



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
COORDENAÇÃO DO CURSO DE OCEANOGRAFIA

INGRYD LORENA BATISTA DE OLIVEIRA

**OCORRÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM BIVALVES EM
DOIS ESTUÁRIOS EM PAÇO DO LUMIAR, MARANHÃO**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Profa. Dra. Katiene
Régia Silva Sousa

SÃO LUÍS - MA
2026

INGRYD LORENA BATISTA DE OLIVEIRA

**OCORRÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM BIVALVES EM
DOIS ESTUÁRIOS EM PAÇO DO LUMIAR, MARANHÃO**

Monografia apresentada ao curso de
Graduação em Oceanografia da
Universidade Federal do Maranhão,
como requisito para obtenção do Grau
de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Profa. Dra. Katiene
Régia Silva Sousa

SÃO LUÍS - MA
2026

FICHA CATALOGRÁFICA

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

Oliveira, Ingryd Lorena Batista de.

OCORRÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM
BIVALVES EM DOIS ESTUÁRIOS EM PAÇO DO LUMIAR, MARANHÃO /
Ingryd Lorena Batista de Oliveira. - 2026.

41 p.

Orientador(a): Katiene Régia Silva Sousa.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia,
Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do
Maranhão, 2026.

1. Bivalves. 2. Bioindicadores Ambientais. 3.
Ambientes Estuarinos. 4. Microplásticos. I. Sousa,
Katiene Régia Silva. II. Título.

INGRYD LORENA BATISTA DE OLIVEIRA

**OCORRÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM BIVALVES EM
DOIS ESTUÁRIOS EM PAÇO DO LUMIAR, MARANHÃO**

APROVADA EM: 15/ 01 / 2026

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Katiene Régia Silva Sousa (Orientadora)
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Prof. Dr. Walter Luís Muedas Yauri (titular)
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Profa. Dra. Talita Da Silva Esposito (Titular)
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força que pedi para concluir essa graduação, Ele sabe o quanto foi difícil e o quanto eu quis desistir, mas Ele me fez ser forte e corajosa, para seguir em frente um dia após o outro.

Agradeço ao amor da minha vida, minha mãe, por toda dedicação e incentivo ao longo desses 24 anos, reconheço todos os seus esforços e, espero que em algum dia, eu possa devolver tudo em dobro. Todos os dias aprendo com a senhora a ser uma mulher forte, guerreira e determinada. E, se um dia eu conseguir ser a metade da mulher que a senhora é, eu vou me sentir bem. Obrigada por me ensinar o valor da educação e do respeito! Como a senhora mesma diz: “essa é a maior herança que posso deixar: educação e conhecimento”. Eu te amo muito, minha vida!

Agradeço à minha família pela força e carinho todos esses anos, ao meu irmão Pedro por todos os ensinamentos e cuidados nos primeiros anos do curso. A minha tia Elizete e prima Ludimilla, a dona Rosa e, principalmente, a Rafaella minha cunhada, pelo carinho, pelas risadas e por me ouvir várias e várias vezes quando eu precisava desabafar e chorar. Você é muito mais que uma cunhada, é uma grande amiga.

Agradeço aos meus dois melhores amigos da vida, Filipe França e Alcione Sousa. Essa caminhada tornou-se um pouco mais fácil ao lado de vocês. Quando digo que Deus nunca me deixou sozinha é porque ele colocou vocês na minha caminhada. Obrigada por todos esses anos de alegria, sorrisos, viagens, fofocas, cervejinhas no bar do porto e, principalmente, por conselhos e aprendizados. Obrigado França por todos os dias que ficamos até tarde no Deoli para escrever esse trabalho! Amo vocês, minha segunda família!

Agradeço às minhas grandes amigas Danielle Viana, Scarlett Patrícia, Danielle Silveira, Larissa Pinheiro, Izadora Silveira, por tudo, por toda ajuda técnica, em campos, na escrita, com as amostras e por me ouvir todos os dias. Vocês também fizeram que essa etapa final não fosse tão difícil. Espero que você, Izadora, torne-se uma grande mulher como a sua mamãe. Agradeço a sua participação mesmo que ainda na barriga.

Aos meus colegas de curso, Felipe Martins, Beatriz Xavier, Felipe Oliveira, Nivea Fernanda, Natanael, Nicolle Carvalho, Karla Rebeca, Yarle, Rodrigo Cruz, Dona

Rita e Junior, todos vocês participaram dessa caminhada, e fizeram com que os meus dias fossem mais felizes.

Agradeço aos professores Katiene Régia Silva Sousa, Walter Muedas, Antônio Carlos Leal de Castro e Samara Aranha Eschrique, pela oportunidade de mostrar meu conhecimento e esforço quando eu não tinha muito a oferecer, vocês foram de extrema importância para a minha formação. Agradeço pelos ensinamentos e encorajamentos. Vocês foram o empurrão que eu precisava.

Por fim, mas não menos importante, agradeço aos Laboratórios LABIRpesq, Aqualab, Labciclos e Bioaqua pelo suporte técnico com as minhas amostras.

RESUMO

A poluição por microplásticos em ambientes estuarinos têm se intensificado nas últimas décadas, representando um risco potencial aos ecossistemas aquáticos. Os microplásticos são partículas menores que 5 mm e podem ser classificados por forma, cor e tamanho. Podem ser facilmente ingeridos por organismos aquáticos representando um risco para os organismos bentônicos, especialmente bivalves, amplamente conhecidos e utilizados como bioindicadores de poluição ambiental. Este estudo investigou a ocorrência de microplásticos em bivalves dos gêneros *Mytella* sp. e *Anomalocardia* sp. em dois ambientes estuarinos da ilha do Maranhão, Brasil. As coletas das amostras foram realizadas nas regiões dos portos de Mocajituba e do Mojó, durante os períodos chuvoso, transição e estiagem, as quais foram mensuradas e pesadas, para posterior acesso aos tecidos moles que foram submetidos a digestão química por hidróxido de potássio a 10%. Em seguida, foi feita a filtração com filtros de fibra de vidro e, por último, a leitura em microscópio óptico para quantificar e classificar os microplásticos. As partículas encontradas foram classificadas por cor e morfotipo. Foram realizados os testes de normalidade e homogeneidade para posterior análise de variância, além do coeficiente de correlação de Kendall utilizado para avaliar a relação entre o peso dos organismos e o número de microplásticos ingeridos. Os resultados indicaram a presença de microplásticos em ambos os gêneros e ambientes analisados, com predominância de fibras, seguidas por fragmentos. Para o gênero *Mytella* sp., observaram-se correlações predominantemente fracas entre o peso corporal e a ingestão de microplásticos durante os períodos amostrados, enquanto, para *Anomalocardia* sp., foi registrada correlação negativa no período chuvoso e correlações positivas no período de transição e, principalmente, na estiagem, quando foi observada associação moderada entre o peso dos organismos e a quantidade de microplásticos ingeridos. Os resultados confirmam a presença de microplásticos nos estuários estudados e evidenciam o potencial dos bivalves como bioindicadores da contaminação por microplásticos em ambientes estuarinos.

Palavras-chaves: Bivalves, Bioindicadores Ambientais, Ambientes estuarinos, microplásticos.

ABSTRACT

Microplastic pollution in estuarine environments has intensified in recent decades, representing a potential risk to aquatic ecosystems. Microplastics are particles smaller than 5 mm and they can be classified according to their shape, color, and size, depending on their source. These particles can be easily ingested by aquatic organisms, posing a risk particularly to benthic organisms, especially bivalves, which are widely recognized and used as bioindicators of environmental pollution. This study investigated the occurrence of microplastics in bivalves of the genus *Mytella* sp. and *Anomalocardia* sp. in two estuarine environments on Maranhão Island, Brazil. The samples collection was realized in Mocajituba and Mojó ports during the rainy, transitional and dry seasons which were measured and weighed for late access to the soft tissues were subjected to chemical digestion using 10% potassium hydroxide. Then, filtration was carried out using fiber glass filters, subsequently, the slides were examined using an optical microscope to quantify and classify the microplastics. The recovered particles were classified according to color and morphotype. Statistical analyses included normality and homogeneity tests were made as well as Kendall's correlation coefficient (τ) to assess the relationship between organism weight and the number of ingested microplastics. The results indicated the presence of microplastics in both genus and environments analyzed, with a predominance of fibers, followed by fragments. For the genus *Mytella*, predominantly weak correlations were observed between body weight and microplastic ingestion across the sampled periods, while *Anomalocardia* sp. a negative correlation was recorded during the rainy season, and positive correlations were observed during the transitional and, especially, the dry season, when a moderate association between organism weight and the number of ingested microplastics was detected. These results confirm the presence of microplastics in the studied estuaries and highlight the potential of bivalves as bioindicators of microplastic contamination in estuarine environments.

Keywords: bivalves, environment bioincators, estuarine environments, microplastics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação de Microplástico quanto a: Origem, Material, Tamanho e Fonte	15
Figura 2: Exemplar de <i>Anomalocardia</i> sp, popularmente Sarnambi.....	18
Figura 3: Exemplar de <i>Mytella</i> sp, popularmente Sururu	19
Figura 4: Mapa da área de estudo contendo os pontos de coleta do material biológico nas Bacias Hidrográficas dos rios Paciência e Santo Antônio.....	22
Figura 5: Lavagem das vidrarias com ácido clorídrico (a); preparo do reagente Hidróxido de potássio a 10% KOH (b); análise morfométrica dos organismos (c); filtração das soluções (d); amostras na estufa (e); leitura dos filtros (f).....	24
Figura 6: : Influência dos fatores de variação de concentração de microplástico.....	
Figura 7: Abundância média dos tipos de microplásticos em sururu e sarnambi nos ambientes de Mojó e Mocajituba: (A) Sururu–Mojó; (B) Sururu–Mocajituba; (C) Sarnambi–Mojó; (D) Sarnambi–Mocajituba	30
Figura 8: Microplásticos encontrados: A) Fragmento vermelho; B) Fragmento azul; C) Pellet; D) Fibra vermelha; E) Fibra azul; F) Pellet azul	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros morfométricos de <i>Anomalocardia</i> sp. capturados nos estuários do Mojó e Mocajituba, município de Paço do Lumiar	25
Tabela 2: Parâmetros morfométricos de <i>Mytella</i> sp. capturados nos estuários do Mojó e Mocajituba, município de Paço do Lumiar	26
Tabela 3: Percentual das concentrações de microplásticos encontrados em ambos os ambientes avaliados.	31
Tabela 4: Valores de correlação de Kendal (τ) obtidos para relação entre número de partículas microplásticas ingeridas e peso do organismo.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. JUSTIFICATIVA.....	13
3. OBJETIVOS.....	14
3.1 GERAL	14
3.2 ESPECÍFICOS.....	14
4. REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1 PLÁSTICO E MICROPLÁSTICO	14
4.2 BIOINDICADORES AMBIENTAIS.....	16
4.3 ASPECTOS BIOLÓGICOS DO GÊNERO <i>ANOMALOCARDIA</i> SP.....	17
4.4 ASPECTOS BIOLÓGICOS DO GÊNERO <i>MYTELLA</i> SP	18
4.5 RIO PACIÊNCIA E SANTO ANTÔNIO	19
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1 ÁREA DE ESTUDO.....	22
5.2 COLETA DE DADOS	22
5.3 SEGURANÇA E CONTROLE DE QUALIDADE	22
5.4 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS	23
5.5 ANÁLISE DE DADOS	24
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	25
6.2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA CONCENTRAÇÃO DE MPS	29
6.3 CARACTERIZAÇÃO DOS MICROPLÁSTICOS	29
6.4 COEFICIENTE DE KENDALL	31
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
8. REFERÊNCIAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

