



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS BACHARELADO

BEATRYZ LUNA DA SILVA

Investigação da presença de microplásticos em caranguejos do gênero *Uca*
(Chama-maré) em área estuarina preservada

Recife
2025

Beatryz Luna da Silva

**Investigação da Presença de Microplásticos em Caranguejos do Gênero *Uca*
(Chama-maré) em Área Estuarina Preservada**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Ciências
Biológicas Bacharelado da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel

Orientador (a): Sigrid Neumann Leitão

Coorientador (a): Cynthia Dayanne Mello de Lima/ Simone Maria de Albuquerque
Lira

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Beatryz Luna Da.

Investigação da Presença de Microplásticos em Caranguejos do Gênero Uca
(Chama-maré) em Área Estuarina Preservada / Beatryz Luna Da Silva. - Recife,
2025.

42p. : il.

Orientador(a): Sigrid Neumann Leitão

Coorientador(a): Cynthia Dayanne Mello De Lima

Coorientador(a): Simone Maria De Albuquerque Lira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas - Bacharelado, 2025.

1. Poluição. 2. Estuário. 3. Resíduos Plásticos. 4. Bioindicadores. I. Leitão,
Sigrid Neumann . (Orientação). II. Lima, Cynthia Dayanne Mello De.
(Coorientação). IV. Lira, Simone Maria De Albuquerque . (Coorientação). V.
Título.

570 CDD (22.ed.)

Beatryz Luna da Silva

**Investigação da Presença de Microplásticos em Caranguejos do Gênero *Uca*
(Chama-maré) em Área Estuarina Preservada**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Ciências
Biológicas Bacharelado da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel.

Aprovado em: 01/08/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Sigrid Neumann Leitão (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Nathalia Lins Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Anne Karolline Ribeiro Costa (Examinador Externo)
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

AGRADECIMENTOS

Todo caminho é mais leve quando não se percorre sozinho. Este trabalho é resultado de muitas mãos, palavras e gestos que, direta ou indiretamente, me sustentaram durante a caminhada. Ninguém escreve um TCC sozinho, e se escreve, está fazendo errado. Esse trabalho é resultado de uma caminhada que envolveu café, conselhos e paciência alheia. Antes de seguir com os agradecimentos, deixo registrado meu sincero reconhecimento a todos que fizeram parte dessa jornada.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, por ter me dado todas as oportunidades para que esse trabalho desse certo, por ter me dado forças para não desistir. Sem ele nada disso seria possível.

Aos meus pais, Suely e Roberto. Mãe, muito obrigada por ser meu farol e ter me guiado, por todos os conselhos, pelas dicas acadêmicas, por ser minha grande inspiração de força e amor e por sempre confiar no meu potencial. Pai, muito obrigada por ser minha fortaleza em todos os momentos de necessidade, pelo carinho, por ser meu melhor amigo e por todo o amor. Vocês são a base de tudo, muito obrigada por cada incentivo e principalmente por terem me ensinado tudo que sei. Obrigada por serem meu exemplo todos os dias. Sou um reflexo de todo o esforço e dedicação que vocês sempre tiveram por mim.

A minha Gracinha, obrigada por tantos cuidados e puxões de orelha, você faz meus dias serem muito melhores. Obrigada também por cuidar de mim quando criança e agora adulta.

Ao meu amor, João Gabriel, muito obrigada por ter me incentivado tanto, por todo o apoio e suporte e principalmente por todo o amor que você sempre me deu. Você me completa em todos os sentidos.

A minha orientadora Professora Sigrid, muito obrigada pela oportunidade que me foi dada de concluir essa etapa em um laboratório tão incrível e por se mostrar tão disponível sempre.

As minhas queridas Coorientadoras Cynthia e Simone, muito obrigada por todos os ensinamentos, pela paciência e principalmente por toparem estar nessa jornada.

As minhas amigas/irmãs, Júlia, Letícia, Eduarda e Helena, muito obrigada por sempre estarem comigo em todas situações, por todo o apoio que vocês sempre me deram e por serem minha fonte constante de amor e força. E aos meus amigos do

POLARIZOU, muito obrigada por sempre se mostrarem presentes, mesmo que eu muitas vezes não esteja, dividir a vida com vocês é muito bom, amo muito cada um de vocês.

Aos meus amigos de faculdade, em especial meus bezerrinhos, Maria Júlia, Laura, Julieta, Beatriz, Rafael, Renan e Gabriel, por acompanharem de perto toda a minha graduação e por fazerem meus dias mais felizes e divertidos.

As minhas amigas Carolina, Maria Luiza e Maria Clara, ter vocês nesse final de faculdade me ajudou muito a continuar forte, amo vocês.

Aos meus amigos do Labzoo, em especial, Richard que em pouco tempo já se mostrou ser uma pessoa incrível.

Ao Laboratório de Oceanografia Química (LOQuin) coordenado pelo professor Manoel Montes e Laboratório de Compostos Orgânicos em Ecossistemas Costeiros e Marinhos (OrganoMAR) coordenado pelos professores Eliete Zanardi Lamardo e Gilvan Yogui.

Ao Laboratório de Cordados Marinhos (LACMar), coordenado pela professora Silvia Schwamborn. A professora, agradeço pela disponibilidade e por ter me ensinado muito. E a Danny, por ter me ajudado diversas vezes.

"O que você faz, faz a diferença, e você precisa decidir que tipo de diferença quer fazer."

— Jane Goodall

RESUMO

Microplásticos (MPs) têm sido amplamente encontrados em ecossistemas marinhos e representam riscos potenciais para diversos organismos. Poucos estudos têm investigado sobre esses resíduos em ecossistemas de manguezais. Esse trabalho visou verificar a presença, quantificar e classificar microplásticos encontrados em caranguejos chama-maré (*Uca spp.*) no estuário do rio Mamanguape-PB durante os períodos seco e chuvoso. Os caranguejos foram coletados manualmente de forma aleatória no mesmo local, durante os meses de fevereiro e julho de 2025. No total, 38 indivíduos foram coletados.. Foi observado a presença de microplásticos em ambos períodos, porém houve um aumento significativo na abundância de microplásticos no período chuvoso onde um total de 133 partículas foram identificadas. Os resultados mostraram que os valores de abundância de microplásticos variam entre 1-17 partículas/ind. em caranguejos chama-maré. A forma dominante de MPs detectados foram fragmentos com tamanhos de 21,51 μ m até 837,47 μ m. Os resultados indicam que, mesmo em áreas de preservação ambiental, caranguejos estão expostos à contaminação por microplásticos, ressaltando a importância do monitoramento ambiental contínuo em ecossistemas estuarinos.

Palavras-chave: Poluição; Estuário; Resíduos Plásticos; Bioindicadores

ABSTRACT

Microplastics (MPs) have been widely found in marine ecosystems and pose potential risks to various organisms. Few studies have investigated these pollutants in mangrove ecosystems. This study aimed to detect, quantify, and classify microplastics found in fiddler crabs (*Uca* spp.) in the Mamanguape River estuary (Paraíba, Brazil) during the dry and rainy seasons. Crabs were manually and randomly collected from the same location during the months of February and July 2025. A total of 38 individuals were collected. Microplastics were observed in both seasons, but there was a significant increase in abundance during the rainy season, when 133 particles were identified. The results showed that microplastic abundance ranged from 1 to 17 particles per individual in fiddler crabs. The dominant form of MPs detected was fragments, with sizes ranging from 21.51 μm to 837.47 μm . The results indicate that, even in environmentally protected areas, crabs are exposed to microplastic contamination, highlighting the importance of continuous environmental monitoring in estuarine ecosystems.

Keywords: Pollution; Estuary; Plastic Wast; Bioindicators

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 –	Localização dos pontos de coleta dos caranguejos no estuário do rio Mamanguape, Paraíba (PB)	21
Figura 02 –	Caranguejo chama-maré (gênero <i>Uca</i>) coletado no estuário do rio Mamanguape, Paraíba.	22
Figura 03 –	Quantidade de caranguejos por gênero.	24
Figura 04 –	Média do peso dos caranguejos coletados no período seco e chuvoso	25
Figura 05 –	Largura e comprimento (mm) dos indivíduos coletados em período seco	26
Figura 06 –	Largura e comprimento (mm) dos indivíduos coletados em período chuvoso.	27
Figura 07 –	Largura e comprimento (μm) dos indivíduos coletados no período seco e chuvoso.	27
Figura 08 –	Presença e quantidade de MPs coletados nos indivíduos	28
Figura 09 –	Presença e quantidade de MPs coletados nos indivíduos	28
Figura 10 –	Comparação dos indivíduos com ou sem microplásticos nos períodos secos e chuvosos.	29
Figura 11 –	Presença e quantidade de MPs coletados nos indivíduos.	
Figura 12 –	Tipos de microplásticos encontrados nos indivíduos	30
		31
Figura 13 –	Abundância dos microplásticos encontrados nos indivíduos	
Figura 14 –	Fragmentos e filamentos de microplásticos.	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MPs	Microplásticos
APA	Área de Proteção Ambiental
ONU	Organização das Nações Unidas
WWF	World Wide Fund for Nature
LOQuin	Laboratório de Oceanografia Química
OrganoMAR	Laboratório de Compostos Orgânicos em Ecossistemas Costeiros e Marinhos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Poluição por Microplásticos	13
2.2	Microplásticos em ambientes estuarinos	14
2.3	Impactos ecológicos causados por microplásticos	15
2.4	Gênero <i>Uca</i>	16
2.5	Gênero <i>Uca</i> como bioindicadores	17
3	OBJETIVO GERAL	18
3.1	Objetivos gerais	18
3.2	Objetivos específicos	18
4	MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1	Área de estudo	18
4.2	Amostragem e processamento	19
4.3	Prevenção contra contaminação	21
4.4	Análises dos dados	22
5	RESULTADOS	22
5.1	Caracterização dos caranguejos <i>Uca</i>	22
5.2	Presença de microplásticos de acordo com gênero	26
5.3	Presença de microplásticos de acordo com o período da coleta	27
6	DISCUSSÃO	30
6.1	Diferenças entre os períodos seco e chuvoso e gêneros dos animais	31
6.2	Número de microplásticos por indivíduos em períodos diferentes	32
6.3	Tipos de microplásticos encontrados	33
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da produção do lixo não é um problema atual. Desde a revolução industrial no século XIX que o mundo vem produzindo cada vez mais resíduos. A produção global de plásticos em 2012 foi de 288 milhões de toneladas (National Geographic, 2015) e hoje, depois de treze anos, a produção mundial aumentou 49%, chegando a produzir 430 milhões de toneladas de lixo em 2023 (ONU, 2023). O Brasil se encontra em 4º lugar no ranking de maiores produtores de lixo do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos, China e Índia (WWF, 2019), produzindo 11,3 milhões de toneladas de lixos plásticos por ano (FUNDAJ, 2019). Desses resíduos, cerca de 1,3 milhões de toneladas vão para os oceanos (Sinimbú, 2024).

