



Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Campus Mossoró
Curso de Ecologia

JESSICA CLAUTENISLARA DO NASCIMENTO FREITAS

OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS no BIVALVE *Tagelus plebeius* (LEGFOOT, 1786) EM UM ESTUÁRIO URBANIZADO DO NORDESTE DO BRASIL

MOSSORÓ-RN

2024

JESSICA CLAUTENISLARA DO NASCIMENTO FREITAS

OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS no BIVALVE *Tagelus plebeius* (LEGFOOT, 1786) EM UM ESTUÁRIO URBANIZADO DO NORDESTE DO BRASIL

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Mossoró para a obtenção do título de Ecólogo.

Orientador(a): Emanuelle Fontenele Rabelo.

MOSSORÓ-RN

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F862o Freitas, Jessica Clautenislara do Nascimento.
OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS no BIVALVE
Tagelus plebeius (LEGFOOT, 1786) EM UM ESTUÁRIO
URBANIZADO DO NORDESTE DO BRASIL / Jessica
Clautenislara do Nascimento Freitas. - 2024.
32 f. : il.

Orientadora: Rabelo Emanuelle Fontenele.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ecologia, 2024.

1. Poluição. 2. Moluscos. 3. Estuários. 4.
Segurança alimentar. I. Emanuelle Fontenele,
Rabelo, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JESSICA CLAUTENISLARA DO NASCIMENTO FREITAS

**OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS no BIVALVE *Tagelus*
plebeius (LEGFOOT, 1786) EM UM ESTUÁRIO URBANIZADO DO
NORDESTE DO BRASIL**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Mossoró para a obtenção do título
de Ecólogo.

Orientador(a): Emanuelle Fontenele
Rabelo.

Defendida em: 25/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Emanuelle Fontenele Rabelo
Presidente

Lidiane Leal Rocha
Membro Examinador

Cristiano Queiroz de Albuquerque
Membro Examinador

Agradecimentos

Gostaria de começar agradecendo a Deus, que foi quem me deu forças para continuar mesmo quando eu achava que não daria mais.

Quero agradecer à minha família, que sob muito sol, me fez chegar até aqui na sombra. Em especial minha avó e minha mãe, que são meus exemplos e inspiração.

Também quero deixar meu agradecimento aos meus amigos, que me deram consolo, caronas para as aulas e que acreditaram em mim, até quando eu mesma não acreditava. Com vocês ao meu lado foi mais fácil chegar até aqui. Gostaria de agradecer principalmente a Luana Priscila por sempre me ouvir e a Rilari por ter me ajudado nesse processo.

Obrigada a todos que me ajudaram, direta e indiretamente, sem vocês nada disso seria possível.

Obrigada Emanuelle, sem a sua orientação eu não teria conseguido. Sou grata por ter aprendido tanto com você e é uma honra ser parte da história do Laboratório de Ecologia Marinha da UFERSA.

Obrigada aos membros do laboratório, Atílio, Monique e Maria Luiza. Vocês foram essenciais para a construção deste trabalho.

Sou grata a Universidade Federal Rural do Semi-Árido pela oportunidade de crescimento e ao LaboMar pela parceria.

E também gostaria de deixar meus agradecimentos a Cristiano e Lidiane por terem aceitado o convite de fazer parte da banca.

RESUMO

A poluição marinha tem sido amplamente estudada e a maior parte dos resíduos encontrados no oceano é advinda do plástico. Com o tempo, os plásticos maiores vão sofrendo degradação e formando pequenas partículas chamadas de microplásticos, que acumulam-se no ambiente. Os microplásticos (MPs) são extremamente nocivos, pois podem ser ingeridos por organismos e passar para diferentes níveis tróficos, inclusive para seres humanos. Um dos compartimentos onde os microplásticos podem se acumular é em organismos filtradores como os bivalves, comprometendo a biodiversidade e a segurança alimentar humana, particularmente quando as espécies são utilizadas no consumo humano. Assim, este trabalho teve como objetivo identificar, quantificar e caracterizar microplásticos no bivalve *Tagelus plebeius*, coletados no estuário do Rio Cocó, Fortaleza – CE. Os resultados revelaram que 60% dos animais coletados entre abril de 2022 e fevereiro de 2023 estavam contaminados com uma ou mais partículas de MPs, dentre elas filmes (71,2%) e fibras (28,8%). As fibras foram encontradas em cores diversas (azul, vermelho, rosa, preto e roxo) e os filmes transparentes. Os tamanhos dos microplásticos variaram entre 285,4µm e 3841,2µm, com tamanho médio de 1924,2µm. A densidade média de MPs foi de 0,73 partículas por indivíduo e 0,94 de MPs por peso úmido. Finalmente, foi verificado que houve variação sazonal nos MPs somente no mês mais chuvoso (Abril/2022), com uma menor quantidade de MPs nos animais coletados. Levando em consideração que a espécie *T. plebeius* é utilizada para alimentação em restaurantes e que cada porção leva cerca de 20 indivíduos, uma porção servida tem 14,6 mp e se houver consumo diário, a ingestão de MPs poderia atingir 5.329 MPs por ano. Os resultados evidenciaram, pela primeira vez, a poluição por microplásticos em *T. plebeius*. Estudos como estes destacam a importância de monitoramentos constantes de MPs em manguezais e acende um alerta sobre a contaminação dos estuários do Nordeste do Brasil e sobre a segurança alimentar humana.