O crescimento contínuo da produção de plástico representa um dos maiores desafios ambientais e socioeconômicos da atualidade para os ecossistemas (Ciel, 2023). Estima-se que tenha cerca de 5,5 trilhões de partículas plásticas flutuando nos oceanos (Pal *et al.*, 2025). A produção cresceu drasticamente de 1,7 milhões de toneladas no ano de 1950 para 368 milhões de toneladas no ano de 2019 (Tiseo *et al.*, 2020). O aumento foi favorecido pelo avanço das técnicas de polimerização, bem como, pela criação de polímeros de fácil processamento, como poliestireno, PVC e polipropileno, amplamente presentes em produtos descartáveis e embalagens (Gonçalves *et al.*, 2016).

Os plásticos encontrados apresentam uma vasta classificação de acordo com tamanho, cores, tipos e composição (Requiro, 2022). As classes comumente identificadas são os macroplásticos (>25mm), microplásticos (<5 mm; MPs) e os nanoplásticos (1 nm a 1 mm) (Jabenn *et al.*, 2017). Os micros e nanoplásticos possuem facilidade no processo de fragmentação, dispersam e interagem com a biota aquática. As principais rotas de entrada desses materiais nos ecossistemas incluem águas residuárias, efluentes industriais, descarte irregular de resíduos sólidos, atividades portuárias, fragmentação de redes e utensílios de pesca, além de fibras que se desprendem de roupas sintéticas durante lavagens domésticas (Suordem, 2023).

A resistência do plástico é uma de suas características, pois é conhecido por sua durabilidade e capacidade de resistir à degradação ambiental, mesmo quando exposto a condições adversas, como luz solar, água e altas temperaturas, fazendo com que ele dure séculos (Pompêo *et al.*, 2022). Diversos organismos ingerem microplásticos como zooplâncton, bentos, peixes, mamíferos marinhos e aves.

Dentre esses organismos, os bivalves destacam-se como excelentes bioindicadores devido ao seu hábito filtrador e capacidade de acumular poluentes presentes na coluna d'água (Yancheva *et al.*, 2023). Espécies como *Crassostrea rhizophorae*, *Mytella charruana* e *Anomalocardia brasiliiana*, comuns nos manguezais do Maranhão, são particularmente vulneráveis à ingestão de microplásticos aderidos a detritos orgânicos ou suspensos na água.

A avaliação dos tecidos desses moluscos permite identificar a quantidade de partículas acumuladas e a classificação de acordo com as características físicas (fibras, fragmentos, filmes, pellets), cor, polímero predominante e dimensão (Axellson *et al.*, 2019). A presença de partículas plásticas nesses animais representa, portanto, não apenas um impacto ambiental, mas também um risco socioeconômico e ao consumo

humano, dada a ingestão direta dos moluscos possivelmente contaminados.

A relevância dessa problemática se intensifica quando considerada a forte dependência das comunidades costeiras maranhenses dos recursos pesqueiros e da mariscagem. A extração de bivalves é uma importante atividade de subsistência em manguezais, representando fonte de proteína e renda complementar, especialmente para mulheres marisqueiras (Pereira et al., 2017; Silva et al., 2022). A presença de microplásticos nesses organismos representa, portanto, não apenas um impacto ambiental, mas também um risco socioeconômico e potencial risco à saúde humana.

A região de Paço do Lumiar, na Ilha de São Luís, no Maranhão, com 152.306 habitantes (IBGE, 2024) possui um complexo litoral composto por manguezais, estuários e uma crescente urbanização. Essa região apresenta grande relevância para estudos de contaminação ambiental aquática, que se dá pela presença de duas áreas portuárias, o Mocajituba e o Mojó, que atuam como vetores de entrada de lixo e, eventualmente, microplástico via tráfego descarte. Efluentes urbanos e escoamento superficial de áreas residenciais também contribuem significativamente para a carga de microplástico que carrega aos corpos d'água locais (Gallo et al., 2015).

Esses portos localizam-se às margens dos rios Paciência e Santo Antônio, importantes cursos d'água que passam por São Luís, Paço do Lumiar e São José de Ribamar. O rio Paciência possui cerca de 150 km de extensão e uma bacia hidrográfica de 145,7km² (Cavalcante Júnior, 2016) e o Santo Antônio possui cerca de 25,3 km de extensão e uma bacia hidrográfica de 100,4 km² (Da Silva Rodrigues et al., 2023). Nas últimas décadas, a ocupação irregular em seus entornos vem causando sérios problemas ambientais, incluindo o lançamento de esgoto, assoreamento do rio e descarte irregular de rejeitos inorgânicos (Neves, 2014). Embora apresente grandes índices de poluição, as comunidades que vivem às margens do rio e ao redor do porto, ainda desfrutam de recursos como peixes e moluscos para pesca e mariscagem, sendo estes essenciais para a subsistência e renda familiar.

2. JUSTIFICATIVA

A poluição por plástico e seus impactos têm sido estudados de forma crescente em escala global. Entretanto, no contexto regional do litoral do Maranhão, especialmente em ambientes estuarinos utilizados para a extração de mariscos, ainda são escassos os estudos que avaliem a ocorrência e os efeitos dos microplásticos em organismos aquáticos. Esse tipo de poluição tem se destacado por compor o lixo marinho e por gerar grandes consequências para os organismos aquáticos e, consequentemente,

à vida humana.

A prática extrativista de marisco no Maranhão possui importância socioeconômica, uma vez que comunidades costeiras dependem dela para aumentar a renda familiar. Portanto, a realização desta pesquisa trará informações acerca do ambiente em que esses mariscos são extraídos, bem como sobre os morfotipos de microplásticos possivelmente encontrados nesses moluscos, contribuindo para o conhecimento da poluição aquática nas áreas de estudo e subsidiando futuros trabalhos.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Verificar a ocorrência de microplásticos nos bivalves dos gêneros *Anomalocardia* sp. e *Mytella* sp. oriundos da região dos portos Mocajituba e Mojó no município do Paço do Lumiar.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar por forma, tamanho e cor os microplásticos encontrados nos bivalves;
- Avaliar a abundância e tipo de microplásticos em função do período chuvoso, transição e estiagem;
- Analisar a relação entre a quantidade de microplásticos encontrados e o peso do espécime.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Plástico e Microplástico

O plástico é um material sintético formado por grandes cadeias de moléculas de polímeros, resultante do processamento de petróleo e gás natural. Sua produção teve início nas décadas do século 20, e desde então, tornou-se um dos materiais mais utilizados e comercializados no mundo em virtude de sua disponibilidade, flexibilidade e baixo custo de produção (Geyer *et al.*, 2017).

De acordo com a UNEP (2023), a resistência à degradação ambiental faz com que os plásticos persistam por longos períodos no ambiente, acumulando-se em ecossistemas terrestres e aquáticos. Grande parte desse material produzido não tem

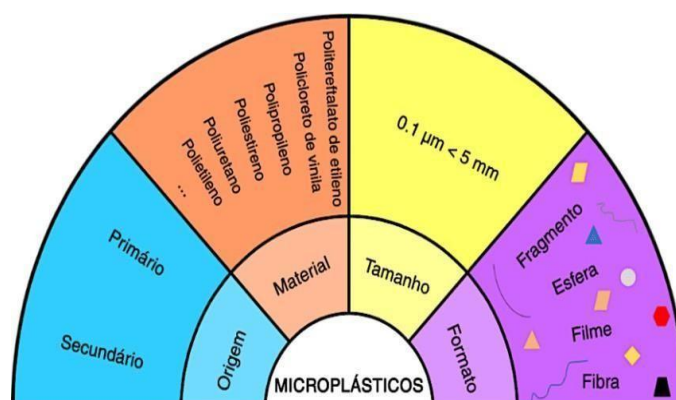
destino adequado, o que acaba resultando em contaminação ambiental (Ibrahim, 2025).

O aumento da produção mundial de plástico está relacionado à crescente contaminação dos ambientes aquáticos (Yang *et al.*, 2025) e se mostra como uma alarmante situação. Pois, esse material denominado macroplástico passa por degradação fragmentando-se em partículas menores como mesoplástico, microplástico e, até nanoplástico (Andrady, 2011).

Os microplásticos (MPs) tem sido a forma mais registrada e também motivo de preocupação em ambientes fluviais e estuarinos, tendo sua dispersão por meio de processos físicos, químicos e biológicos e fatores como correntes, marés, vento e eventos extremos como chuvas intensas e enchentes que contribuem para sua dispersão ao longo do meio aquático (Koelmans *et al.*, 2019).

Os MPs são partículas plásticas com tamanho menor ou igual a 5mm, podendo alcançar dimensões de até 1 μ m, e apresentar diferentes formas, como fibras, fragmentos e esferas 'pellet' (Thiemann, 2023). Esses materiais são classificados em primário e secundário (Figura 1). Os MPs primários possuem tamanho menor ou igual a 500 μ m, sendo na maioria das vezes proveniente de itens de higiene pessoal, como cosméticos, esfoliantes e partículas de resinas plásticas. Já os MPs secundários originam-se da fragmentação de resíduos plásticos maiores, resultantes de processos físicos e químicos que promovem sua degradação (Auta *et al.*, 2017).

Figura 1: Classificação de microplásticos quanto a origem, material, tamanho e fonte.



Fonte: Rani-Borges *et al.* (2022)

Essas partículas possuem grande diversidade de formas (fibras, fragmentos, filmes e pellets), cores e composições poliméricas (PE), polipropileno (PP),

poliestireno (PS) e polietileno tereftalato (PET) (Figura 1). Devido a sua elevada área superficial, os microplásticos contêm contaminantes químicos e atuam como vetores de poluentes em microrganismos (Rochman *et al.*, 2013).