Resíduos plásticos têm causado impactos significativos nos ambientes marinhos (Cole *et al.*, 2014). Esses resíduos representam uma parcela significativa da poluição em ecossistemas costeiros e já afetam diretamente animais e plantas. Quando são submetidos a processos físicos, químicos e biológicos no ambiente, os plásticos tendem a fragmentar-se em microplásticos (Mps), resíduos com tamanhos entre 1 µm e 5 mm (Frias e Nash, 2019). Esses processos são responsáveis pelo aumento do número dessas partículas na água. (Jambek *et al.*, 2015; Galloway *et al.*, 2017a). Os microplásticos são uma preocupação ambiental porque seu tamanho os torna acessíveis a uma ampla gama de organismos, com potencial para causar danos físicos e toxicológicos. (Law & Thompson, 2014).

O Manguezal é um ecossistema extremamente importante, com seu alto fluxo de nutrientes e sua grande diversidade de organismos, ele protege a zona costeira, reduz a poluição e ainda é responsável pela ciclagem dos nutrientes. Além disso, fornecem diversos bens e serviços aos seres humanos (Sandilyan & Kathiresan, 2012). Apesar da sua importância ecológica e social, o manguezal por ser um ecossistema costeiro e que também recebe o deságue de rios, podem acabar recebendo uma quantidade de lixo que são descartados nesses rios e que vão poluir e contaminar esse local, impactando negativamente a alimentação e vida dos animais e plantas que vivem nesse local.

Dentre os animais que compõem o manguezal, caranguejos do gênero *Uca* (Ocypodidae), conhecidos como caranguejos-violinistas ou chama-maré, se destacam por seu tamanho pequeno. A quela geralmente tem o mesmo tamanho do corpo, ou é maior. (Bezerra 2009). Os caranguejos chama-maré têm grande importância ecológica no ambiente em

que vivem, pois são organismos de baixo nível trófico, sendo uma importante fonte de alimento para pássaros e outros organismos (Zeil *et al.*, 2006). Eles possuem o comportamento de se enterrar no sedimento, e suas tocas desempenham um papel fundamental no ecossistema entremarés, pois permitem que a água entre no substrato (Zeil *et al.*, 2006). As tocas fornecem ambientes ricos em oxigênio para raízes e microrganismos do solo, desempenhando um papel fundamental no processo de reciclagem de nutrientes (Kristensen, 2008; Zeil *et al.*, 2006). Esses caranguejos se alimentam de diversas partículas orgânicas encontradas no sedimento (Natálio, 2016). A ingestão de microplásticos pode levar a um declínio no número de caranguejos, seja por microplásticos bloqueando suas brânquias, obstruindo seu trato digestivo ou por toxinas lixiviadas dos plásticos (Ziel *et al.*, 2006).

Organismos filtradores e de baixo nível trófico são os primeiros a serem afetados pela presença de microplásticos. Os caranguejos chama-maré (gênero *Uca*) são um importante indicador de quão saudável é o estuário, visto que estão na base da cadeia alimentar.

Partindo da premissa de que a abundância de microplásticos nos caranguejos do gênero *Uca* tende a ser maior no período chuvoso, em função do maior carreamento de partículas plásticas para o estuário pelo escoamento superficial e aporte fluvial, este estudo buscou verificar se esses contaminantes fazem parte da dieta desses organismos em um estuário considerado conservado, bem como avaliar possíveis variações sazonais em sua ocorrência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Poluição por Microplásticos

A produção anual de toneladas de plástico tem contribuído significativamente para o acúmulo de resíduos, especialmente nos ambientes marinhos, onde esses materiais podem persistir por muitos anos (Thompson *et al.*, 2004). Uma das principais preocupações atuais relacionadas à poluição plástica diz respeito às partículas de microplásticos, que, por serem extremamente pequenas, não são perceptíveis visualmente (Law & Thompson, 2014). Essas partículas são definidas como fragmentos

com menos de 5 µm de diâmetro, originados da degradação de resíduos plásticos presentes nos oceanos de todo o mundo.

Os microplásticos podem ser classificados conforme sua origem: microplásticos primários são partículas fabricadas intencionalmente pela indústria para uso em produtos cosméticos e de higiene pessoal; enquanto os microplásticos secundários resultam da fragmentação de plásticos maiores, ocasionada por processos como a ação das ondas, oxidação e exposição à radiação solar (Tirkey & Upadhyay, 2021). No cenário mundial, diversos estudos vêm sendo conduzidos com o objetivo de identificar a presença de microplásticos e compreender os impactos ambientais associados a essas partículas. Um levantamento bibliográfico sobre a ocorrência de microplásticos em amostras de água, sedimentos e organismos aquáticos em diferentes regiões, incluindo praias, rios e estuários, reuniu 74 estudos científicos. Dentre eles, 33 abordaram a presença de microplásticos na coluna d'água, 50 investigaram sua abundância em praias, ilhas, zonas costeiras e lagos, e 24 estudos analisaram a ocorrência dessas partículas em diferentes grupos de biota aquática (Prabhu, Pan & Krishnan, 2022).

2.2 Microplásticos em ambientes estuarinos

Os estuários são definidos como corpos d'água costeiros localizados entre a terra firme e o oceano, caracterizados por uma complexa interação de processos biológicos, geofísicos e químicos (Liu *et al.*, 2024). Essas interações tornam os estuários ambientes altamente sensíveis, porém de grande relevância ecológica, além de representarem importantes recursos físicos, econômicos e ambientais (Barbier *et al.*, 2015). Outra característica marcante desses ecossistemas é a elevada densidade de plâncton, microorganismos, flora e fauna bentônica (Kennish, 2002). Entre os diversos serviços ecossistêmicos prestados pelos estuários, destacam-se a ciclagem de nutrientes, o fornecimento de recursos pesqueiros e o uso recreativo (Costa *et al.*, 2018).

Esses ecossistemas costeiros recebem muita influência das ações humanas, a contaminação por plásticos ameaça a biodiversidade e também o equilíbrio ecológico desses ambientes (Borges, 2024). Neste contexto, diversas pesquisas trazem esse assunto para se entender melhor os efeitos que os microplásticos podem trazer para os ecossistemas.

Na China, por exemplo, foi comprovada a ocorrência de microplásticos no estuário do rio Changjiang, onde foram coletadas e analisadas 53 amostras, revelando a presença de

diversas partículas, posteriormente categorizadas quanto à sua morfologia e composição (Peng *et al.*, 2017). No Reino Unido, microplásticos foram identificados nos sedimentos da zona estuarina da Reserva Natural de Chessel Bay, situada no estuário do rio Itchen (Rose *et al.*, 2024). De maneira semelhante, estudos realizados na África do Sul detectaram a presença dessas partículas nos estuários e bacias hidrográficas, avaliando os riscos que representam à saúde ecológica desses ambientes (Samuels *et al.*, 2024).

Já no Brasil, um estudo realizado no Rio Paraíba, na Paraíba, que analisou amostras mensais de água superficial dele identificou em média 1,96 MPs/m³, em sua maioria fibras e fragmentos, indicando que estes microplásticos são decorrentes da degradação de materiais plásticos urbanos (Oliveira *et al* 2021).

No estado do Ceará, uma pesquisa examinou a presença e características de microplásticos em um bivalve filtrador o *Tagelus plebeius* no estuário do Rio Cocó em Fortaleza. 60% dos indivíduos analisados apresentaram contaminações por microplásticos. No estudo estimou-se a quantidade de microplásticos seriam ingeridos por humanos se ele ingerisse 20 indivíduos, cerca de 14,6 microplásticos seriam consumidos (Freitas, 2024).

2.3 Impactos ecológicos causados por microplásticos

Entender os impactos que os microplásticos trazem para os microrganismos e para a biodiversidade é imprescindível. Diversos estudos em ambientes aquáticos demonstram como essas partículas afetam os organismos que as ingerem.

Um estudo experimental com *Leptuca pugilator*, uma espécie de caranguejo violinista, demonstrou que a exposição a microesferas de poliestireno resultou em acumulação de MPAs nos tecidos, aumento na peroxidação lipídica, elevação de enzimas antioxidantes e alterações histopatológicas nas brânquias e hepatopâncreas, órgãos essenciais para sobrevivência e crescimento. Sugerindo impactos funcionais relevantes mesmo para caranguejos bentônicos em ambientes contaminados (Silveyra *et al* 2023).

Além dos efeitos fisiológicos diretos nos indivíduos, uma meta-análise destacou que microplásticos causam também alterações nas interações ecológicas, como a relação entre predadores e presas, onde a eficiência alimentar foi interferida na estrutura das comunidades aquáticas, mostrando que nem sempre os microplásticos estão só ligados à toxicidade química (Bucci *et al* 2020).

Além dos impactos ecológicos diretos, certos organismos, como os caranguejos do gênero *Uca*, também influenciam o ambiente de forma indireta. Estes impactos ecológicos, quando aplicados em níveis populacionais, podem desequilibrar ecossistemas aquáticos e afetar os organismos que são fundamentais na base da cadeia trófica (Cole *et al.*, 2015). Um exemplo disso, é o hábito de escavar, aliado ao forrageamento, que favorece a aeração do substrato, acelera a decomposição de matéria vegetal nos sedimentos e promove o desenvolvimento de microrganismos no ambiente (Lim *et al.*, 2007).

2.4 Gênero *Uca*

O gênero *Uca* (Leach 1814) reúne espécies que são da ordem Decapoda e da família Ocypodidae e atualmente 97 espécies já descritas, todas caracterizadas pelo seu tamanho pequeno e por uma densa população (Nabout; Bini; Diniz-Filho, 2010). São conhecidos popularmente como chama-maré, xié ou violinista, por conta de uma característica física e comportamental. Os indivíduos desse gênero possuem heteromorfia nos pereópodes onde os machos possuem uma única quela grande, que é utilizada tanto para combates em sua defesa quanto para atrair fêmeas para cópula. Eles articulam essa quela em um gesto semelhante ao ato de “chamar” (Bezerra, 2009).

Os adultos vivem em pequenas tocas que são feitas na lama dos estuários, manguezais ou até em áreas costeiras, lugares que vão oferecer para esses caranguejos proteção contra animais predadores, abrigo para proteção contra maré alta (Pinheiro *et al.*, 2014). Sua alimentação varia entre partículas orgânicas no sedimento, microfitobentos, microrganismos associados, bactérias e detritos (Natálio, 2016). A alimentação desses animais é também de extrema importância pois contribui para bioturbação, oxigenação do solo e até a redistribuição de matéria orgânica nos ambientes em que eles vivem (Kristensen, 2008).

