019.

JAMBECK, J. R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 768-771, 2015.

LOPES, C. et al. Microplastic distribution in different tissues of small pelagic fish of the Northeast Atlantic Ocean. **Science of The Total Environment**, v. 901, p. 166050, nov. 2023.

LUSHER, A. L. et al. Microplastics in fisheries and aquaculture: Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, n. 615, Rome: FAO, 2017.

LUZ, J. A. **Caracterização de microplásticos em conteúdos de tratores gastrointestinais de peixes do estuário do Rio Tramandaí-Litoral Norte do Rio Grande do Sul através de digestão de tecidos biológicos**. 2018. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé, 2018.

OLARINMOYE, O. M. et al. Microplastic Presence in Sediment and Water of a Lagoon Bordering the Urban Agglomeration of Lagos, Southwest Nigeria. **Geosciences**, v. 10, n. 12, p. 1-14, dez. 2020.

PARVIN, Fahmida; JANNAT, Shumya; TAREQ, Shafi M. 2021. Abundance, characteristics and variation of microplastics in different freshwater fish species

from Bangladesh. **Science of the Total Environment**, 784: 147137. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147137>.

PINHEIRO, C. et al. Occurrence and impacts of microplastics in Freshwater fish. **Journal of Aquaculture & Marine Biology**, v. 5, n. 6, 2017.

RIAZ, S. et al. Microplastics assessment in Arabian Sea fishes: accumulation, characterization, and method development. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e270694, 2023.

ROCHMAN, C. M. et al. Early warning signs of endocrine disruption in adult fish from the ingestion of polyethylene with and without sorbed chemical pollutants from the marine environment. **Sci Total Environ**, v. 493, p. 656-661, 2014.

ROCHMAN, C. M. et al. Policy: Classify plastic waste as hazardous. **Nature**, v. 494, p. 169–171, 2015.

ROCHMAN, C. M. et al. Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of aquatic organisms. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 24, p. 14613-14619, 2015.

SHENKER, J. M.; COWIE, M.; MADDEN, M. Recruitment of tarpon (*Megalops atlanticus*) leptocephali and juveniles to the Indian River Lagoon, Florida. **Contributions in Marine Science**, v. 34, p. 55-69, 2002.

SHENKER, J. M.; DEAN, J. M.; CRABTREE, R. E. Feeding ecology of larval and juvenile tarpon, *Megalops atlanticus*, in estuarine nursery habitats. **Environmental Biology of Fishes**, v. 63, p. 41–54, 2002.

SILVA, A. A. et al. Análise quali-quantitativa de microplásticos no trato gastrointestinal de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) no reservatório Moxotó-Submédio São Francisco–BA. **Revista Foco**, v. 17, n. 12, p. e7082, 2024.

SILVA, T. H. S. Levantamento dos pontos de lançamento de esgoto bruto na Laguna da Jansen, na cidade de São Luís, estado do Maranhão, Brasil. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v. 10, n. 21, p. 28-46, 2021.

VAZ, Lucas Porto de Sá. **Disposição de recursos hídricos**: estudo de caso da Laguna da Jansen em São Luís/MA. 2017. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2017.

VENDEL, A. L. et al. Widespread microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressures. **Marine Pollution Bulletin**, v. 117, n. 1-2, p. 448-455, 2017.

VIÉGAS, M. C. P. **Políticas públicas e o ecossistema manguezal**: O caso da Lagoa da Jansen. 1996. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 1996.

VILLAÇA, F. Uma contribuição para a História do Planejamento Urbano no Brasil. In: DEAK, C.; SCHIFFER, S. R. **O Processo de Urbanização no Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1999. p. 169-243.

WRIGHT, S. L.; KELLY, F. J. Plastic and human health: A micro issue? **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 12, p. 6634-6647, 2017.

ZHANG, K. Plastic pollution: Microplastics in the oceans. **Science**, v. 356, n. 6336, p. 1240, 2017.

## **6 Considerações finais**

O presente trabalho contribui para a compreensão da contaminação por microplásticos em ecossistemas costeiros urbanizados, ao integrar informações ambientais e biológicas em um sistema lagunar submetido a intensa pressão antrópica. Ao abordar uma espécie de ampla distribuição e relevância ecológica e socioeconômica, o estudo amplia o entendimento sobre a interação entre poluentes emergentes e a biota aquática em ambientes de transição.

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de considerar as lagoas costeiras urbanas como áreas prioritárias para ações de monitoramento ambiental, uma vez que esses sistemas apresentam elevada vulnerabilidade à acumulação de contaminantes decorrentes do crescimento urbano desordenado e da deficiência em infraestrutura de saneamento. Nesse contexto, a pesquisa evidencia a importância do uso de organismos aquáticos como ferramentas indicadoras da qualidade ambiental, especialmente em ambientes sujeitos a múltiplas fontes de impacto.

Além da contribuição científica, este estudo ressalta a relevância de políticas públicas voltadas à gestão integrada dos recursos hídricos urbanos, ao controle do lançamento de efluentes e à melhoria do manejo de resíduos sólidos. Tais medidas são fundamentais para a mitigação dos impactos ambientais e para a conservação da biodiversidade associada a esses ecossistemas.

Por fim, os dados apresentados fornecem subsídios para o desenvolvimento de investigações futuras que aprofundem a avaliação dos efeitos ecológicos e toxicológicos dos microplásticos, bem como sua dinâmica em diferentes compartimentos ambientais. Dessa forma, o trabalho contribui não apenas para o avanço do conhecimento científico, mas também para o fortalecimento de estratégias de conservação e gestão ambiental em áreas costeiras urbanizadas.