Ambientes costeiros, como estuários estão suscetíveis à contaminação plástica, tanto pelo descarte irregular de resíduos sólidos domésticos, industriais e portuários, quanto pelo despejo de efluentes em suas margens (Silva *et al.*, 2023).

A contaminação plástica, principalmente por microplásticos, além de poder afetar os organismos em seu ciclo natural, obstruindo seu trato digestivo, reduzindo a alimentação e reprodução, também reduz a qualidade das águas (Blettler *et al.*, 2018), e ainda compromete cadeias produtivas e básicas, como a subsistência de famílias litorâneas que dependem de recursos dos estuários para alimentação (Muñiz, 2025).

Além disso, a contaminação nos estuários por microplásticos, expõe também os oceanos e seres marinhos, uma vez que são portas de acesso a esses sistemas (Lebreton *et al.*, 2017). As estatísticas evidenciam que 9 a 14 milhões de toneladas de microplásticos adentram estuários e oceanos por ano (Casagrande, 2018), justificando a necessidade de investigações sobre a problemática.

A ingestão de microplásticos por organismos aquáticos tem sido apresentada em diversos trabalhos científicos, sendo mais frequente em zooplâncton, peixes, crustáceos e moluscos bivalves (Botterell *et al.*, 2022). Os bivalves são organismos filtradores, entre eles, estão as ostras e mexilhões como sururu e sarnambi, que estão suscetíveis a ingestão de partículas suspensas na coluna d'água como microplásticos (Li *et al.*, 2016). Esses organismos podem acumular MPs em seu metabolismo, o que representa grandes preocupações ecológicas, pela capacidade de transportá-los ao longo dos níveis tróficos por serem importantes recursos pesqueiros, e assim, sua possível contaminação representa risco à saúde humana (Wright *et al.*, 2013).

4.2 Bioindicadores Ambientais

Bioindicadores são organismos vivos que respondem à mínima alteração da qualidade ambiental de um ecossistema, emitindo resposta imediata a quaisquer alterações físicas, químicas e/ou biológicas e podem ser utilizados para estudos ambientais (Batista *et al.*, 2024).

A utilização de organismos como indicadores baseia-se em características como sensibilidade a contaminantes, capacidade de acumulação de poluentes, ampla distribuição geográfica e importância ecológica (De Sousa *et al.*, 2023). Em ambientes

fluviais e estuarinos, costumam ser amplamente empregados em programas de monitoramento ambiental, pois permitem identificar impactos associados à urbanização, lançamento de efluentes, mineração, alterações hidrodinâmicas e perda de habitat (Santos *et al.*, 2025).

Os ecossistemas aquáticos continentais e estuarinos apresentam grande complexidade ambiental, marcada por variação de salinidade, oxigênio dissolvido, aporte de sedimento e influência de marés (Correia, 2016). Nessas áreas, organismos como fitoplânctons, zooplânctons, macroinvertebrados bentônicos e peixes são frequentemente utilizados como indicadores de qualidade ambiental (Gomez, 2025).

Os bivalves constituem um dos grupos mais utilizados como bioindicadores no meio aquático, especialmente em rios, estuários e zonas costeiras (Santos, 2025). Esses organismos são caracterizados por hábitos predominantemente bentônicos e alimentação filtradora, processando grandes volumes de água ao longo de sua vida (Santos Filho, 2025). Essas características os tornam mais eficientes na acumulação de contaminantes presentes na água e no sedimento (De Quadros *et al.*, 2025).

Diversas espécies de bivalves apresentam capacidade de bioacumulação de metais tóxicos, hidrocarbonetos, pesticidas e microplásticos em concentrações superiores às encontradas no ambiente. Dessa forma, sua análise permite avaliar não apenas a presença de materiais tóxicos, mas também a biodisponibilidade desses contaminantes nos ecossistemas aquáticos (Lima *et al.*, 2022).

4.3 Aspectos biológicos do gênero *Anomalocardia* sp.

Anomalocardia sp. ou sarnambi é um molusco bivalve escavador raso, encontrado em ambientes de águas calmas e pouco profundas, como baías, manguezais e estuários (Bruzaca, 2022). Geralmente apresenta concha de formato trigonal a ovado, inflada e sólida, com valvas equivalentes e um umbo proeminente voltado para a região anterior. A superfície da concha exibe marcas radiais bem definidas, cruzadas por linhas de crescimento concêntricas. Sua coloração varia de tons creme a castanho claro, podendo apresentar manchas ou faixas mais escuras, enquanto o interior das valvas é, em geral, esbranquiçado (Brito, 2024).

Esses moluscos raramente ultrapassam 30–35 mm de comprimento, sendo comum a predominância de indivíduos jovens ou de médio porte em áreas intensamente exploradas, resultado da pressão extrativa sobre as populações naturais (Oliveira *et al.*, 2025).

O sarnambi costuma ocorrer e se reproduzir ao longo de todo o ano. Entretanto, durante o período chuvoso observa-se uma diminuição de sua abundância, decorrente da redução da salinidade. A espécie pode apresentar diferentes padrões populacionais, variando desde poucas dezenas até milhares de indivíduos por metro quadrado (Gonçalves Júnior, 2023).

Do ponto de vista ecológico, a *Anomalocardia* sp. desempenha um papel significativo na estruturação e no funcionamento trófico dos ecossistemas costeiros, atuando na bioturbação do sedimento e na ciclagem de nutrientes. Possui relevância econômica e alimentar para comunidades costeiras que dependem da captura desse bivalve para o sustento familiar (Oliveira *et al.*, 2025).

Figura 2: Exemplar de *Anomalocardia* sp. (sarnambi)



Fonte: Autora, 2025

4.4 Aspectos biológicos do gênero *Mytella* sp.

Mytella sp. é um molusco bivalve da família *Mytilidae*, conhecido popularmente como sururu, presente em ambientes costeiros, estuarinos, manguezais e regiões entre marés, ambientes típicos de mangue e com salinidade variável (Alves, 2025). Apresentam conchas alongadas e assimétricas, com formato ligeiramente oval a elíptico, as valvas são relativamente finas, porém resistentes. A superfície da concha é lisa e estriada, com linhas de crescimento visíveis, que refletem períodos de variação ambiental e crescimento dos organismos (Quintela *et al.*, 2020).

No Brasil têm ampla distribuição em estuários, vivendo fixados a substratos rochosos ou raízes de mangue como o bisso. A ampla distribuição geográfica do gênero está relacionada a sua elevada plasticidade ecológica, permitindo sua sobrevivência em ambientes com grande variação de salinidade, temperatura e oxigenação, características típicas de sistemas estuarinos (Barbieri *et al.*, 2025).

A alimentam-se através de filtração da água, filtrando partículas suspensas na coluna d'água, auxiliando na reciclagem de nutrientes (Zhao *et al.*, 2025). Ao filtrar partículas orgânicas, fitoplâncton e material em suspensão, esses bivalves contribuem

para a ciclagem de nutrientes. Ao se alimentar, eles filtram a água utilizando suas brânquias para capturar partículas (Brocardo *et al.*, 2022).

Esse modo de alimentação permite a acumulação de substâncias dissolvidas ou partículas presentes no ambiente, incluindo contaminantes químicos e plásticos. Do ponto de vista fisiológico, espécies do gênero apresentam adaptações que possibilitam tolerar variações ambientais intensas, no entanto, não impede que alterações ambientais crônicas provoquem respostas fisiológicas detectáveis, reforçando a sua utilidade em estudos ambientais (Freitas *et al.*, 2015).

Figura 3: Exemplar de *Mytella* sp., popularmente conhecida como sururu



Fonte: Autora, 2025

4.5 Rio Paciência e Santo Antônio

A Ilha do Maranhão, também conhecida como ilha de Upaon-Açu, abriga um complexo sistema hidrográfico composto por rios de pequeno e médio porte, fortemente influenciados pelo regime de marés e pela dinâmica costeira amazônica. Esses sistemas fluviais exercem um papel fundamental na organização ambiental, social e econômica da região, sobretudo por estarem associados a extensas áreas de manguezais, planícies fluviomarinhas e estuários de alta produtividade primária (Silva *et al.*, 2022).

Nesse contexto, destacam-se os rios Paciência e Santo Antônio, que drenam áreas urbanas dos municípios de São Luís, Paço do Lumiar e São José de Ribamar, conectando-se por meio de sistemas estuarinos localizados na porção nordeste da ilha. O município de Paço do Lumiar vem sofrendo ao longo dos anos com os impactos pela expansão econômica e habitacional da crescente população em seu entorno (Jesus, 2024).

O rio Paciência, localizado na porção nordeste da Ilha do Maranhão, entre as coordenadas geográficas latitude 2°23' 05" S e 2°36' 42" S, longitude 44°02' 49" W e 44°15'49" W. Este é considerado um dos principais mananciais da região metropolitana de São Luís, com 28 km de extensão, com nascente na área central da

ilha, no município de São Luís, percorrendo pelo município de São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa até desaguar na Baía de São José por meio de um estuário intensamente recortado, onde a ação das marés define canais e uma dinâmica hidrológica complexa (Pinheiro, 2025).

O rio Paciência possui grande importância ecológica, hidrológica e socioeconômica sustentando historicamente atividades rurais, culturais e econômicas, além de abrigar rica biodiversidade (Borges, 2020). Contudo, a urbanização acelerada e a ocupação desordenada de manguezais e margens do rio, especialmente, após a implantação de grandes conjuntos e adensamento populacional (Cabral *et al.*, 2023). Como consequência, ocorreram impermeabilização e compactação do solo, desmatamento, aterramento de nascentes com perda de canais de drenagem e contaminação das águas por efluentes domésticos e industriais (Cavalcanti Júnior, 2016).

Estudos microbiológicos e ictiológicos realizados por Castro (2001) evidenciaram a vulnerabilidade do rio Paciência frente aos impactos antrópicos ao qual esse ambiente é submetido. Diversos estudos apontam que o rio sofre intensa pressão antrópica, principalmente, em função do crescimento urbano desordenado, lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, ocupação irregular das margens e processos de assoreamento.

Historicamente, o rio já foi utilizado como fonte de abastecimento hídrico, mas a degradação progressiva da qualidade da água inviabilizou esse uso. Esses impactos não se restringem ao curso principal, mas se propagam até sua área estuarina, afetando diretamente os ecossistemas costeiros associados (Almeida, 2024).