2.5. Gênero *Uca* como bioindicadores

Organismos são amplamente utilizados como bioindicadores por refletirem as condições do ambiente em que vivem e servirem como referência na avaliação ecológica de habitats. Para que esses organismos sejam considerados indicadores bióticos, alguns requisitos são levados em consideração, como: abundância, ampla distribuição geográfica, facilidade de coleta, taxonomia estável e resposta clara e específica a estressores ambientais (Pinilla-Cortés *et al.*, 2019).

Alguns estudos destacam espécies do gênero *Uca* como bioindicadores. Por exemplo, *Uca pugilator* foi analisado em três ambientes com diferentes níveis de impacto, como esgoto e fertilizantes, e apresentou alterações significativas: a largura da carapaça diminuiu, a densidade populacional aumentou e houve mudanças no comportamento reprodutivo nas áreas contaminadas (Giblock & Crain, 2013). De modo semelhante, um estudo analisou *Uca leptodactyla* em estuários do estado de Pernambuco sob diferentes níveis de eutrofização. Os resultados indicaram que o aumento da densidade populacional e da fecundidade foi mais evidente em áreas com maior grau de eutrofização, sugerindo que esses caranguejos são sensíveis às condições ambientais locais (Silva, 2013). Já no litoral sul de São Paulo, uma pesquisa sobre *Uca burgersi* avaliou a influência desses animais sobre a meiofauna do sedimento em experimentos com diferentes densidades populacionais, e relatou que a presença desses caranguejos reduziu a densidade e diversidade de nematóides, sugerindo que ocorre uma ação direta sobre a estrutura da comunidade bentônica. Essa interferência pode ocorrer de duas formas, por bioturbação ou modificações nas condições físico-químicas do ambiente. Essas modificações mostram que *Uca burgersi* não só responde às alterações ambientais, como também desempenham um papel muito importante no ecossistema (Fortuna, 2014).

3 OBJETIVO GERAL

Investigar a presença, abundância, características morfológicas e possíveis variações sazonais de microplásticos no trato digestivo de caranguejos do gênero *Uca* coletados no estuário do rio Mamanguape, Paraíba.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar e processar caranguejos do estuário do rio Mamanguape nos períodos seco e chuvoso de 2025.
- Determinar medidas morfométricas (largura e comprimento da carapaça), peso e sexo dos indivíduos.
- Realizar a dissecação e extração do conteúdo interno em ambiente controlado, minimizando a contaminação externa.
 - Assegurar confiabilidade dos dados obtidos.
- Realizar digestão química e filtração para isolamento de partículas plásticas.
 - Separar eficientemente os microplásticos do conteúdo biológico.
- Identificar, quantificar e caracterizar as partículas plásticas quanto à forma, e tipo.
 - Classificar os microplásticos de acordo com critérios estabelecidos.
- Comparar a abundância e características dos microplásticos entre os períodos seco e chuvoso.
 - Avaliar possíveis variações sazonais na contaminação por microplásticos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

Os Caranguejos foram coletados no estuário do rio Mamanguape (Latitude: -6.7744617, e longitude: -34.9226189) (Figura 1) no estado da Paraíba. Considerada a segunda principal bacia hidrográfica do litoral leste paraibano, sua foz fica localizada dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) da barra de mamanguape. A APA foi criada em 1993 por ser considerada hábitat do *Trichechus manatus manatus* (peixe-boi-marinho), espécie ameaçada de extinção. Sua criação, trouxe para a área uma atenção maior de

pesquisadores, garantindo que a área fosse melhor conservada. Localizada no litoral norte da Paraíba, na mesorregião da Zona da Mata, a APA da Barra do Rio Mamanguape compreende territórios dos municípios de Rio Tinto, Marcação, Baía da Traição e Lucena (Área de proteção ambiental da Barra do Rio Mamanguape, 2025).

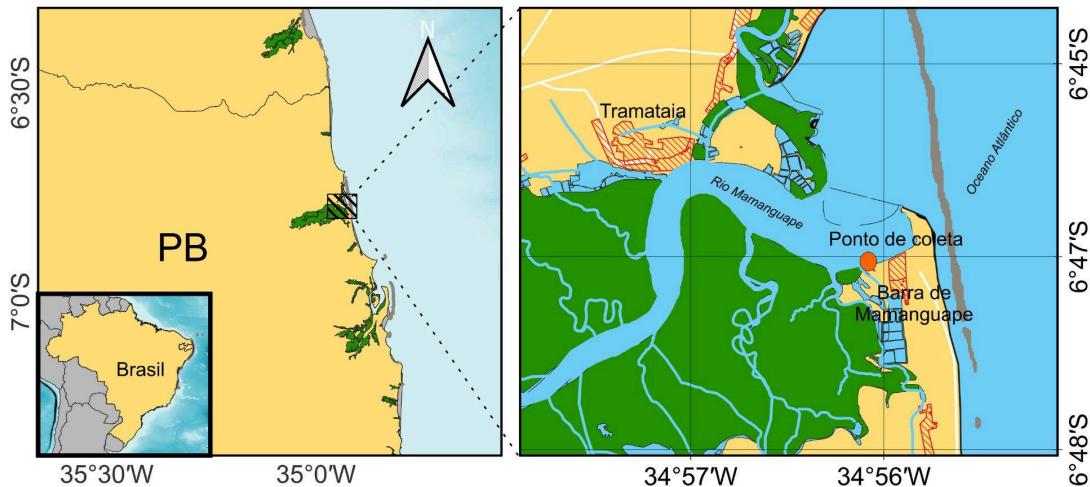


Figura 01: Localização dos pontos de coleta dos caranguejos no estuário do rio Mamanguape, Paraíba (PB)

O Rio Mamanguape é muito utilizado para atividades recreativas, como mergulhos, trilhas, observações de diversos animais como tartarugas e o peixe-boi, além de sua beleza natural que já é um atrativo natural por si só. As principais atividades econômicas das comunidades da APA da Barra do Rio Mamanguape incluem pesca, agricultura e extrativismo. A carcinicultura tem crescido como alternativa de emprego, principalmente na época da despesca. Nesse contexto, as comunidades indígenas se destacam como um grupo importante, representando uma parte considerável da população local (Área de proteção ambiental da Barra do Rio Mamanguape, 2025).

4.2 Amostragem e processamento

Os caranguejos (Figura 2) foram capturados manualmente de forma aleatória quando estavam fora da toca e transferidos imediatamente para uma caixa isotérmica com gelo. Um total de 38 indivíduos foram coletados no estuário do rio Mamanguape, com uma coleta em cada período, no período seco (fevereiro) e no chuvoso (julho) de 2025. Os

caranguejos foram coletados manualmente. Em laboratório, foram mantidos em freezer até serem submetidos à análise, seguindo os métodos fornecidos por Williams (1981) para garantir que a digestão fosse impedida.



Figura 02: Caranguejo chama-maré (gênero *Uca*) coletado no b. estuário do rio Mamanguape, Paraíba.

Durante as análises, os caranguejos foram sexados e a largura (LC) e comprimento (CC) da carapaça foram medidos com auxílio de estereomicroscópio óptico (Zeiss Axiocam 105 color). Além disso, o peso e o sexo foram determinados com o uso de uma balança de precisão. Os organismos foram analisados em sala limpa no Laboratório Multiusuário do Museu de Oceanografia Petrônio Alves Coelho - MOUFFE para evitar contaminação aérea.

O conteúdo interno do caranguejo foi cuidadosamente removido utilizando pinça e tesoura, inspecionados, pesados, lavado em uma placa de Petri com água destilada filtrada e examinado sob um microscópio estereoscópico (Zeiss) com água destilada filtrada para remoção de qualquer resíduo externo. Todo o trato intestinal foi colocado em um frasco âmbar e congelado para posterior digestão.

A identificação de partículas plásticas foi realizada seguindo critérios de Mohamed Nor e Obbard (2014). Alguns desses critérios são: ausência de estrutura celular ou matéria

orgânica no corpo estranho, partículas com coloração uniforme e fibras de espessura consistente em todo o seu comprimento. Somente partículas que atenderam pelo menos um dos critérios mencionados acima foram consideradas plástico.

As amostras foram digeridas seguindo uma adaptação de Enders *et al.* (2017): i. as partículas foram submetidas a solução de hidróxido de potássio (KOH 5%) e hipoclorito de sódio (NaClO). Todas as amostras foram submersas no agente digestor por 2 horas e 30 minutos, e em seguida filtradas à vácuo em filtros de microfibra de vidro (GF/F Whatman, 47 mm, profundidade 0,26 mm, tamanho de poro 1,6 μm) muflados. As partículas identificadas como plástico foram identificadas quanto à forma, contabilizadas, medidas e fotografadas .

4.3 Prevenção contra contaminação

Para evitar contaminação cruzada, todas as superfícies e materiais do laboratório são limpos com água destilada ou etanol 70%, filtrados. Toda a vidraria foi devidamente limpa e muflada no Laboratório de Oceanografia Química (LOQuin) ou no Laboratório de Compostos Orgânicos em Ecossistemas Costeiros e Marinhos (OrganoMAR). Para evitar contaminação cruzada, a cada pesagem dos indivíduos, a balança utilizada foi limpa com álcool 70% e também a cada pesagem de um novo indivíduo. Em laboratório, os recipientes de vidro utilizados são imersos em solução de ácido clorídrico (HCl) a 10%, por pelo menos 24 horas (Prata *et al.*, 2021). Itens de metal (pinças e agulhas) foram cuidadosamente lavados e inspecionados visualmente sob um estereomicroscópio antes de qualquer análise. Luvas nitrílicas, jaleco 100% algodão e touca foram utilizados durante todo o processo. Para evitar a contaminação atmosférica a exposição das amostras é reduzida ao mínimo. A triagem foi realizada em ambiente limpo, e papel alumínio foi utilizado para cobrir as amostras sempre que necessário. Para levar em conta a possível contaminação atmosférica, uma placa de Petri com água destilada filtrada foi utilizada como controle, próximo à amostra durante a análise. Imediatamente após as análises, a placa é inspecionada visualmente sob um estereomicroscópio óptico. As partículas são identificadas, contadas, e o número excluído da análise.

Uma série de cuidados foram necessários para que as amostras não fossem contaminadas com microplásticos externos. Todos os materiais utilizados foram cuidadosamente lavados com detergente neutro e água destilada filtrada. O jaleco e a

touca usados para o manejo dos indivíduos eram de Algodão 100% e as luvas usadas eram nitrílicas.