Palavras-chave: Poluição, moluscos, estuários, segurança alimentar.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. a: Localização geográfica do Rio Cocó, município de Fortaleza, Ceará e b: Foz do Rio Cocó, com a área de coleta dos indivíduos de <i>Tagelus plebeius</i> . O quadrado amarelo representa o ponto de coleta; <i>Tagelus plebeius</i> coletados no estuário do rio Cocó, Ceará Brasil; d: Coleta manual de <i>T. plebeius</i> na margem do Rio Cocó, Ceará, Brasil	13
FIGURA 2. Microplásticos encontrados nos <i>T. plebeius</i>	16
FIGURA 3. Tamanho dos microplásticos encontrados em <i>Tagelus plebeius</i> coletados no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil	17
FIGURA 4. Cores dos microplásticos encontrados em <i>Tagelus plebeius</i> coletados no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil.....	17
FIGURA 5. Porcentagem dos polímeros encontrados em <i>Tagelus plebeius</i> coletados no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil.....	18
FIGURA 6. Variação temporal da ocorrência de MPs nas coletas de <i>Tagelus plebeius</i> coletados no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil.....	19
FIGURA 7. Variação temporal por tipos de MPs em <i>Tagelus plebeius</i> coletados no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil.....	19

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
OBJETIVO GERAL	12
Objetivos específicos	12
METODOLOGIA... ..	12
Área de estudo	12
Coleta das amostras	13
Procedimentos em laboratório.....	14
Análise em laboratório	14
Controle de qualidade.....	14
Análise polimérica	14
Cálculo da ingestão de MPs por indivíduo.....	15
Análise estatística.....	15
RESULTADOS.....	15
Frequência e densidade de Mps em Tagelus plebeius.....	15
Tipos de MPs encontrados	15
Classificação de tamanho e cores dos MPs	16
Composição polimérica dos Microplásticos.....	18
Variação temporal na quantidade e tipos de mps.....	18
Ingestão de MPs por indivíduo	20
DISCUSSÃO	20
CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23

INTRODUÇÃO

A poluição marinha por plásticos é amplamente estudada e divulgada há vários anos. Uma grande parte desses resíduos sólidos encontrados nesses ambientes é plástico em suas mais diferentes formas. Os plásticos possuem diversos tipos de polímeros e são principalmente produzidos por petróleo e seus derivados (WANG et al., 2019). Quando são descartados de forma incorreta, esses plásticos ficam acumulando em ambientes naturais como rios e oceanos, e vão se degradando com o tempo e se tornando cada vez menores. Esses fragmentos menores são chamados de microplásticos (Mps), que são partículas derivadas de plásticos maiores, por conta da ação do intemperismo (ação do vento, água, sol) (THOMPSON et al., 2004) e menores que 5mm (ARTHUR; BAKER; BAMFORD, 2009; FRIAS; NASH, 2019).

Os microplásticos são divididos em dois grupos: primários e secundários. Os MPs primários são direcionados para a indústria de cosméticos, farmacêutica, entre outras (MONTAGNER et al., 2021). Já os secundários, são advindos da fragmentação de plásticos maiores, geralmente degradados pela ação do ambiente (MONTAGNER et al., 2021). Essa degradação pode ser proveniente da ação do intemperismo sob o material ou até mesmo reações químicas e físicas, que acabam afetando a sua integridade (MONTAGNER et al., 2021).

Como consequência da fragmentação, há o aumento da capacidade do material absorver poluentes hidrofóbicos, como os poluentes orgânicos persistentes (POPs), que podem se concentrar na superfície da água até 500 vezes (WURL; OBBARD, 2004). Por sua capacidade de dispersão, os microplásticos são caracterizados como um poluente global, tornando-se um dos maiores problemas para a vida marinha (ASCER, 2015). A ocorrência de microplásticos no ambiente marinho foi notificada pela literatura científica já na década de 1970 (CARPENTER; SMITH, 1972).