O rio Santo Antônio conhecido como Rio Cururuca, está localizado na parte nordeste da Ilha do Maranhão (Almeida *et al.*, 2011), possui uma extensão aproximada de 25 km e uma bacia hidrográfica de 108 km², com sua nascente próximo do bairro Cidade Operária, na capital, percorrendo o município de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, até sua desembocadura na baía de Curupu, próximo da praia de Panaquatira (Ferreira *et al.*, 2017). Este rio apresenta um curso predominante de baixa declividade, atravessando áreas urbanizadas, zonas de manguezais e planícies de maré, até atingir sua foz na Baía de São José. Seu estuário é caracterizado por elevada influência do regime de marés semidiurnas, com amplitudes expressivas, que condicionam a circulação da água, a distribuição de sedimentos finos e a variação espacial e temporal da salinidade. Essa dinâmica favorece a formação

de canais costeiros, braços secundários e áreas alagadas, típicas de ambientes costeiros amazônicos.

Assim como o rio Paciência, o rio Santo Antônio apresenta vários sinais de degradação ambiental relacionados à extensão urbana, desmatamento de vegetação ciliar, extração de sedimento e alterações no regime natural de escoamento (Pimenta *et al.*, 2020). A proximidade com comunidades tradicionais torna o rio, especialmente, relevante do ponto de vista socioambiental, uma vez que suas águas e áreas adjacentes são utilizadas para pesca artesanal, coleta de mariscos e outras atividades de subsistência (Rodrigues, 2022).

Ele possui menor extensão e bacia hidrográfica mais restrita, drenando áreas adjacentes ao município de Paço do Lumiar. Seu curso inferior também apresenta características estuarinas, com predomínio de ambientes rasos e intensa interação entre águas fluviais e marinhas. A influência das marés promove processos de ressuspensão e deposição sedimentar, contribuindo para a elevada turbidez da água e para manutenção de extensos manguezais ao longo de suas margens.

A interligação entre os rios Paciência e Santo Antônio ocorre principalmente por meio do sistema estuarino localizado na região de Mocajituba e Mojó, em Paço do Lumiar. Este estuário caracteriza-se como uma área de transição entre ambientes fluviais e marinhos, apresentando variações significativas de salinidade, forte influência das marés semidiurnas e elevada carga sedimentar (Freitas *et al.*, 2024).

A literatura aponta que o estuário do Mocajituba e Mojó sofrem intensas pressões antrópicas, destacando-se a extração de sedimento, a ocupação irregular das margens, lançamento de resíduos sólidos e efluentes domésticos, além de intervenções físicas associadas a portos e estruturas de apoio à navegação local. Essas atividades alteram a hidrodinâmica natural do estuário, intensificam processos erosivos e contribuem para a degradação dos manguezais (Monteiro *et al.*, 2020).

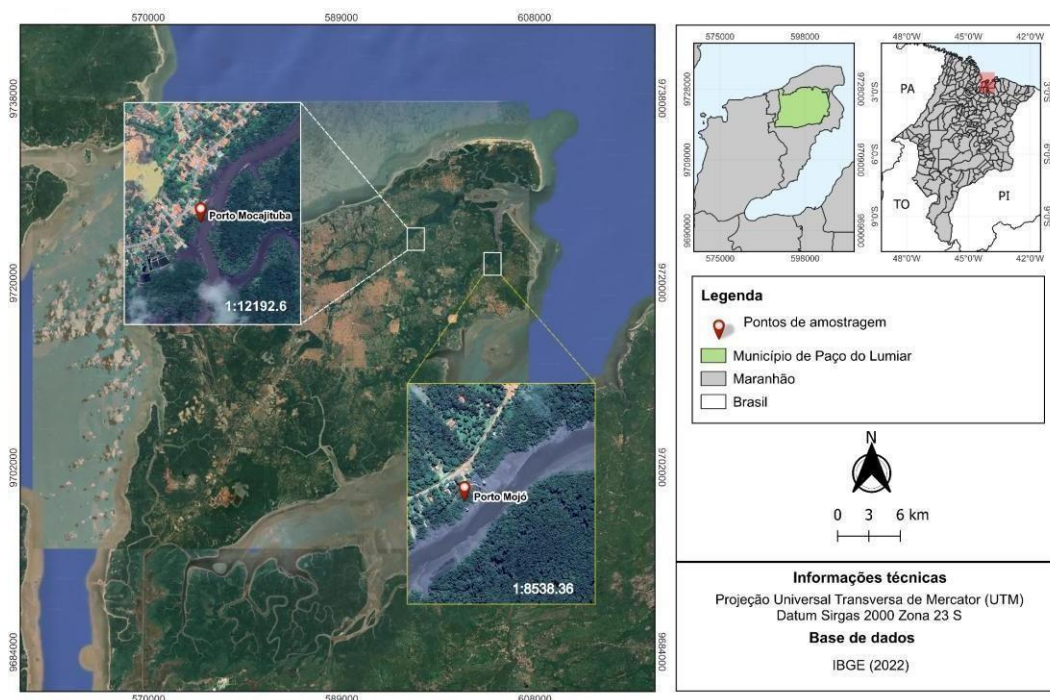
5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Paço do Lumiar com ênfase nos portos de Mocajituba e Mojó (Figura 4). O município está localizado no litoral norte da Ilha do Maranhão (Feitosa, 2006), com 152.306 habitantes e uma área de 127,193 km² segundo o (IBGE, 2024). Os portos estão inseridos no setor nordeste da ilha do Maranhão, em um contexto estuarino e estão associados aos sistemas hidrográficos

dos rios Paciência e Santo Antônio, que integram a rede de drenagem costeira da região metropolitana de São Luís e exercem papel fundamental na dinâmica ambiental local.

Figura 4: Mapa da área de estudo contendo os pontos de coleta do material biológico nas Bacias Hidrográficas dos rios Paciência e Santo Antônio.



Fonte: Autora.

5.2 Coleta de dados

As coletas foram realizadas entre períodos sazonais contemplando o período chuvoso, transição e estiagem, adquirindo os espécimes diretamente com os pescadores dos dois portos, Mocajituba e Mojó. Ao todo, foram coletados 600 organismos, 300 Sarnambis e 300 Sururus. Na coleta, os espécimes foram divididos em grupos de cinco unidades, embalados em papel alumínio, devidamente identificados com data, hora e local de coleta, para transportá-los em caixa térmica até o prédio do curso de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão. No laboratório de BioGeociclos dos Constituintes Químicos da água permaneceram congelados em freezer a -20°C até o processamento das amostras.

5.3 Segurança e controle de qualidade

Para garantir a biossegurança e qualidade das amostras, protocolos foram inseridos. Todas as vidrarias foram lavadas com ácido clorídrico por um período de

duas horas e, em seguida, lavada com água destilada usada previamente filtrada, e todos os filtros passaram por leitura antes do processamento completo, para garantir que não teria interferência nos resultados encontrados. Todo o processo e manuseio das amostras foi realizado com jaleco 100% algodão e luvas nitrílicas.

5.4 Processamento das amostras

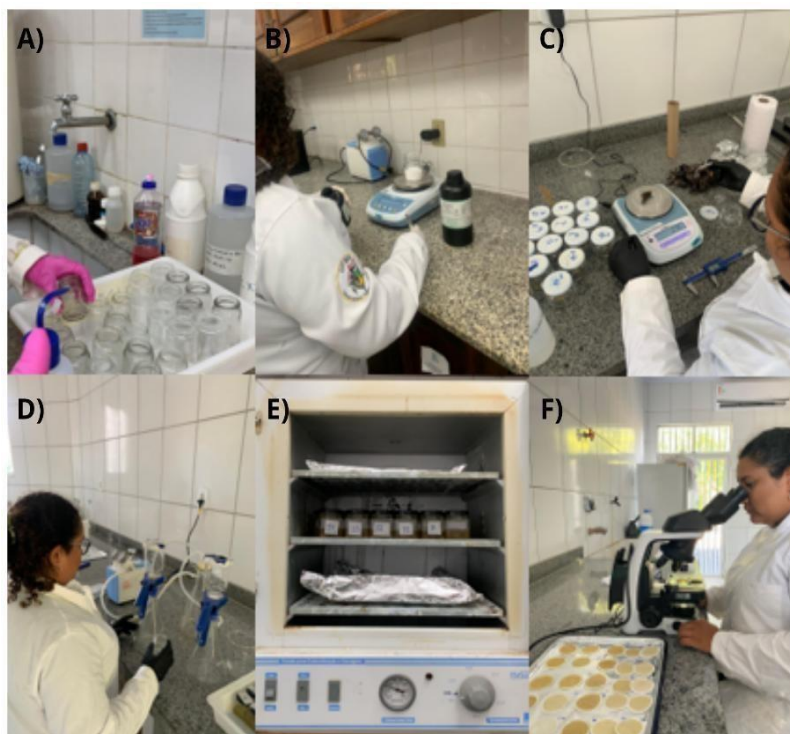
Para o processamento dos organismos, os espécimes foram agrupados em pools de dois animais em frascos de vidros, o que resultou na redução da quantidade amostral de 600 para 150 amostras de Sarnambi e 150 de Sururu. (Figura 5), toda a bancada da área de trabalho do Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros (LabirPesq) e do laboratório de Biotecnologia de Organismos Aquáticos (BioAqua) foi previamente higienizada com álcool a 70%.

As medidas biométricas dos organismos foram obtidas por meio da mensuração do comprimento e da altura da concha, utilizando-se um paquímetro digital da marca MTX. O peso total do molusco foi determinado com auxílio de uma balança analítica. Para o processamento dos organismos, os espécimes foram agrupados em *pools*, sendo acondicionados dois indivíduos por frasco de vidro, o que resultou na redução da quantidade amostral de 600 para 150 indivíduos de Sarnambi e 150 de Sururu.

Para digestão do material biológico, foi adicionada uma solução de hidróxido de potássio (KOH) a 10%, permanecendo em ambiente escuro por um período de 48 horas, conforme o protocolo descrito por Dehaut *et al.* (2016). Após a digestão, as soluções foram filtradas utilizando filtros de fibra de vidro Millipore, com porosidade de 1 μ m, com o auxílio de bomba a vácuo acoplada a um kit de filtração de vidro.

Concluída a etapa de filtração, os filtros foram submetidos à secagem em estufa a 60°C por 24 horas. Posteriormente, os filtros foram analisados em microscópio óptico, utilizando objetiva de 40x, para a quantificação dos microplásticos, bem como para a sua caracterização morfológica, seguindo os critérios estabelecidos por Galgani *et al.* (2013).

Figura 5: Lavagem das vidrarias com ácido clorídrico (a); preparo do reagente Hidróxido de potássio a 10% KOH (b); análise morfométrica dos organismos (c); filtração das soluções (d); amostras na estufa (e); leitura dos filtros (f).