4.4 Análises dos dados

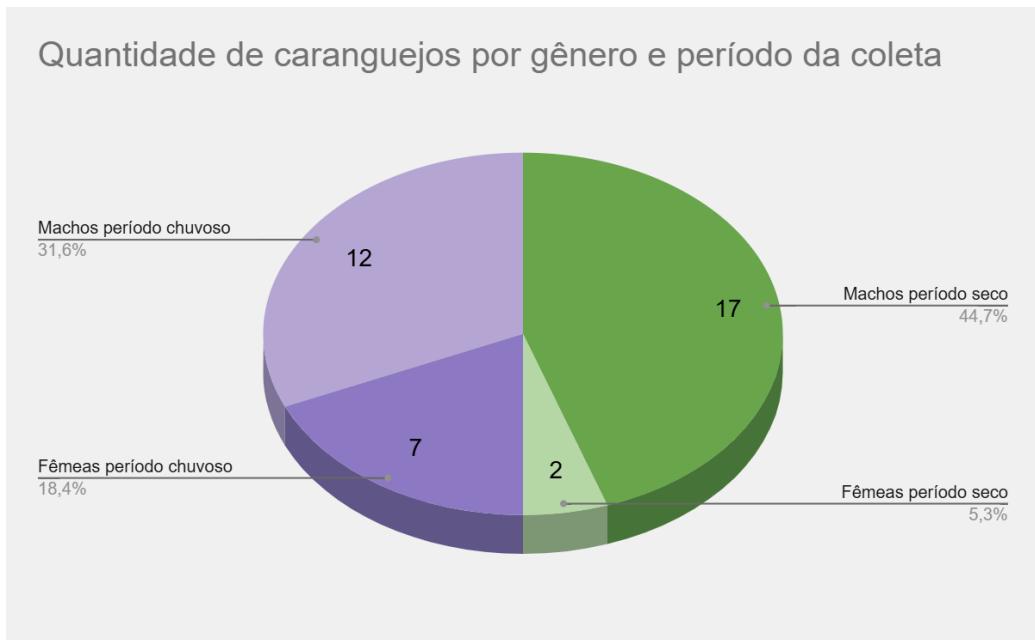
Os caranguejos foram separados pelo gênero, e logo em seguida foram pesados e medidos. Para saber o peso médio dos caranguejos e as estatísticas relacionadas a gênero, uma fórmula de média aritmética simples foi feita. Para verificar se os microplásticos (MPs), fibras e detritos apresentaram diferenças significativas em suas abundâncias entre o período chuvoso e seco foram realizados testes não paramétricos de Mann–Whitney.

5. RESULTADOS

5.1. Caracterização dos caranguejos *Uca*.

Foram coletados 38 indivíduos que foram previamente analisados, desses, a maior porcentagem (76,31%) foi de caranguejos machos em relação às fêmeas (23,68%). Na coleta do período seco, pode-se observar a presença de 17 caranguejos machos e 2 fêmeas. Posteriormente, durante a coleta do período chuvoso, foram encontrados 12 caranguejos machos e 7 caranguejos fêmeas (Figura 3).

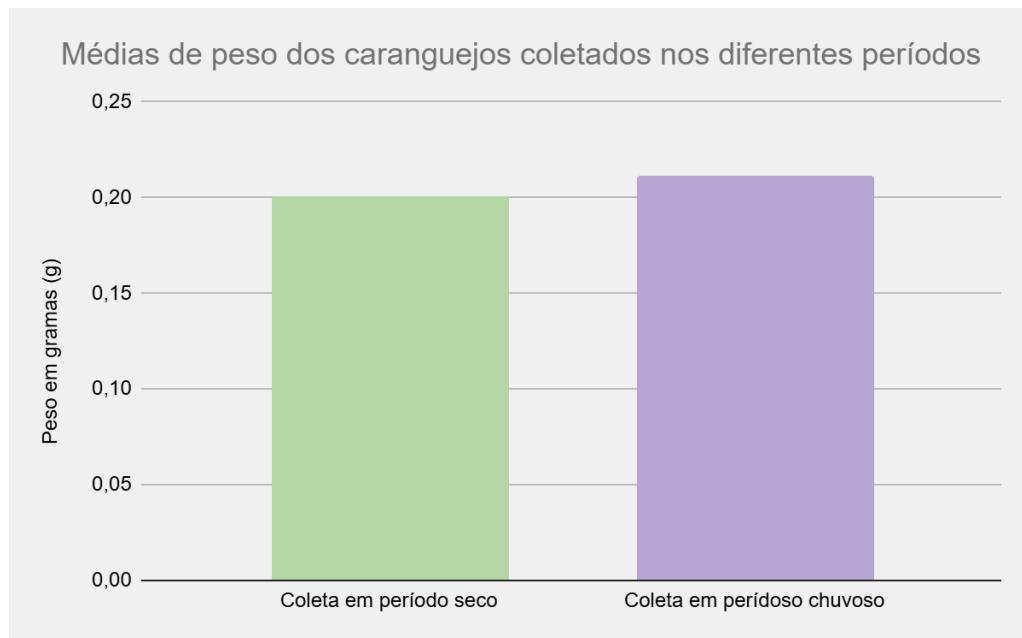
Figura 03: Gráfico de quantidade de caranguejos por gênero.



Fonte: O autor (2025).

Uma análise do peso dos caranguejos também foi realizada. Nela pode se observar que, os animais mais pesados foram coletados no período chuvoso, com uma média de 0,2114 gramas. Enquanto os do período seco tiveram o peso médio de 0,2003 (Figura 4).

Figura 04: Gráfico da média do peso dos caranguejos coletados no período seco e chuvoso

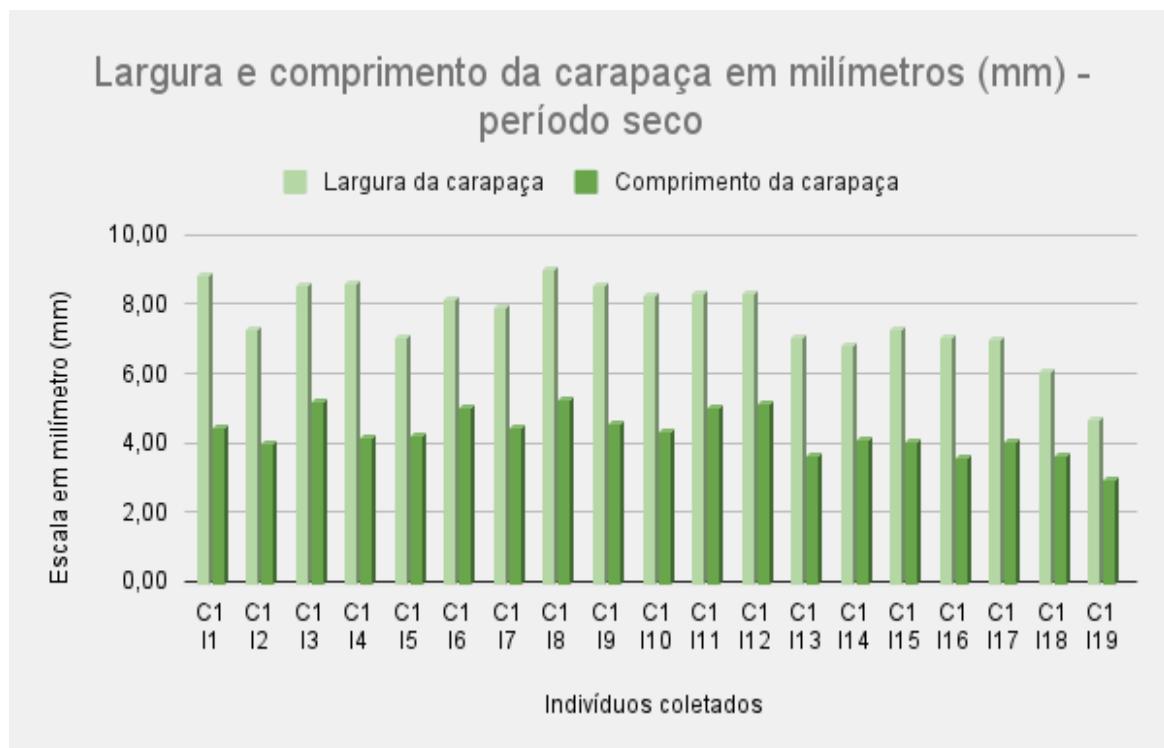


Fonte: O autor (2025).

Pôde ser observado os tamanhos dos indivíduos da coleta no período seco. Em média, a largura da carapaça desses indivíduos foi de 7,7 mm e o comprimento da carapaça teve o tamanho médio de 4,3 mm. Para os valores de comprimento, foram observados valores abaixo de 5 mm, para a maioria dos indivíduos. Apenas 5 dos indivíduos coletados apresentaram valores de comprimento superiores a 5 mm (Figura 5).

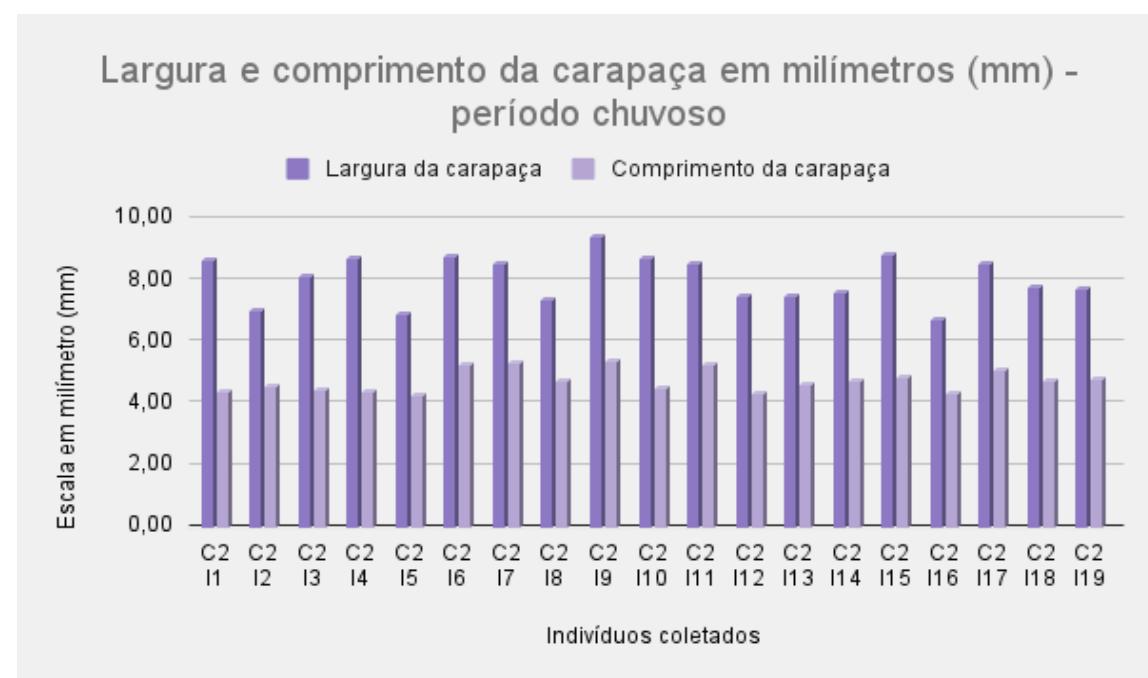
Os dados expressos na figura 6, demonstram os valores de largura e comprimento dos caranguejos *Uca*, durante a coleta no período chuvoso. A largura dos indivíduos: I2, I5, I8, I16; foram menores que 7.5 mm

Figura 05- Gráfico do tamanho da largura e comprimento das carapaças no período seco (C1 indica coleta 1 e I indica o número do indivíduo)



Fonte: O autor (2025).