Estudos sobre a ingestão e interação com esse material com espécies marinhas podem ajudar a compreender a qualidade e saúde do ecossistema local, com o auxílio de espécies consideradas bioindicadores como os bivalves (BRÅTE et al., 2018). Os bivalves são animais conhecidamente afetados pela poluição por microplástico, por isso são estudados por todo o mundo (LI et al., 2015). Como são animais filtradores, se tornam muito suscetíveis aos microplásticos, além de serem bastante comercializados (CHO et al., 2019). Alguns moluscos conseguem filtrar até 100 L de água por dia, acumulando, em seus tecidos uma grande quantidade de compostos químicos, microorganismos e detritos orgânicos e inorgânicos (DAME, 1996). Quando esses animais são consumidos por seres humanos ou outros animais, os microplásticos e os aditivos químicos podem ser transportados para quem o está ingerindo (HERMABESSIERE et al., 2017; KOELMANS et al., 2014).

Os riscos associados à presença de microplásticos em bivalves já são amplamente documentados na literatura científica global. Após ingeridos pelos animais, os Mps podem interferir no sistema digestório de animais aquáticos, além de causar obstrução intestinal, fazendo com que haja redução alimentar devido a falsa sensação de saciedade (BESSELING et al., 2013). Os MPs podem causar uma série de outros efeitos adversos, incluindo danos ao DNA e problemas no sistema imunológico. Esses poluentes também podem levar a alterações respiratórias, mudanças na taxa de consumo de oxigênio, tanto aumentando quanto inibindo sua absorção e interferindo na produção de enzimas essenciais. Além disso, complicações reprodutivas, crescimento reduzido e problemas na formação e excreção de pérolas também estão entre os impactos negativos observados em

bivalves expostos a microplásticos (GRENN, 2016; SUSSARELLU, et al., 2016; HOU et al., 2024; FABRA et al., 2021; FU et al., 2022; GALLOWAY & LEWIS, 2016). Os aditivos presentes nos MPs podem causar danos ao sistema endócrino, por causa da sua capacidade de afetar sistemas neurológico, imunológico e reprodutivo de animais (ZHOU et al., 2021).

A forma principal de contato humano com MPs é por via oral, ao se alimentar de frutos do mar (SMITH et al, 2018). Dada a sua importância na dieta humana, os frutos do mar são bastante comercializados e presentes no prato de diversas comunidades. Devido a isso, é necessário investigar a situação desses animais e dos ambientes em que eles vivem, já que eles são bastante suscetíveis a contaminantes do meio ambiente (THOMPSON e DARWISH 2019).

Vários estudos detectaram a presença de MPs em algumas espécies marinhas que são comercializadas em todo o mundo, como mexilhões, ostras, caranguejos, camarões e peixes (DE WITTE, B., 2014; LESLIE, H.A., 2017). Além de terem sido encontrados também em água mineral potável (SCHYMANSKI et al., 2018), sal de cozinha (RENZI e BLASKOVIC, 2018), entre outros.

Um dos ambientes marinhos em que os bivalves são comumente capturados para consumo humano estão os estuários. Estuários são ambientes de transição entre água doce, salgada e o ambiente terrestre, sujeito ao regime de marés e locais de grande importância ecológica promovendo descanso de diversos animais costeiros e servindo de berçário para algumas espécies (ABLE, 2005; BECK et al., 2003; ROCHA et al., 2008; SOUZA et al., 2018).

Os estuários possuem grande relevância para o ecossistema, possibilitando que seja utilizado como berçário e local de descanso para diversos animais costeiros (ABLE, 2005; BECK et al., 2003; ROCHA et al., 2008; SOUZA et al., 2018). Apesar disso, esses ambientes também podem funcionar como local de acúmulo de poluição, sendo até considerados como sumidouros de microplásticos (SHI et al., 2022). As partículas podem se acumular na água (SUTEJA et al., 2021), no sedimento (XU et al., 2020) e nos organismos (LIMA; BARLETTA; COSTA, 2015; ZAKI et al., 2021). Dentre as principais fontes poluidoras dos estuários, podemos citar os efluentes domésticos, portos e indústrias (DE FALCO et al., 2019; KIM et al., 2018; MONTEIRO et al., 2019; RISTANTO; AMBARIYANTO; YULIANTO, 2021), principalmente em estuários urbanizados do Nordeste do Brasil, onde a influência de chuvas é baixa na descarga de água doce do rio para o mar, facilitando o acúmulo de poluentes no estuário.