Fonte: Autoria própria

5.5 Análise de dados

Os dados obtidos do tipo e forma de microplásticos foram apresentados por meio de média e desvio padrão e para a obtenção dos dados relacionados ao número de partículas presentes em cada *pool* analisado, foi levado em consideração o peso do *pool*, onde a concentração de microplásticos (C_m) foi calculada pela seguinte fórmula:

$$C_m = N^{\circ} \text{ de partículas} / P_m$$

Diferenças no padrão de variação da concentração de microplásticos entre amostras foram avaliadas por meio de uma PERMANOVA univariada baseada em distância euclidiana, calculada a partir dos dados transformados $\log(x + 1)$. O modelo incluiu os fatores porto, estação e espécie, bem como suas interações. A significância foi avaliada com 999 permutações e efeitos marginais. A homogeneidade das dispersões foi testada previamente com o procedimento *betadisper* com o auxílio do software R (2024).

Para verificar a correlação entre o peso e a quantidade de microplástico, o teste de correlação de Kendall foi aplicado no software PAST versão 4.03 e STATISTICA 7.0 (Hammer et al., 2003) ao nível de significância de 5%.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise Morfométrica

A presença dessas espécies em todos os períodos amostrais evidencia sua ampla distribuição nos ambientes estuarinos estudados e confirma seu potencial como organismos bioindicadores de contaminação ambiental (Araújo, 2004), uma vez que bivalves filtradores apresentam elevada capacidade de incorporar partículas presentes na coluna d’água e nos sedimentos, incluindo microplásticos (Lima; Di Benedetto; De Assis Franco, 2022).

Ao avaliar os parâmetros morfométricos do gênero *Anomalocardia* sp. capturados nos dois ambientes estuarinos, é possível identificar que em ambos os ambientes, foram registrados indivíduos com ampla faixa de tamanhos, refletindo a coexistência de diferentes classes de tamanho e sugerindo populações estruturalmente estáveis, semelhante aos resultados encontrados nos estudos de Brito, 2024).

Ao comparar as medidas entre os sítios de amostragem, constatou-se que a altura dos Sururus capturados no Mocajituba variou entre 8,5 e 16,3 mm, com uma média de 12,40 mm e um desvio padrão de 2,96 mm. Já os organismos capturados no Mojó apresentaram uma variação de 6,5 a 15,6 mm, com média de 11,48mm e desvio padrão de 3,42mm (Tabela 1).

Tabela 1- Parâmetros morfométricos de *Anomalocardia* sp. capturados nos estuários do Mojó e Mocajituba, município de Paço do Lumiar.

LOCAL	N	Altura			Largura			Comprimento			Peso total			Peso molusco		
		Min	Max	Média±Dp	Min	Max	Média±Dp	Min	Max	Média±Dp	Min	Max	Média±Dp	Min	Max	Média±Dp
Mocajituba	150	8,5	16,3	12,40±2,96	11,7	20,8	16,35±3,43	22,9	44,9	36,78±7,29	1,28	5,12	3,16±1,63	0,47	2,4	1,34±0,77
Mojó	150	6,5	15,6	11,48±3,42	10,6	20,1	16,03±3,43	29,9	49,5	38,88±6,82	1,18	5,01	2,94±1,57	0,38	1,84	1,09±0,57

DP: Desvio Padrão

Em relação à largura, os indivíduos capturados no Mocajituba obtiveram valores ligeiramente maiores, registrando variação de 11,7mm a 20,8mm, com média e desvio de 16,35 ± 3,43mm, enquanto os sururus capturados no Mojó variaram de 10,6 a 20,1 mm, apresentando média e desvio padrão de 16,03 mm ± 3,43mm.

Os maiores valores de comprimento foram registrados no Mojó, variando de 29,9 a 49,5mm, com média e desvio padrão de 38,88 ± 6,82mm, em comparação com

os espécimes obtidos no Mocajituba, que obtiveram variação de 22,9 a 44,9mm, apresentando média e desvio de $36,78 \pm 7,29$ mm.

Quanto aos parâmetros de biomassa, os indivíduos do Mocajituba apresentaram maior peso total médio $3,16 \pm 1,63$ g e maior peso médio do molusco $1,34 \pm 0,77$ g, quando comparados aos do Mojó $2,94 \pm 1,57$ g e $1,09 \pm 0,57$ g, respectivamente, sugerindo uma melhor condição corporal dos indivíduos no Mocajituba, possivelmente relacionada a uma maior estabilidade ambiental e menor estresse ambiental.

Nesse contexto, os valores médios de comprimento e peso observados em ambos os estuários indicam que os indivíduos alcançam tamanhos compatíveis com os registrados para a espécie em outros estuários brasileiros (Onodera, 2012). A presença de organismos maiores e com maior biomassa reflete condições ambientais adequadas ao crescimento somático, especialmente, em ambientes com boa disponibilidade alimentar e relativa estabilidade físico-química (Paternoster *et al.*, 2003).

Entre os organismos capturados durante o estudo, a variação observada reflete a coexistência de diferentes classes etárias e sugere condições ambientais favoráveis ao crescimento vertical da concha, que segundo Oliveira, 2019 está associada às condições ambientais locais, especialmente à disponibilidade alimentar e à estabilidade do substrato.

Na análise dos dados das amostras do sururu referente a altura da concha dos organismos, os indivíduos capturados no Mocajituba obtiveram os maiores valores, com variação de 13,5 a 20,1 mm, com média e desvio padrão de $16,30 \pm 2,74$ mm, enquanto os organismos obtidos no Mojó, variaram de 11,1 a 17,3 mm, com média e desvio de $14,22 \pm 2,98$ mm (Tabela 2).

Tabela 2: Parâmetros morfométricos de *Mytella sp.* capturados nos estuários do Mojó e Mocajituba, município de Paço do Lumiar.

LOCAL	N	Altura			Largura			Comprimento			Peso total			Peso molusco		
		Min	Max	Média±Dp	Min	Max	Média±Dp	Min	Max	Média±Dp	Min	Max	Média±Dp	Min	Max	Média±Dp
Mocajituba	150	13,5	20,1	16,30±2,74	20,5	29,5	24,54±3,48	19,4	25,6	22,57±2,58	3,64	9,15	6,19±2,65	0,32	1,38	0,81±0,49
Mojó	150	11,1	17,3	14,22±2,98	14,3	27,7	22,71±5,44	13,6	24,4	19,60±4,58	2,47	8,69	5,36±2,70	0,31	1,35	0,80±0,46

Dp: Desvio padrão

Ao comparar os valores obtidos de largura das conchas dos organismos, os

indivíduos capturados no Mocajituba também apresentaram os maiores valores, variando de 20,5 a 29,5 mm, com média e desvio padrão de $24,54 \pm 3,48$ mm e os espécimes capturados no Mojó mostraram média e desvio padrão de $22,71 \pm 5,44$ mm. Os valores de comprimento das conchas são amplamente utilizados como indicador do crescimento somático em bivalves (Das Chagas; Herrmann, 2016), e nesse estudo os valores mensurados também foram maiores nos indivíduos coletados no Mocajituba, com variação de 25,6 a 19,4 mm ($22,57 \pm 2,58$ mm), enquanto os indivíduos capturados no Mojó apresentaram a variação de 13,6 a 24,4 mm ($19,60 \pm 4,58$ mm).

Os parâmetros de biomassa de *Mytella* sp., expressos pelo peso total e pelo peso do molusco (tecido mole), evidenciaram diferenças entre os sítios de amostragem, pois novamente os indivíduos coletados no Mocajituba apresentaram maior peso total médio ($6,19 \pm 2,65$ g) quando comparados aos do Mojó ($5,36 \pm 2,70$ g), indicando maior acúmulo de biomassa geral no ambiente.

Em relação ao peso do molusco, os valores médios foram semelhantes entre os estuários, com $0,81 \pm 0,49$ g no Mocajituba e $0,80 \pm 0,46$ g no Mojó, sugerindo que, apesar das diferenças no peso total, o investimento energético nos tecidos moles foi comparável entre os sítios.

Esse padrão indica que as variações observadas no peso total podem estar mais associadas ao crescimento da concha do que propriamente ao desenvolvimento do tecido mole. Diferenças desse tipo são comuns em bivalves estuarinos e podem refletir variações locais nas condições ambientais (Costeira, 2024).

Segundo David (2007), as variações morfométricas em organismos do gênero *Mytella* sp. são fortemente influenciadas pelas características ambientais dos estuários, podendo resultar em populações com formas corporais diferenciadas mesmo em regiões geográficas próximas.

Esses padrões podem estar associados à elevada produtividade do ambiente, favorecida pela alta competência e aporte fluvial que disponibiliza uma alta concentração de nutrientes, sendo uma condição comum em estuários da região amazônica (Maia, 2015).

6.2 Distribuição espacial e temporal da concentração de MPs

O resultado da análise da PERMANOVA integrou os fatores locais de captura (Mocajituba e Mojó), períodos sazonais de investigação (período chuvoso, estiagem

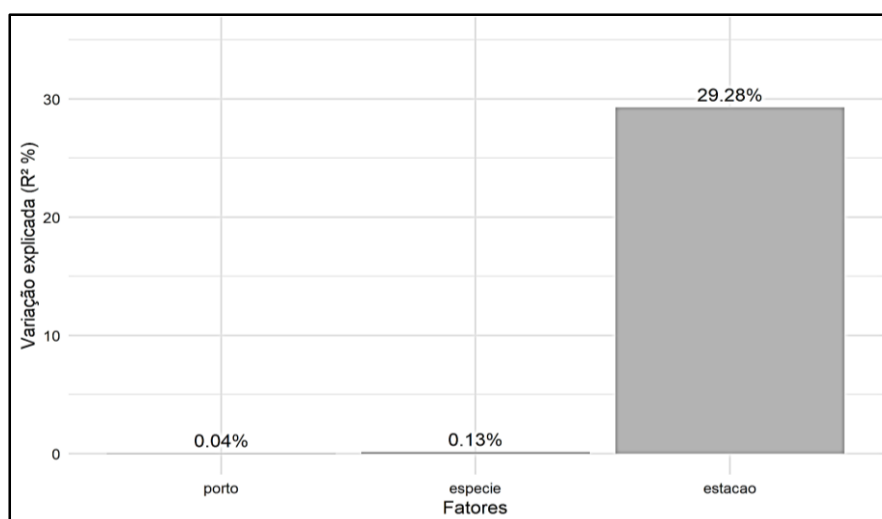
e transição) e espécies analisadas (*Anomalocardia* sp. e *Mytella* sp.) estão apresentados na (tabela 3).