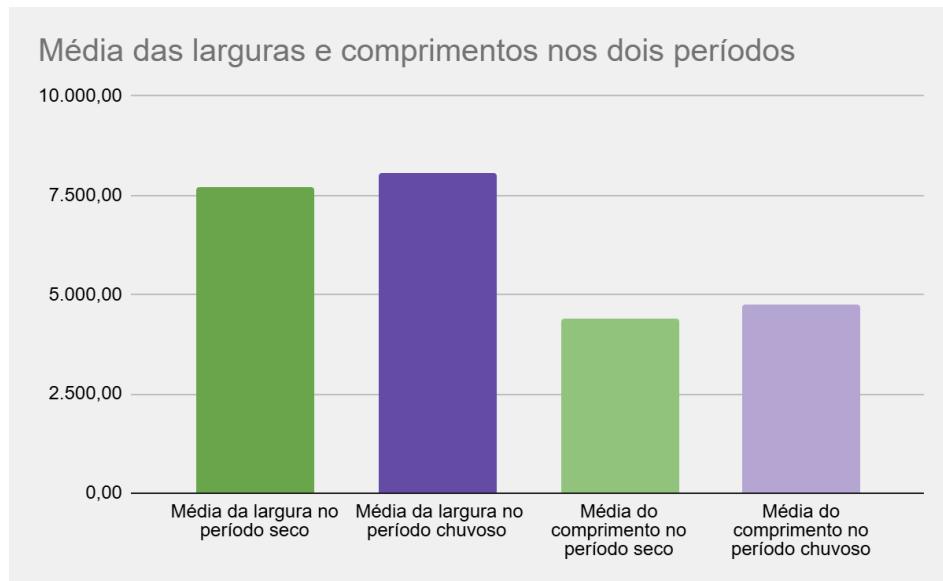
Figura 06 Gráficos de largura e comprimento (mm) dos indivíduos coletados em período chuvoso.



Fonte: O autor (2025).

Foi realizado um comparativo dos tamanhos das larguras e dos comprimentos das carapaças de todos os indivíduos, de acordo com o período de coleta (Figura 7). Observa-se que os indivíduos coletados no período chuvoso apresentaram um tamanho superior aos do período seco, tanto na largura, quanto no comprimento.

Figura 07: Gráfico de largura e comprimento (μm) dos indivíduos coletados no período seco e chuvoso.

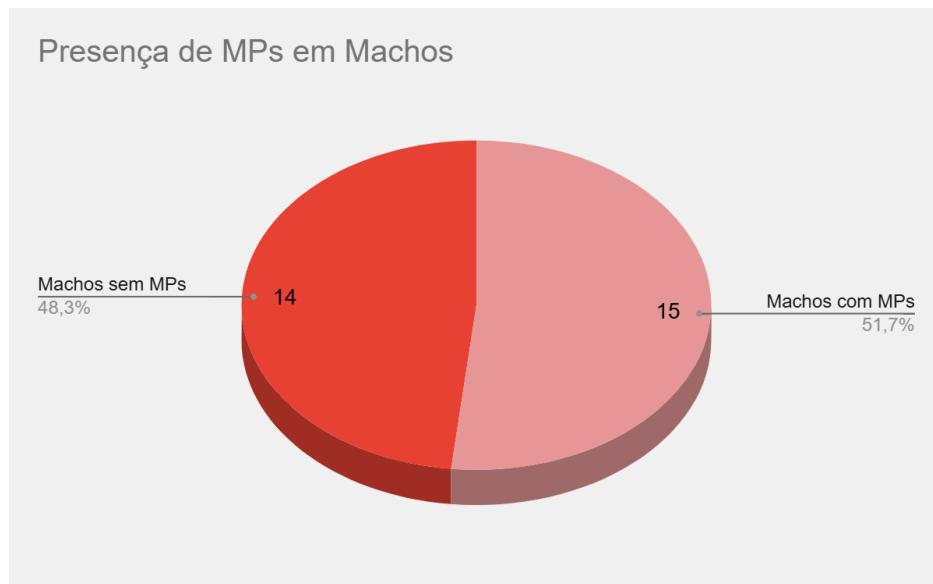


Fonte: O autor (2025).

5.2 Presença de microplásticos de acordo com gênero

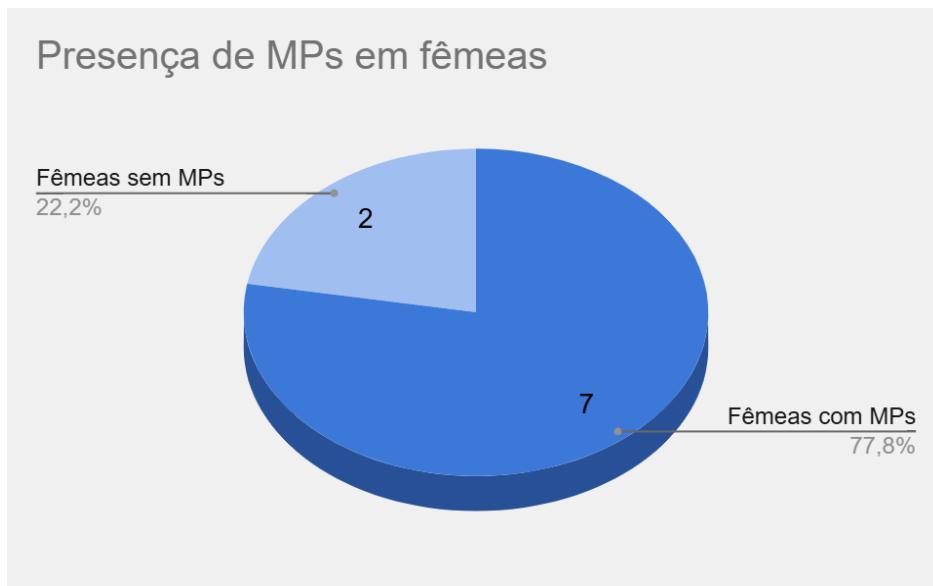
Após a coleta, foi analisada a presença e ausência de microplásticos nos indivíduos. Nas figuras 8 e 9 é possível observar a quantidade de microplásticos nos indivíduos de acordo com o gênero. Foi observado que nos caranguejos fêmeas e machos, os indivíduos que possuem microplástico estão em maior quantidade dos que não possuem essas partículas.

Figuras 08: Gráfico de presença e quantidade de MPs coletados nos indivíduos Machos.



Fonte: O autor (2025).

Figuras 09: Gráfico de presença e quantidade de MPs coletados nos indivíduos Fêmeas.



Fonte: O autor (2025).

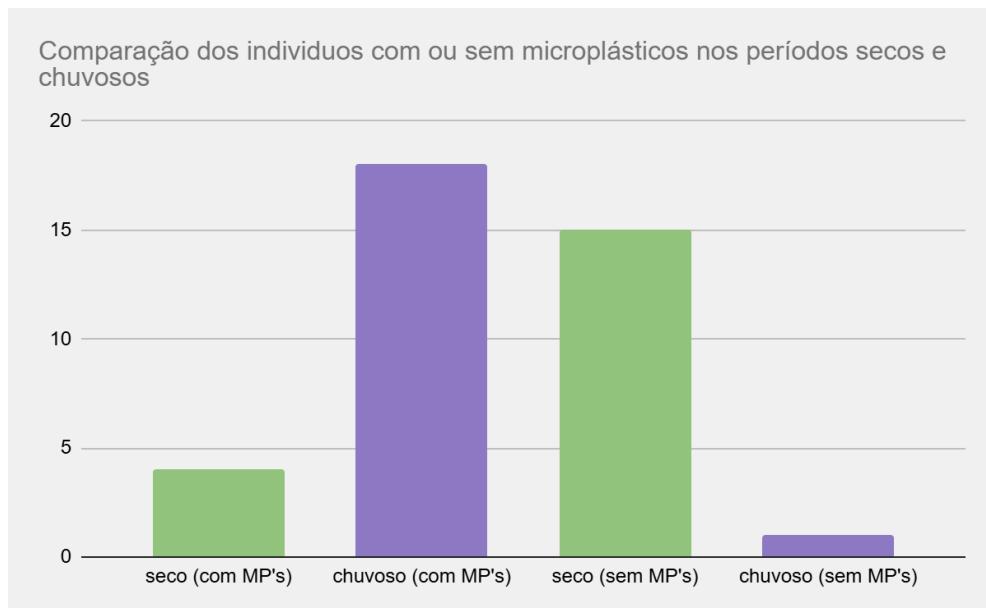
5.3. Presença de microplásticos de acordo com o período da coleta

A presença de microplásticos nos indivíduos foi avaliada nos dois períodos de coleta. Na figura 10 pode ser observado que dos 19 indivíduos coletados no período seco,

apenas 4 destes indivíduos apresentaram partículas plásticas no trato digestivo. Já no período chuvoso, foi observado que apenas 1 indivíduo não apresentou microplásticos no seu conteúdo interno, todos os outros 18 indivíduos tinham ao menos 1 microplástico.

Uma comparação da presença e ausência de microplásticos nos dois períodos foi feita. Nela percebe-se que, o período chuvoso apresentou mais indivíduos com presença de microplásticos do que o seco, com uma média de 7 partículas por caranguejo (Figura 10).

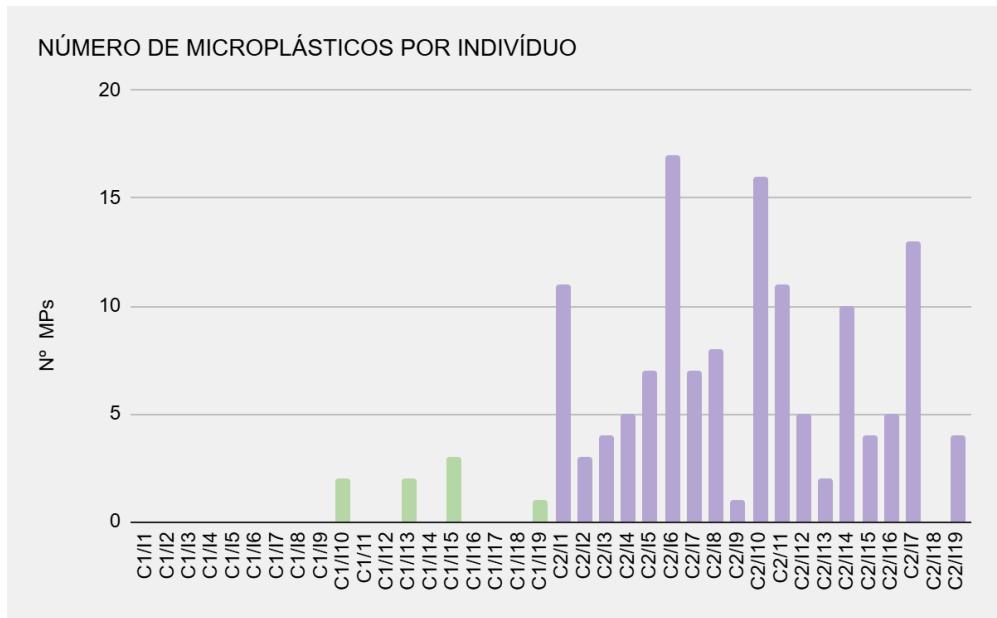
Figura 10: Gráfico de comparação dos indivíduos com ou sem microplásticos nos períodos secos e chuvosos.



Fonte: O autor (2025).

Quando se trata do número de partículas por indivíduo, a abundância de microplásticos nos conteúdos intestinais variou de 1 a 17 partículas/indivíduo. A figura 11 apresenta um comparativo, nela vemos que, a quantidade de microplásticos nos organismos do período chuvoso (em roxo) é muito superior à quantidade de partículas nos indivíduos do período seco. No período chuvoso dois indivíduos possuem mais de 15 partículas, e no seco o valor mais alto encontrado foi de apenas 3 partículas. No período seco, 21,1% dos indivíduos estavam contaminados, enquanto no período chuvoso, 94,7% demonstrou que caranguejos apresentavam partículas no seu interior

Figura 11: Gráfico de presença e quantidade de MPs coletadas nos indivíduos.



Fonte: O autor (2025).

Na figura 12, os microplásticos foram separados por dois grupos, os fragmentos e as fibras, onde pode se notar que dos 141 microplásticos identificados, 92 destes microplásticos são fragmentos de partículas plásticas e 49 são fibras.

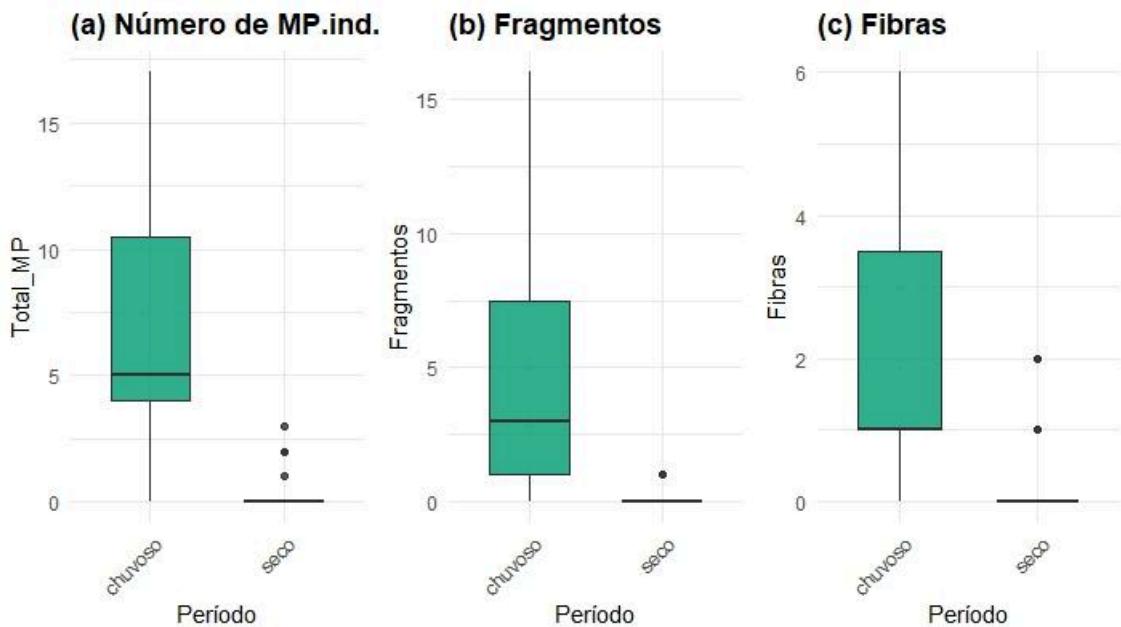
Figura 12: Gráfico dos tipos de microplásticos encontrados nos indivíduos



Fonte: O autor (2025).

Quando comparados por períodos chuvoso e seco, tanto a abundância total de MPs, tanto as abundâncias separadas de fragmentos e de fibras foram significativamente muito elevados no período chuvoso (Figura 13, $p<0.0001$, teste de Mann-Whitney).

Figura 13: Gráfico da abundância dos microplásticos encontrados nos indivíduos



Fonte: O autor (2025).

6. DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos neste estudo permite compreender de forma mais aprofundada os padrões observados e suas possíveis causas. A perspectiva do presente trabalho traz um ponto de vista investigativo sobre a presença de microplásticos em caranguejos do gênero *Uca* em uma área de preservação ambiental. Também há uma análise comparativa entre as estações distintas em que ocorreram as coletas.

O aumento da poluição por microplásticos em regiões estuarinas, principalmente no período chuvoso, provavelmente está atrelado ao escoamento superficial intensificado durante este período, que leva os detritos plásticos de regiões de assentamentos humanos, urbanos ou rurais, até os ecossistemas costeiros como os manguezais (Qiao et al 2024). Apesar de ser uma área preservada e ser uma região com baixas concentrações

de urbanização, esse estudo mostrou pela primeira vez a presença de MPs em caranguejos do gênero *Uca* na região, identificando e quantificando as partículas encontradas, com objetivo de trazer uma possível explicação para essa contaminação.

6.1 Diferenças entre os períodos seco e chuvoso e gêneros dos animais

A diferença entre os períodos secos e chuvosos foi um dos critérios de avaliação deste trabalho. O estudo de Pinheiro (2016) ressalta que os picos reprodutivos variam regionalmente, sendo mais pronunciados durante os meses chuvosos no Nordeste. Além disso, segundo Bergey (2008), os caranguejos do gênero *Uca* atingem a maturidade sexual entre 12 a 18 meses após o nascimento. No presente estudo, observou-se que o tamanho dos indivíduos foi maior no período chuvoso, o que pode indicar que, além de coincidir com o período reprodutivo, esses indivíduos já haviam atingido a maturidade. Esse padrão pode estar relacionado à maior disponibilidade de alimento, condições ambientais mais favoráveis ou ao próprio ciclo de crescimento da espécie. Também foi observado uma baixa correlação, mas positiva de que quanto maior o caranguejo maior a quantidade de microplástico.

Quanto ao gênero dos indivíduos, análises sobre a ingestão de plásticos é essencial para uma quantificação mais equilibrada e representativa desses contaminantes nos organismos. Estudos anteriores indicam que fêmeas de espécies como *Gelasimus vocans*, por possuírem duas quelas funcionais na alimentação, podem se alimentar até 50% mais rapidamente do que os machos, que utilizam predominantemente uma única quela (Fong *et al.*, 2025; Weis e Weis, 2004). Além disso, as fêmeas tendem a permanecer mais tempo envolvidas na atividade alimentar, enquanto os machos dedicam mais tempo ao aceno e a comportamentos reprodutivos (Weis e Weis, 2004).

Os resultados do presente estudo corroboram a hipótese de que as fêmeas acumulam mais microplásticos. Observou-se que há uma maior porcentagem de fêmeas com MPs (77,8%), quando comparadas com os machos (51,7%). Isso se explica pois as fêmeas precisam de menos tempo para se alimentar enquanto os machos se alimentam mais devagar por conta da sua quela (Virgilio & Ribeiro, 2012), fazendo com que essas fêmeas

acabem ingerindo mais plásticos. Cabe destacar que a amostragem não foi realizada com o objetivo de obter uma proporção equilibrada entre os sexos, mas sim de forma aleatória, resultando em uma predominância de machos. Diante disso, recomenda-se que estudos futuros adotem estratégias de coleta que considerem uma proporção balanceada entre machos e fêmeas. Tal abordagem permitirá uma conclusão mais robusta sobre possíveis diferenças entre os sexos quanto à ingestão de microplásticos por espécies de *Uca* em estuários tropicais

6.2 Número de microplásticos por indivíduos em períodos diferentes

A presença de microplásticos nos indivíduos analisados evidenciou uma grande diferença entre os dois períodos de coleta. Esse padrão indica um aumento expressivo e altamente significativo de contaminação durante a estação chuvosa. Os caranguejos do gênero *Uca*, são animais filtradores e estão constantemente ingerindo partículas presentes nos sedimentos mais superficiais, que podem acumular uma maior quantidade de microplástico durante o período de chuvas.