O fator local não apresentou efeito significativo sobre a concentração de MPs ($p>0,05$) indicando que os níveis de exposição aos microplásticos foram semelhantes entre os portos avaliados, sugerindo uma distribuição espacial relativamente homogênea dos MPs nas áreas de estudo."

Em contraste, a estação (períodos de chuva, estiagem e transição) foi o principal fator da variação da concentração de MPs nos bivalves analisados ($p<0,001$), explicando 29,28% da variabilidade observada, evidenciando que a variação temporal exerce papel determinante na dinâmica desse contaminante no ambiente estudado (Figura 6). Alves (2024) sugere que os processos ambientais associados ao regime climático, especialmente, a precipitação pluviométrica, interfere diretamente na disponibilidade e no transporte de microplásticos.

Quanto ao fator espécie não foi evidenciado diferenças significativas na concentração de microplásticos entre o sururu e sarnambi ($p >0,05$), indicando que ambas as espécies apresentaram níveis semelhantes de microplásticos, sugerindo que não há seletividade evidente quanto à incorporação desse contaminante entre os organismos analisados.

Figura 6: Influência dos fatores de variação de concentração de microplástico



Fonte: próprio autor

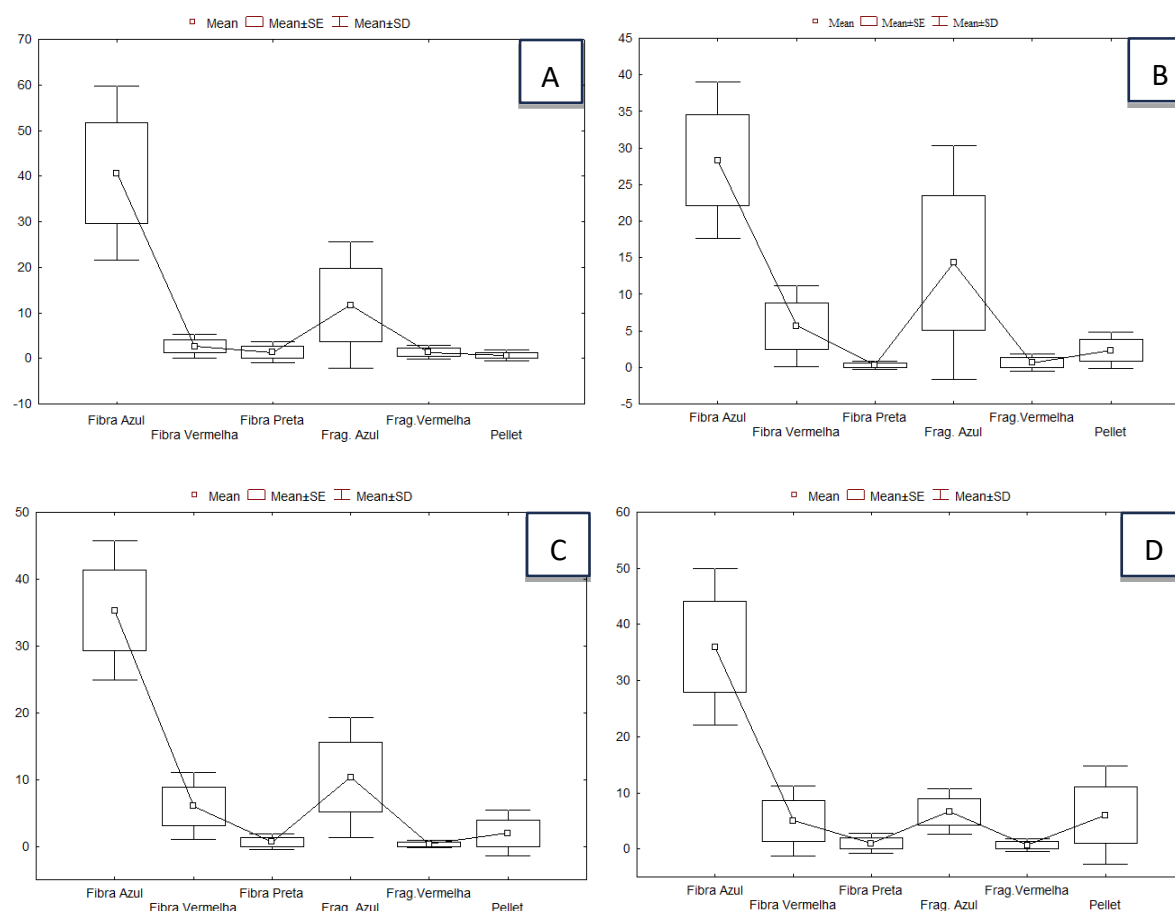
6.3 Caracterização dos Microplásticos

A análise da composição e abundância de microplásticos nos indivíduos

investigados, evidenciou um padrão consistente de contaminação, marcado pelo predomínio de fibras, especialmente fibras azuis, independentemente da espécie ou do ambiente analisado, semelhante aos estudos de Dhimmer (2017) em que 39% das fibras plásticas encontradas eram de coloração azul, o que é corroborado com os achados deste trabalho.

No Sururu, observou-se maior abundância de microplásticos no Mojó em comparação ao Mocajituba, sobretudo associada às fibras azuis, que segundo Browne (2011) são associadas com a liberação de fibras sintéticas de roupas durante a lavagem. As fibras vermelhas e pretas ocorreram de forma pontual, com médias próximas de zero e baixa dispersão, enquanto os fragmentos vermelhos e os pellets apresentaram contribuição reduzida para a composição total (Figura 7A e 7B).

Figura 7: Abundância média dos tipos de microplásticos em sururu e sarnambi nos ambientes de Mojó e Mocajituba: (A) Sururu–Mojó; (B) Sarnambi–Mojó; (C) Sururu–Mocajituba; (D) Sarnambi–Mocajituba.).

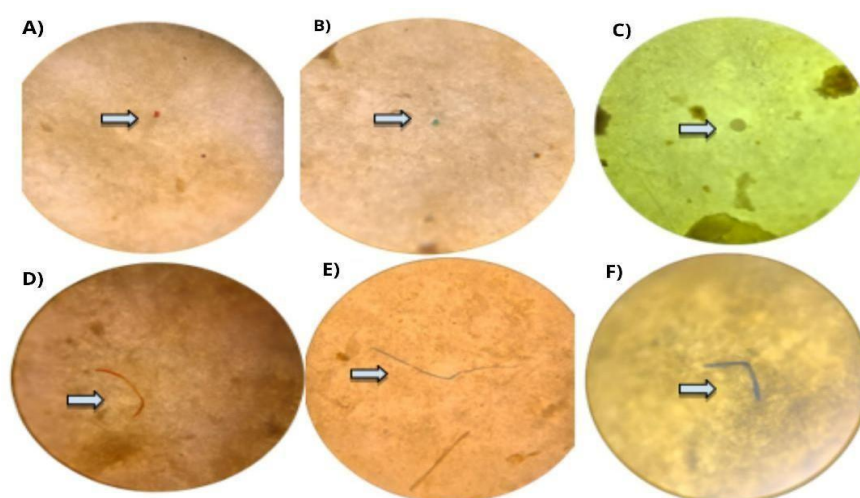


Para o Sarnambi, os resultados foram semelhantes aos observados para o sururu, com predominância de fibras azuis em ambos os ambientes (Figura 7A e 7B). Quando avaliamos o Mojó, destacaram-se valores médios intermediários de

fragmentos azuis e maior variabilidade dos fragmentos azuis, enquanto em Mocajituba foi observado o aumento relativo na ocorrência de pellets, embora ainda em baixas concentrações. As fibras pretas permaneceram pouco representativas em todos os cenários, indicando baixa disponibilidade ambiental ou menor incorporação por parte dos organismos (Figura 7).

Na figura 8 podem ser observados os filtros com respectivos MP encontrados durante as amostras.

Figura 8: Microplásticos encontrados: A) Fragmento vermelho; B) Fragmento azul; C) Pellet; D) Fibra vermelha; E) Fibra azul; F) Pellet azul.



Quando avaliados os percentuais da presença de MPs (Tabela 3) no sururu em relação ao morfotipo nos ambientes, é possível identificar que 39,39% das amostras eram fibras, seguidas dos fragmentos 10,76% e *pellets* 1,21%; comprovando que as fibras de MPs são os poluentes mais encontrados nos espécimes e podem estar associadas a maior proximidade de centros urbanos (Machado *et al.*, 2021).

Quando avaliamos os mesmos percentuais para o sarnambi, as fibras representaram 34,70% das concentrações totais mensuradas durante o estudo, seguidas dos fragmentos (10,15%) e *pellets* com 3,79% corroborando com os estudos de Escrobot *et al.*, (2024) e Ruangpanupan *et al.*, (2023) que confirmam que fibras e filamentos representam grande parte dos MPs encontrados em bivalves brasileiros, reforçando o papel dessas partículas como principais componentes da poluição plástica ingerida por organismos filtradores.

Tabela 3: Percentual das concentrações de microplásticos encontrados em ambos os ambientes avaliados.

LOCAL	Fibra azul		Fibra vermelha		Fibra Preta		Frag. Azul		Frag.Vermelha		Pellet	
	<u>Sururu</u>	<u>Sarnambi</u>	<u>Sururu</u>	<u>Sarnambi</u>	<u>Sururu</u>	<u>Sarnambi</u>	<u>Sururu</u>	<u>Sarnambi</u>	<u>Sururu</u>	<u>Sarnambi</u>	<u>Sururu</u>	<u>Sarnambi</u>
Mocajituba	64,63%	65,06%	10,98%	9,04%	1,22%	1,81%	18,9	12,05%	0,61%	12,05%	3,66%	10,84%
Mojó	69,71%	54,84%	4,57%	10,97%	2,29%	0,65%	20,00%	27,74%	2,29%	1,29%	1,14%	4,52%

6.4 Coeficiente de Correlação de Kendall

Para avaliar a relação entre o número de partículas ingeridas e o peso dos organismos foi realizado o coeficiente de Kendall (t), para considerar os gêneros *Mytella sp.* e *Anomalocardia sp.* nos períodos (chuvoso, transição e estiagem) em ambos estuários. No Mocajituba, para o genero *Mytella*, os valores de (t) apresentaram correlação fraca ($t=0,1743$), ausencia de correlação na estiagem ($t=0,00229$) assim como no periodo de transição ($t=-0,059759$).

Esses resultados mostram que a ingestão de microplástico pelos organismos do gênero *Mytella sp* apresenta baixa relação com peso corporal ao longo do ano. No periodo chuvoso ($t=0,1743$), o aumento do aporte fluvial e carga de particulas em suspensão no ambiente favorece para uma correlação positiva, uma vez que individuos maiores filtram maior volume de água, entretanto, essa associação permanece fraca devido ao fator seletivo da filtração e a elevada variabilidade ambiental (Cardoso et al., 2025).