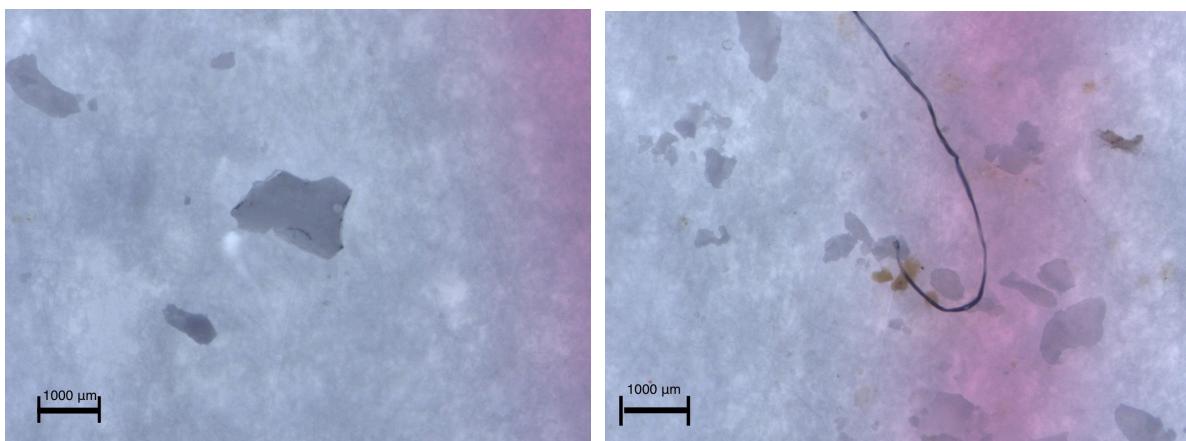
Esse resultado corrobora com a hipótese de uma maior abundância de microplástico em períodos chuvosos. Um estudo na Área de preservação Costa dos Corais, em Pernambuco, registrou um número de microplásticos significativamente maior no período chuvoso na região de pluma, evidenciando a importância dos rios na introdução de microplásticos nos estuários (Lima *et al.*, 2015). Um estudo em regiões tropicais na Índia documentou variações sazonais da concentração de microplásticos, com picos durante os períodos de chuva (Valsan *et al* 2024). Durante a estação chuvosa, a poluição por microplásticos aumenta devido ao maior escoamento superficial. Esse processo transporta detritos plásticos de áreas habitadas, tanto urbanas quanto rurais, diretamente para ecossistemas costeiros como os manguezais.(Qiao *et al* 2024), onde estes caranguejos vivem e se alimentam. Estudos que utilizaram caranguejos como possíveis bioindicadores de plásticos e microplásticos como os realizados em manguezais tropicais com espécies do mesmo gênero como o estudo feito em Singapura, apontaram que na espécie *Gelasimus vocans* em média 6,63 partículas microplásticos por indivíduos foram identificadas, e no caranguejo *Austruca annulipes* 12,18 partículas foram encontradas por indivíduos no período chuvoso (Fong *et al* 2025). No atual trabalho, o maior número de

indivíduos com microplásticos também foi coletado no período chuvoso, apresentando em média 7 partículas por caranguejo, mostrando uma grande disparidade entre os dois períodos.

6.3 Tipos de microplásticos encontrados

Grande parte da literatura aponta para uma predominância da ingestão de fibras entre os tipos de microplásticos encontrados em caranguejos de manguezais tropicais (Rahim *et al.*, 2023). No trabalho sobre *Austruca annulipes* e *Austruca annulipes* a fibra também foi o tipo de forma dominante (Fong *et al.*, 2025). Já em um estudo feito no estuário do rio Guayas, localizada em um sistema nacional de áreas protegidas do Equador, onde foi analisado a presença de microplásticos no sedimento e nos caranguejos *Leptuca festae* e *Minuca ecuadorensis*, a forma mais encontrada no sedimento onde esses caranguejos vivem foram os fragmentos, e todos os caranguejos continham microplásticos.

Figura 14: Fragmentos e filamentos de microplásticos.



Fonte: O autor (2025).

No entanto, os resultados deste estudo apresentaram um padrão distinto: o número de fragmentos foi superior ao de fibras nos caranguejos *Uca* analisados.

Esse resultado pode estar relacionado à densidade dos fragmentos, que geralmente são mais densos e, portanto, possuem maior taxa de sedimentação. Isso favorece sua acumulação nos sedimentos costeiros, especialmente após eventos de chuva intensa, quando há maior aporte de resíduos transportados por escoamento superficial. Um estudo realizado no estuário de Goiana, em Pernambuco, constatou que, durante o final da

estação chuvosa, a densidade de microplásticos na coluna d'água aumentou significativamente, sendo os fragmentos o tipo mais comum. Além disso, foi observada uma forte correlação entre a pluviosidade e o aumento desses fragmentos no ambiente (Lima, Costa & Barletta, 2015). Contudo, a deposição desses fragmentos nos sedimentos é fator essencial para presença deles nos caranguejos devido ao seu perfil bentônico. Alguns fatores contribuem para essa deposição, tais quais, a bioincrustação, atividades de pesca e também a baixa hidrodinâmica presente em ecossistemas de manguezais (Lima, Costa & Barletta, 2015; Costa *et al.* 2011).

A sedimentação facilitada dos fragmentos aumenta a disponibilidade dessas partículas para ingestão. Já as fibras, por serem menos densas, tendem a permanecer em suspensão por mais tempo ou serem transportadas para fora do sistema estuarino, o que reduz sua presença nos sedimentos e, consequentemente, a ingestão local pelos organismos bentônicos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poluição por MPs é onipresente e representa uma grande ameaça aos ecossistemas marinhos globais, como os ecossistemas de manguezais, mesmo em áreas de conservação. O presente estudo relatou, pela primeira vez, a ingestão de plástico por caranguejos na região e apresentou que no período chuvoso a ingestão de microplásticos por caranguejos é maior. Infelizmente, este resultado não é surpreendente, devido à presença onipresente de MP em sedimentos. Para uma melhor abordagem quando se trata de ingestão de microplásticos em relação aos gêneros, recomendamos maior amostragem de fêmeas.

O gênero *Uca* apresenta critérios recomendados para ser considerado uma espécie indicadora, como facilidade de amostragem, alta abundância local e e condição de conservação. Mas a relação entre o conteúdo de MPs na espécie precisa ser estudado em conjunto com o conteúdo no ambiente para determinar se essas espécies podem ser consideradas bioindicadores eficazes. Entender e estudar esses organismos é essencial, pois eles fazem parte da cadeia alimentar de outros diversos organismos e são

extremamente importantes. Estudar sobre microplásticos é entender até onde os seres humanos estão impactando os ecossistemas.

8. REFERÊNCIAS

ABDRAHIM, Nur Hannah; CANNICCI Stefano; IBRAHIM Yusof Shuaib; NOT Christelle. IDRIS Izawandy; JANI Jarina Mohd; DAHDOUH-GUEBAS Farid. Commercially important mangrove crabs are more susceptible to microplastic contamination than other brachyuran species. **Science of the Total Environment**, v. 903, p. 166271, 2023. Disponível em: https://serm.ulb.be/wp-content/uploads/2023/11/Rahimetal_2023_STOTEN.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 23 jul. 2023.

ANDRADY, Anthony L. Microplastics in the marine environment. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X11003055>. Acesso em: 02 jul. 2025.

ARAÚJO, Matheus da Silva. **Efeitos do microplástico PET na fisiologia de animais aquáticos bioturbadores: Um estudo no caranguejo chama-maré Leptuca thayeri**. 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/2f166a17-c235-4e5e-b0e8-24edd7515ce2>. Acesso em: 10 jun 2025.

ÁREA de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape. [S. I.], 10 set. 1993. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/arp/932>. Acesso em: 29 jul. 2025.

BARBIER, Edward B. Valuing the storm protection service of estuarine and coastal ecosystems. **Ecosystem Services**, v. 11, p. 32-38, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041614000680?casa_token=Zm8t37WqOG4AAAAA:68mqBYFdIz2y9-zlwmU6sCC3oRUcRbE9qp1gUwr4WEbEB9fAFk7g-x25imo1Uv0-EEnT-fZLhIU. Acesso em: 07 jun. 2025.

BERGEY, Lauren L.; WEIS, Judith S. Aspects of population ecology in two populations of fiddler crabs, *Uca pugnax*. **Marine Biology**, v. 154, n. 3, p. 435-442, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-008-0935-x>. Acesso em 26 jul. 2025.

BEZERRA, Luis Ernesto Arruda. **Taxonomia, filogenia e biogeografia das espécies de caranguejo do gênero Uca Leach , 1814 (Decapoda: ocypodidae) no oceano atlântico e pacífico oriental**. 2009. Disponível em:

https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/8365/1/arquivo4063_1.pdf. Acesso em: 22 jul. 2025.

BORGES, Felipe Rodrigues. **Plástico na biota marinha: uma análise da costa brasileira.** 2024. Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/e9e9a26c-8f8d-4af6-9baf-4cb0232a96c9/content>.

BUCCI, K.; TULIO, M.; ROCHMAN, C. M. What is known and unknown about the effects of plastic pollution: A meta-analysis and systematic review. **Ecological Applications**, v. 30, n. 2, p. e02044, 2020. Disponível em: https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eap.2044?casa_token=89eE.f7B6H8YAAAAA%3A2AnYHZeRuv9DNJoOuh8ZPdEWEkTRXM0P8J_6l6kXvLjoksHITH7NFq8ZNucK9zImiYHB6mV7NHAOgJyWcg. Acesso em: 01 jul. 2025.

COELHO, Tatiana. **Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico do mundo e recicla apenas 1%.** [S. I.], 4 mar. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/brasil-e-o-4o-maior-produtor-de-lixo-plastico-do-mundo-e-recicla-apenas-1>. Acesso em: 12 jul. 2025.

COLE, Matthew. *et al.* Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. **Scientific reports**, v. 4, n. 1, p. 4528, 2014. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep04528>.

COSTA, M. F. . Plastics buried in the inter-tidal plain of a tropical estuarine ecosystem. **Journal of Coastal Research**, p. 339-343, 2011. Disponível em: <https://www.scopus.com/pages/publications/84856017746>. Acesso em: 29 jul. 2025. COSTA, JC da; ASMUS, Milton Lafourcade. Base ecossistêmica da atividade pesqueira artesanal: estudo de caso no Baixo Estuário da Lagoa dos Patos (BELP), RS, Brasil. **Desenvolvimento e meio ambiente**, v. 44, p. 51-75, 2018. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/made/article/view/55001?utm_source=chatgpt.com

DE OLIVEIRA, Ana Karolyna Maia; PAIVA Bianca Oliveira; BARBOSA Nyedja Fialho Morais; VENDEL Ana Lúcia. Abiotic factors associated with microplastic pollution in surface water of a tropical estuary. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e164111234457-e164111234457, 2022.

DI VIRGILIO, Agustina; RIBEIRO, Pablo D. Spatial and temporal patterns in the feeding behavior of a fiddler crab. **Marine biology**, v. 160, n. 4, p. 1001-1013, 2013. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-012-2153-9?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 23 jul. 2025

DOYLE, Darragh; SUNDH, Henrik; ALMROTH, Bethanie Carney. Microplastic exposure in aquatic invertebrates can cause significant negative effects compared to natural particles-A meta-analysis. **Environmental Pollution**, v. 315, p. 120434, 2022. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749122016487?via%3Dihub#bib6>. Acesso em: 01 jul. 2025.

FONG, Jenny; KUMAR Ashwini Suresh; CHOY Zhen Yu; TAN Yi Hong; GOWIDJAJA Jasmine Anya Putri; NEO Mei Lin. Accumulation of microplastics in various organs of fiddler crabs and sea cucumbers across the coastal habitats in Singapore. **Environmental Pollution**, v. 368, p. 125773, 2025. Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749125001460?utm_source=chatgpt.com#bib55oli. Acesso em: 23 jul. 2025.