Na estiagem, houve uma estabilidade e distribuição mais homogênea das partículas, resultando em uma correlação praticamente nula, pois de acordo com Rabelo et al. (2025) indivíduos de diferentes tamanhos ingerem proporcionalmente a mesma quantidade de microplástico. Já no periodo de transição a variação na instabilidade ambiental como variação de salinidade, turbidez e dinamica sedimentar, explica a inversão do sinal de correlação, mesmo que seja de fraca correlação.

No gênero *Anomalocardia sp.* No mesmo porto, observou-se correlação negativa no período chuvoso ($t= -0,061913$) e correlação positiva no período de transição ($t= 0,16756$) e principalmente na estiagem, quando foi registrado o maior valor de t ($t= 0,44672$), indicando uma associação moderada entre o peso do organismo e o número de microplásticos ingeridos (Tabela 4). Durante o período chuvoso o aporte de sedimentos finos pode diluir a concentração de microplástico no substrato, reduzindo a relação direta com o tamanho dos indivíduos. Por outro lado,

na estiagem, a maior estabilidade do sedimento favorece a acumulação de microplástico na camada superficial, aumentando a exposição dos organismos maiores, que apresentam maior capacidade de filtração e bioturbação, o que explica a correlação positiva moderada observada (Escrobot *et al.*, 2024).

No Mojó, o gênero *Mytella* sp. apresentou correlação negativa nos períodos chuvoso ($t = -0,051919$) e transição ($t = -0,1095$), enquanto na estiagem foi registrada correlação positiva moderada ($t = 0,2658$). Para *Anomalocardia* sp., os valores de t não indicam correlação no período chuvoso ($t = 0,0606$), correlação negativa fraca no período de transição ($t = -0,1612$) e correlação positiva fraca e moderada na estiagem ($t = 0,2489$) (Tabela 4). Os resultados adquiridos indicam que, em um ambiente com maior influência marinha e hidrodinâmica, mas intensa, como o estuário do rio Santo Antônio, a ingestão de microplásticos por *Mytella* sp. tende a ser menos durante períodos de maior instabilidade ambiental, possivelmente, devido a redistribuição contínua das partículas pela ação das marés.

Na estiagem, entretanto, a maior estabilidade das condições ambientais pode favorecer uma relação mais consistente entre o peso corporal e a ingestão de microplástico, resultando em correlação positiva. Os valores da *Anomalocardia* no Mojó indicaram correlação positiva fraca no período chuvoso, correlação negativa fraca no período de transição e correlação positiva fraca moderada na estiagem. Assim como observado no Mocajituba, a maior associação na estiagem reforça a influência da estabilidade sedimentar sobre a ingestão de microplástico por esse gênero. A correlação negativa no período de transição está relacionada à maior instabilidade do sedimento e à distribuição irregular das partículas, reduzindo a relação direta entre o peso do organismo e a quantidade de microplástico ingerido (Parra *et al.*, 2025).

Tabela 4: Valores de correlação de Kendal (τ) obtidos para relação entre número de partículas microplásticas ingeridas e peso do organismo.

Mocajituba			
Gênero	Período		
	Chuvoso	Transição	Estiagem
<i>Mytella</i>	0,1743	-0,059759	0,022942
<i>Anomalocardia</i>	-0,061913	0,16756	0,44672
Mojó			
Gênero	Período		
	Chuvoso	Transição	Estiagem
<i>Mytella</i>	-0,051919	-0,10947	0,2658
<i>Anomalocardia</i>	0,060563	-0,16119	0,24889

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos confirmam a contaminação por microplástico nos organismos *Anomalocardia sp* e *Mytella sp*, mostrando a presença significativa de fibras e fragmentos azuis, tanto no Mojó quanto no Mocajituba, confirmando, portanto, que ambos servem como bioindicadores de contaminação ambiental por microplásticos por apresentarem padrões semelhantes de incorporação de microplásticos; sugerindo que a exposição ambiental, principalmente, aos efluentes domésticos e atividades urbanas são os fatores predominantes sobre possíveis diferenças fisiológicas ou comportamentais assim como a degradação dos resíduos plásticos maiores.

A análise dos parâmetros morfométricos evidenciou a presença de indivíduos pertencentes a distintas classes de tamanho, indicando populações estruturalmente estáveis nos dois estuários. O fator sazonalidade destacou-se como o principal fator estruturante da variação na concentração de microplástico nos bivalves analisados, evidenciando que os processos ambientais associados ao regime pluviométrico exercem papel determinante na dinâmica de transporte, disponibilidade e incorporação dessas partículas no ambiente estuarino.

8. REFERÊNCIAS

CIEL – Center for International Environmental Law. Relatório técnico sobre poluição por plásticos e microplásticos nos ambientes aquáticos. Washington, DC: Center for International Environmental Law, 2023

ALMEIDA, Matheus Vinicius Garcia. Proposição de dimensionamento hidráulico de obra de arte especial: estudo de caso do trecho da travessia do rio Paciência com a MA-201. 2024.

ALVES, Aline Vecchio et al. Influence of CO₂-induced acidification and temperature increased on the toxicity of metals in sediment in the mussel *Mytella charruana*. **Frontiers in Ocean Sustainability**, v. 3, p. 1575728, 2025.

ALVES, Ravena Santiago. O ciclo de maré influencia a dinâmica de microplásticos em um estuário do semi-areado brasileiro?. 2024.

ANDRADY, Anthony L. Microplásticos no ambiente marinho. Boletim de poluição marinha , v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011.

AUTA, Helen Shnada; EMENIKE, Chijioke U.; FAUZIAH, Shahul Hamid. 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.

BARBIERI, Edison et al. Moluscos da Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo, Brasil: Implicações para a conservação e desenvolvimento sustentável. *Hoehnea*, v. 52, p. e182024, 2025.

BATISTA, Carolina de Paula; FERREIRA, Ágata de Almeida; SILVA, Guilherme José da Costa. Situação dos estudos sobre peixes bioindicadores brasileiros, uma revisão. *Acta Limnológica Brasiliensia* , v. 36, p. e14, 2024.

BLETTLER, Martín CM et al. Poluição plástica em água doce: reconhecendo vieses de pesquisa e identificando lacunas de conhecimento. *Water research* , v. 143, p. 416-424, 2018.

BORGES, Ana Thais Freitas. Desenvolvimento espacial e gestão da água: as intervenções de drenagem urbana no Córrego 1º de Maio em Belo Horizonte e no Rio

Paciência em São Luís a partir da percepção dos moradores. 2020.

BOTTERELL, Zara LR et al. Ingestão de microplásticos em zooplâncton do Estreito de Fram no Ártico. *Science of the Total Environment* , v. 831, p. 154886, 2022.

BRITO, Lucas. Padrões morfogeométricos de *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Bivalvia: Veneridae) ao longo da costa brasileira. 2024. 56 f. Dissertação (mestrado em Ciências Marinhas Tropicais)- Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

BROCARD, Giulia de Souza et al. Avaliação da presença de microplásticos (MPs) em três espécies de bivalves cultivadas na Ilha de Santa Catarina, Brasil. 2022.

BRUZACA, David NA et al. Occurrence of microplastics in bivalve molluscs *Anomalocardia flexuosa* captured in Pernambuco, Northeast Brazil. *Marine pollution bulletin*, v. 179, p. 113659, 2022.

CABRAL, Mateus Antonio Caldas et al. Análise de Inundação no Alto curso do Rio Paciência: São Luís, Maranhão (Brasil). 2023.

CARDOZO, Ana Lúcia P. et al. Interações do plástico com organismos aquáticos brasileiros: uma revisão sistemática das tendências de pesquisa e lacunas de conhecimento. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* , v. 97, n. Supl. 3, p. e20241391, 2025.

CASAGRANDE, Naiara Machado. Inclusão dos impactos dos resíduos plásticos no ambiente marinho em avaliação de ciclo de vida. 2018. **(Dissertação submetida ao programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina).**

Castro, A.C.L. Diversidade da assembléia de peixes em igarapés do estuário do Rio Paciência (MA- -BRASIL). *Atlântica*, Rio Grande, v.23, p.39-46, 2001.

CENTER FOR INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW (CIEL). Reducing Plastic Production to Achieve Climate Goals: Key Considerations for the Plastics Treaty Negotiations. Washington, D.C.: CIEL, 2023.

CORREIA, Cátia Filipa Rodrigues. Estudo da Variabilidade das Características físicas

e Químicas da Água ao Longo do Baixo Estuário do rio Arade: Influência de Diferentes Escalas Temporais. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade do Algarve (Portugal).

COSTEIRA, Inês Maria da Cruz Moreira Dinis. Análise das variações espaciais das espécies de bivalves com valor comercial em sistemas costeiros portugueses. 2024.

DA SILVA RODRIGUES, Thaís; FRANÇA, Danyella Vale Barros; DA SILVA, Quésia Duarte. Aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios no médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, ilha do maranhão-brasil. Revista Contexto Geográfico, v. 8, n. 17, p. 15-35, 2023.

DAVID, José Augusto de Oliveira. Estudo de *Mytella falcata* (Mollusca, Bivalvia) como indicadora de efeitos genotóxicos e citotóxicos no estuário de Santos, SP. 2007.

DE QUADROS, Rosiléia Marinho et al. INTERFACE ALIMENTO X ANIMAL X AMBIENTE PARA *Klebsiella pneumoniae* e *Salmonella* spp. EM OSTREÍDEOS: UM PROBLEMA DE SAÚDE PÚBLICA. Revista Destaques Acadêmicos, v. 17, n. 3, 2025.

DE SOUSA, Claudio Baltazar et al. Qualidade microbiológica de ostras e de águas em manguezais de macromaré da costa amazônica (ilha de São Luís, MA), Brasil. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 28, p. e20220051, 2023.

DRIS, Rachid et al. Synthetic fibers in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment? Marine pollution bulletin, v. 104, n. 1-2, p. 290-293, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.006>

ERBISTI, Bruno; MARZAGÃO, David Kohan; BRAGANHOLO, Vanessa. Uma extensão da métrica Tau de Kendall para avaliar dissimilaridades entre séries de dados. Journal of the Brazilian Computer Society, v. 30, n. 1, p. 286-296, 2024.

ESCROBOT, Márcia et al. Microplásticos em ambientes costeiros brasileiros: uma revisão sistemática. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v. 59, p. e1719-e1719, 2024.

FEITOSA, A.C. Atlas escolar do Maranhão: espaço geo-histórico e cultural. João Pessoa, ed. grafset, 2006.

FERREIRA, M. J. Impactos ambientais recentes na área da bacia do rio Santo Antônio, Paço do Lumiar - MA. 2003. 41f. Monografia (Graduação em Geografia) -

Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2003.

FREITAS, Christiano Teixeira de et al. Aspectos hidrobiogeoquímicos e ambientais do sistema estuarino de Raposa, MA. 2024.

FREITAS, FERNANDA et al. Qualidade sanitária de sururu (*Mytella guyanensis*) beneficiado por comunidade quilombola. Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 9-18, 2015.

GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. Produção, uso e destino de todos os plásticos já fabricados. Science advances , v. 3, n. 7, p. e1700782, 2017.

GÓMEZ, Victor Stive Flores. Eficiência da utilização da comunidade do fitoplâncton e parâmetros ambientais na avaliação da qualidade de água em setores ambientalmente críticos do Lago Titicaca, Perú. 2025.

GONÇALVES JÚNIOR, Tarcísio Augusto. Extrativismo de *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) em uma área de proteção ambiental, Rio Grande do Norte, Brasil: aspectos sociais, econômicos e ambientais. 2023. 176 f. tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

GONÇALVES, A.C., Ocorrência de microplástico em zonas intermareais e suas relação com variáveis ambientais. 2016 Dissertação de (Mestrado). Universidade de Lisboa, Lisboa.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Palaeontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaentologia Electronica 4(1): 9p. 2003.

IBRAHIM, Najwa et al. Poluição por microplásticos: fontes, mecanismos de degradação, avanços analíticos e estratégias de mitigação para a sustentabilidade ambiental. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology , v. 263, n. 1, p. 1-42, 2025.

Jabeen K, Su L, Li J, Yang D, Tong C, Mu J, Shi H. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. Environ Pollut. 2017 Feb;221:141-149. doi: 10.1016/j.envpol.2016.11.055. Epub 2016 Dec 7. PMID: 27939629.

JESUS, Dione Milena Moraes de et al. Estratégias de sustentabilidade para um ecoturismo na zona costeira maranhense, município de Paço do Lumiar. 2024.

KOELMANS, Albert A. et al. Microplásticos em águas doces e água potável: revisão crítica e avaliação da qualidade dos dados. *Water research* , v. 155, p. 410-422, 2019.

LEBRETON, Laurent CM et al. Emissões de plástico dos rios para os oceanos do mundo. *Nature communications* , v. 8, n. 1, p. 15611, 2017.

LI, Jiana et al. Microplásticos em mexilhões ao longo das águas costeiras da China. *Poluição ambiental* , v. 214, p. 177-184, 2016.

LIMA, Dayvison Felismindo; DI BENEDITTO, Ana Paula Madeira; DE ASSIS FRANCO, Roberto Weider. Bivalves como biomonitores ambientais: uma revisão de literatura. *Conjecturas*, v. 22, n. 2, p. 1142-1156, 2022.

MUNIZ, JA et al. High-Fidelity Universal Gates in the ^{171}Yb Ground-State Nuclear-Spin Qubit. **PRX Quantum** , v. 6, n. 2, p. 020334, 2025.

MACHADO, Juliana Araújo et al. Análise da presença de microplástico em bivalves (Perna perna): um estudo de caso em Matinhos, litoral do Paraná. *Rev. Bras. Des. Territ. Sust*, v. 7, n. 1, 2021.

MAIA, Allyssandra Maria Lima Rodrigues. Aspectos da ecologia populacional do bivalve *Anomalocardia brasiliensis* em região estuarina do semiárido do nordeste do Brasil. 2015. PATERNOSTER, Simone Carpes et al. Ciclo reprodutivo do marisco-do-mangue *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) no manguezal do Rio Tavares-Ilha de Santa Catarina/SC. 2003.

MONTEIRO, Fábio Henrique Bezerra et al. ANÁLISE DAS CAUSAS DE DESATIVAÇÃO DO SISTEMA CURURUCA DE CAPTAÇÃO SUPERFICIAL EM PAÇO DO LUMIAR, MARANHÃO. *Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente* , v. 2, pág. 49-62, 2020.

MUÑIZ, Rebecca; RAHMAN, Md Saydur. Microplásticos em ambientes costeiros e marinhos: uma questão crítica da poluição plástica em organismos marinhos, contaminação de frutos do mar e implicações para a saúde humana. *Journal of Hazardous Materials Advances* , v. 18, p. 100663, 2025.

OLIVEIRA, I. A.; SILVA, M. R.; SOUZA, L. F.; LIMA, J.P. Factors regulating the distribution and abundance of *Anomalocardia flexuosa* in a hypersaline estuary on the Brazilian semiarid coast. *Journal of Coastal Research*, Fortaleza, v. 35, n.2, p. 123-135, 2025.

OLIVEIRA, Ítala; SILVA, Ellano; ROCHA-BARREIRA, Cristina. Morphometric relationships as proxies for reproductive maturity in the clam *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767). *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 51, p. e909, 2025.

ONODERA, Fabio Kiyoshi. Mortalidade dos bivalves estuarinos, *Mytella falcata* e *Mytella guyanensis*, expostos a diferentes salinidades e temperaturas. Instituto de Pesca, 2012.

PAL, Divya et al. Microplastics in aquatic systems: A comprehensive review of its distribution, environmental interactions, and health risks. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 32, n. 1, p. 56-88, 2025.

PARRA, Duclerc Fernandes et al. Microplásticos no estuário de Santos São Vicente – Ponto crítico em sedimentos causado por eventos hidrodinâmicos de baixa energia em áreas densamente povoadas. *Marine Pollution Bulletin*, v. 210, p. 117286, 2025.

PATERNOSTER, Simone Carpes et al. Ciclo reprodutivo do marisco-do-mangue *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) no manguezal do Rio Tavares-Ilha de Santa Catarina/SC. 2003.

PIMENTA, João Batista Costa et al. Qualidade microbiológica da água em locais de pesca artesanal no Rio Santo Antônio como subsídio de monitoramento costeiro no município de Paço do Lumiar–MA. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 3, p. 14998-15009, 2020.

PINHEIRO, Karina Suzana Feitosa et al. Hidroquímica e análise da capacidade de autodepuração do Rio Paciência, Ilha do Maranhão, Nordeste do Brasil: Hydrochemistry and analysis of the self-purification capacity of the Paciência River, Maranhão Island, Northeast Brazil. *Geosciences= Geociências*, v. 44, n. 1, p. 83-101, 2025.

POMPEO., RANI-BORGES, B. PAIVA, T.C.B. Microplástico nos ecossistemas: impactos e soluções. São Paulo: Instituto de Biociencia, Universidade de São Paulo, 2022., 216p.

QUINTELA, Daniel Uchôa et al. Utilização da concha de sururu (*Mytella falcata*) na remoção de corantes de solução aquosa. 2020.

R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

RABELO, Emanuelle Fontenele et al. Poluição por microplásticos em espécies de bivalves de habitats de mangue tropical. Estudos Regionais em Ciências Marinhas , p. 104227, 2025.

RANI-BORGES, Bárbara; VICENTE, Eduardo; POMPEO, Marcelo. Plásticos e microplásticos: Poluição em reservatórios. Aspectos da ecotoxicidade em ambientes aquáticos, p. 274, 2022.

REQUIRON, Judea Christine M.; BACOSA, Hernando P. Transporte e deposição de macroplásticos nos arredores do rio Pulauan, cidade de Dapitan, Filipinas. **Philippine Journal of Science** , v. 151, n. 3, p. 1211-1220, 2022.

RUANGPANUPAN, Natenapa et al. Seasonal variation in the abundance of microplastics in three commercial bivalves from Bandon Bay, Gulf of Thailand. Marine Pollution Bulletin, v. 197, p. 115600, 2023.

SANTOS FILHO, Francisco Marques dos. Influência sazonal na variação espacial de moluscos em estuários da costa semiárida brasileira. 2025.

SANTOS, Felipe Oliveira dos. ORGANISMOS BIVALVES COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA E BIBLIOMÉTRICA. 2025.

SANTOS, Jovenilson Ferreira dos; NASCIMENTO, Jaielle Rodrigues; SIMÕES, Nadson Ressayé. Effects of urban pollution on zooplankton diversity along the Almada River (Bahia, Brazil). Acta Limnologica Brasiliensia, v. 37, p. e103, 2025.

SILVA, David Leonardo Bouças da et al. Poluição plástica no litoral brasileiro: percepções de gestores de meios de hospedagem sobre consumo de descartáveis. Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo, v. 16, p. e-2481, 2023.

SILVA, Thaina Sousa da et al. Diagnóstico ambiental e o processo de urbanização na

microbacia costeira do Rio da Prata, na região metropolitana de São Luís, Maranhão. 2022.

SUORDEM, B. Toxicological impact of microplastics on the aquatic environment and interaction with other pollutants. *Scientific Letters*, v. 1, n. Sup 1, 2023.

THIEMANN, Thies. Microplastic in the marine environment of the indian ocean. *Journal of Environmental Protection*, v. 14, n. 4, p. 297-359, 2023.

TISEO, Ian. Global Plastic Production 1950–2020 [WWW Document]. Statista. URL, 2022.

UNEP – United Nations Environment Programme (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). *Relatório Anual 2023*. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2023.

WRIGHT, Stephanie L.; THOMPSON, Richard C.; GALLOWAY, Tamara S. Os impactos físicos dos microplásticos em organismos marinhos: uma revisão. *Poluição ambiental* , v. 178, p. 483-492, 2013.

Yancheva, V.; Velcheva, I.; Georgieva, E.; Stoyanova, S.; Todorova, B.; Antal, L.; Nyeste, K. As espécies de *Mytilus* são bioindicadores adequados para avaliar a poluição aquática ao longo da costa do Mar Negro? Uma revisão. *Ecol. Balk.* 2023 , 15 , 49–76.

YANG, Shanshan et al. Uma análise bibliométrica da poluição por microplásticos em ambientes aquáticos de 2013 a 2023. *Sustainable Environment Research* , v. 35, n. 1, p. 19, 2025.

YANG, Kangning et al. Desafio NTIRE 2025 sobre remoção de reflexos em imagens individuais em ambientes reais: conjuntos de dados, métodos e resultados. In: **Anais da Conferência de Visão Computacional e Reconhecimento de Padrões** . 2025. p. 1301-1311.

ZANTIS, Laura J. et al. Marine mammals and microplastics: A systematic review and call for standardisation. *Environmental Pollution*, v. 269, p. 116142, 2021.

ZHAO, Xinye et al. Ecosystem-level effects of filter-feeding bivalves enhancement in Bohai Bay: An Ecopath modeling approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, p.