FORTUNA, M. D. . **Controle descendente da meiofauna pelo caranguejo Uca burgersi**. 2014. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botocatu, Brazil. Disponível em:
https://repositorio.unesp.br/entities/publication/ff8b79c3-0418-4b2b-91d4-303fd9ef547b?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 10 jun. 2025.

FREITAS, Jessica; RABELO Emanuelle Fontenele; ROCHA Lidiane Leal; DE ALBUQUERQUE Cristina Queiroz. **Ocorrência de microplásticos no bivalve Tagelus plebeius (LEGFOOT, 1786) em um estuário urbanizado do nordeste do Brasil**
Ocorrência de microplásticos no bivalve Tagelus plebeius (LEGFOOT, 1786) em um estuário urbanizado do nordeste do Brasil. 2024. Mossoró. Disponível em:
https://repositorio.ufersa.edu.br/items/fcd29556-85c5-4296-a343-a22d3f0c4e69/full?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 19 jul. 2025.

FRIAS, João PGL; NASH, Roisin. Microplastics: Finding a consensus on the definition. **Marine pollution bulletin**, v. 138, p. 145-147, 2019. Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X18307999?casa_token=yJczi2k9RzAAAAA:5UbL3FZYOl1ZuaS1v68T4L7s0NTvOr7fa9ha46x765JpnQeRvmAFj6Xmj41cO4T8tx03ZI7wHSg.

GALLOWAY, T. S.; COLE, M.; LEWIS, C. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. **Nature Ecology & Evolution**, 1 (5), 0116 [em linha]. 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41559-017-0116>.

GIBLOCK, Steven; CRAIN, Drew. **Fiddler Crabs (uca Pugilator) as Bioindicators of Environmental Health in Coastal Estuarine Communities of Beaufort, South Carolina: A Report of a Senior Study**. 2011. Tese de Doutorado. Maryville College. Disponível em:

https://papersandpubs.ungjournals.org/articles/113?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 01 jul. 2025.

JAMBECK, J.R.; Geyer, R.; Wilcox, C.; Siegler, T.R.; Perryman, M.; Andrade, A.; Narayan, R.; & Law, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, 347(6223): 768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1260352>. Acesso em: 03 jun. 2025.

KENNISH, Michael J. Environmental threats and environmental future of estuaries. **Environmental conservation**, v. 29, n. 1, p. 78-107, 2002. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/abs/environmental-threats-and-environmental-future-of-estuaries/830CE2DF3F482B87AA60ADAB773906D6>. Acesso em: 12 jul. 2025.

KRISTENSEN, Erik. Mangrove crabs as ecosystem engineers; with emphasis on sediment processes. **Journal of sea Research**, v. 59, n. 1-2, p. 30-43, 2008. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385110107000494?casa_token=3XQ_EZ5TaxisAAAAA:D_GruOhrY0rWrOwgB4BwV4IBb8xy8E3vufGj6KXw0APb_sB8z2l8y7RoLHrgXfu_y6kb5hOS1sg. Acesso em: 22 jul. 2025.

LAW, Kara Lavender; THOMPSON, Richard C. Microplastics in the seas. **Science**, v. 345, n. 6193, p. 144-145, 2014. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1254065>. Acesso em: 13 mai. 2025.

LIU, Min, HOU Lijun, YANG Yi, ZHOU Limin, MEADOWNS Michael E. The case for a critical zone science approach to research on estuarine and coastal wetlands in the Anthropocene. **Estuaries and Coasts**, v. 44, n. 4, p. 911-920, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12237-020-00851-9>. Acesso em: 10 jun. 2025.

LIM, Shirley SL; HENG, Mary MS. Mangrove micro-habitat influence on bioturbative activities and burrow morphology of the fiddler crab, Uca annulipes (H. Milne Edwards, 1837)(Decapoda, Ocypodidae). **Crustaceana**, p. 31-45, 2007. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20107781>. Acesso em: 01 jul. 2025.

LIMA, A. R. A.; COSTA, M. F.; BARLETTA, M. Distribution patterns of microplastics within the plankton of a tropical estuary. **Environmental research**, v. 132, p. 146-155, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935114000784>. Acesso em: 27 jul. 2025.

MATTHEW, Cole, LINDEQUE Pennie, FILEMAN Elaine, HALSBAND Claudia, GALLOWAY Tamara S. **The Impact of Polystyrene Microplastics on Feeding, Function and Fecundity in the Marine Copepod *Calanus helgolandicus***. 2015. Disponível em:

https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es504525u?src=gefftr&utm_source=sciencedirect_contenthosting&gefft_integrator=sciencedirect_contenthosting. Acesso em: 01 jul. 2025.

NABOUT, João C.; BINI, Luis M.; DINIZ-FILHO, José AF. Global literature of fiddler crabs, genus *Uca* (Decapoda, Ocypodidae): trends and future directions. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 100, p. 463-468, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/isz/a/Tvd9YKpYQd9Nzz9ZdPc6NqG/?lang=en>. Acesso em: 22 jul. 2025.

NATÁLIO, Luís Felipe. **Ecologia evolutiva de caranguejos do gênero Uca: fatores abióticos e recursos alimentares**. 2016. Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/e89a4f30-31a2-4185-a235-42ee4d1b9c41>.

ONU. **Tudo o que você precisa saber sobre poluição plástica**. [S. I.], 23 abr. 2023. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-poluicao-plastica>. Acesso em: 12 jul. 2025.

PENG, Guyu; ZHU Bangshang; YANG Dongqi; SU Lei; SHI Huahong; LI Daoji. Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. **Environmental Pollution**, v. 225, p. 283-290, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749116308338>. Acesso em: 02 jul. 2025.

PINHEIRO, Marcelo AA *et al.* Avaliação do Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763)(Decapoda: Ucididae). **Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação**, v. 2014, p. 441-458, 2010. Brasil. Disponível em: https://crustacea.org.br/wp-content/uploads/2020/12/livro-vermelho-cap33-avaliacao-do-caranguejo-uca.pdf?utm_source=chatgpt.com.

PINILLA-CORTÉS, Paula Catalina; MORENO-GUTIÉRREZ, Jaime Alberto. Attributes of benthic indicators as an instrument for assessing ecosystem integrity. **Open Access Library Journal**, v. 6, n. 7, p. 1-4, 2019. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=93527>. Acesso em: 23 jul. 2025.

PRABHU, Prathiksha P.; PAN, Koustav; KRISHNAN, Jegatha Nambi. Microplastics: Global occurrence, impact, characteristics and sorting. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, p. 893641, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.893641/full>. Acesso em: 10 jun. 2025.

QIAO, Kun; WANG, Wen-Xiong. The dual role of coastal mangroves: Sinks and sources of microplastics in rapidly urbanizing areas. **Journal of Hazardous Materials**, v. 480, p.

136408, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030438942402987X?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 24 jul. 2025.

REDAÇÃO NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. Dia Mundial dos Oceanos: que lugares podem desaparecer com o aumento do nível do mar? 07 jun. 2024. Brasil. <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2024/06/dia-mundial-dos-oceanos-que-lugares-podem-desaparecer-com-o-aumento-do-nivel-do-mar>.

ROSE, Deanna LG. HUDSON Malcolm D., BRAY Sargent, GACA Pawel. **Assessment of the estuarine shoreline microplastics and mesoplastics of the River Itchen, Southampton (UK) for contaminants and for their interaction with invertebrate fauna.** *Environmental Science and Pollution Research*, v. 31, n. 4, p. 6437-6459, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-31396-6#citeas>. Acesso em 09 jun. 2025.

SANDILYAN, Sambandam; KATHIRESAN, K. Mangrove conservation: a global perspective. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 14, p. 3523-3542, 2012. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-012-0388-x?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 25 jul. 2025.

SAMUELS, Whitney; AWE, Adetunji; SPARKS, Conrad. Microplastic pollution and risk assessment in surface water and sediments of the Zandvlei Catchment and estuary, Cape Town, South Africa. **Environmental Pollution**, v. 342, p. 122987, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749123019899>. Acesso em: 01 jul. 2025.

SILVA, Fred Brainer. **Experimentos observacionais sobre o efeito da eutrofização na biologia do caranguejo Uca leptodactyla Rathbun, 1898 em áreas estuarinas do litoral de Pernambuco.** 31 jan. 2013. Dissertação de Mestrado. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10512?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 10 jul. 2025.

SILVEYRA, Gabriela Romina; SILVEYRA P.; BROWN M.; POOLE S.; VATNICK I.; MEDASANE D.A; RODRÍGUEZ E.M. Oxidative stress and histopathological effects by microplastic beads, in the crayfish *Procambarus clarkii*, and fiddler crab *Leptuca pugilator*. **Chemosphere**, v. 343, p. 140260, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653523025304?utm_source=chatgpt.com. Acesso: em 23 jul. 2025.

SINIMBÚ, Fabíola. **Brasil lança por ano 1,3 milhão de toneladas de plástico no oceano.** [S. l.], 24 out. 2024. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/meio-ambiente/noticia/2024-10/brasil-lanca-por-ano-13-milhao-de-toneladas-de-plastico-no-oceano>. Acesso em: 18 jun. 2025.

THOMPSON, Richard C.; OLSEN Ylva; MITCHELL Richard P.; DAVIS Anthony; ROWLAND Steven J.; JHON Anthony W.G.; MCGONIGLE Daniel; RUSSELL Andrea E.. Lost at sea: where is all the plastic? **Science**, v. 304, n. 5672, p. 838-838, 2004. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1094559>. Acesso em: 02 jul. 2025.

TIRKEY, Anita; UPADHYAY, Lata Sheo Bachan. Microplastics: An overview on separation, identification and characterization of microplastics. **Marine pollution bulletin**, v. 170, p. 112604, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X2100638X>. Acesso em: 02 jul. 2025.

VALSAN, Gokul; WARRIER Anish Kumar; ANUSREE S.; TAMRAKAR Anjali; KHALEEL Rizwan; RANGEL-BUITRAGO Nelson. Seasonal variation of microplastics in tropical mangrove waters of South-western India. **Regional Studies in Marine Science**, v. 69, p. 103323, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/isz/a/Tvd9YKpYQd9Nzz9ZdPc6NqG/?lang=en>. Acesso em: 22 jul 2025.

WEIS, Judith S.; WEIS, Peddrick. Behavior of four species of fiddler crabs, genus Uca, in southeast Sulawesi, Indonesia. **Hydrobiologia**, v. 523, n. 1, p. 47-58, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:HYDR.0000033093.84155.1d>. Acesso em: 27 jul. 2025.

WWF. **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico**. 04 mar. 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>.

ZEIL, Jochen; HEMMI, Jan M.; BACKWELL, Patricia RY. Fiddler crabs. **Current biology**, v. 16, n. 2, p. R40-R41, 2006. Disponível em: [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(06\)01015-3](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(06)01015-3). Acesso em 22 jul. 2025.