Dentre as espécies mais comuns em estuários do Nordeste do Brasil, está a espécie *Tagelus plebeius*, conhecida também como “unha de velho”, bastante utilizada para alimentação, principalmente por ribeirinhos (CEUTA et al., 2010), além de possuir potencial para aquicultura (CLEDON et al., 2004). É uma espécie eurihalina (animais que possuem adaptações fisiológicas para suportar variações de salinidade em seu habitat) e suspensiva. Vivem em sedimentos arenosos e lamacentos, escavando galerias profundas em formatos de Y (GOLFIERI et al., 1998). Possuem distribuição geográfica desde a Carolina do Norte até a Flórida, Texas, Índias Ocidentais, Venezuela, Suriname, Brasil até o sul da Argentina (RIOS, 2009). Ocupa tocas permanentes de até 70cm de profundidade em locais arenosos-siltosos (ADDINO et al. 2010).

Tagelus plebeius é uma espécie utilizada como bioindicadora em trabalhos pelo mundo sobre salinidade (ADDINO et al., 2019,2024) e estudos sobre interações ecológicas (LOMOVASKY; GUTIÉRREZ; IRIBARNE, 2005; LOMOVASKY et al., 2006). Já no Brasil, a espécie foi utilizada em estudos populacionais (FARIAS; ROCHA-

BARREIRA, 2012), e estudos sobre o ciclo reprodutivo (CEUTA; BOEHS, 2012), assim como sua distribuição espacial (ARRUDA; AMARAL, 2003). *Tagelus plebeius* é presa essencial para algumas espécies de peixes de caranguejos (EGGLESTON et al. 1992; SEITZ et al. 2005; FISHER, 2010), desempenhando um papel importante na cadeia alimentar (ABRAHAM & DILLON, 1986; EGGLESTON et al. 1992; SEITZ et al. 2001)

além de ser comumente utilizado como isca na pesca artesanal (GUTIÉRREZ et al., 2004),

Dada a importância ecológica e econômica de *T. plebeius*, somada a falta de dados a literatura sobre a contaminação dessas espécies por microplásticos, esse estudo objetivou identificar, quantificar e caracterizar microplásticos em indivíduos desta espécie coletados no Rio Cocó, Ceará, um estuário densamente urbanizado.

Este trabalho faz parte do projeto “*I-Plastics: Dispersão e impactos de micro e nanoplásticos nos oceanos tropicais e temperados: da interface regional terra-oceano ao oceano aberto*” com a parceria de diversas instituições do Brasil, Portugal, Espanha e Itália, que teve como objetivo principal, compreender e prever a dispersão, acumulação e impacto dos micros e nanoplásticos em ambientes marinhos, desde as interfaces terra-oceano tropicais e temperadas até oceano aberto. Os resultados desta pesquisa, juntamente com os dados levantados pelas demais equipes do projeto, trarão uma melhor compreensão sobre a poluição das águas tropicais por MPs e da capacidade de resiliência dos ecossistemas costeiros.

OBJETIVO GERAL

Investigar a presença de microplásticos na espécie *Tagelus plebeius* coletados no estuário do Rio Cocó, localizado em Fortaleza-Ce, um estuário densamente urbanizado, para ajudar a compreender sobre a contaminação dessa espécie consumível por microplásticos e sobre a poluição do ambiente.

Objetivos específicos:

1. Analisar a presença e quantidade de microplásticos em *Tagelus plebeius*;
2. Verificar os tipos predominantes de microplásticos presentes nos animais coletados;
3. Analisar a frequência e densidade de microplásticos nos animais coletados;
4. Verificar se há variação temporal na quantidade e tipos de Mps encontrados.

METODOLOGIA

Área de estudo

O Rio Cocó está localizado no estado do Ceará (Figura 1a,b) e faz parte da composição da bacia hidrográfica dos rios do litoral leste cearense. Possui uma área de aproximadamente 485km² e o comprimento total é de aproximadamente 50km (Parque Ecológico do Rio Cocó, 2010). Seu percurso passa por 8 cidades do estado do Ceará, com estuário de aproximadamente 30 km² (SCHETTINI et al., 2017). O Rio Cocó deságua na praia de Sabiaguaba (figura 01b), na capital Fortaleza, formando um ecossistema de manguezal o qual abriga várias espécies de moluscos, crustáceos, peixes, répteis, aves e mamíferos, graças ao ambiente propício para reprodução, desova, crescimento e abrigo

natural (FORTALEZA, 2022). A área do estudo apresenta período chuvoso durante a primeira metade do ano, enquanto a outra metade é predominante seca, registrando precipitação baixa. Além disso, esta área se encontra em Fortaleza, a cidade mais densamente povoada no Brasil. O local onde foram realizadas as coletas está sujeito a diferentes tipos de impactos, como pesca, turismo, desmatamento, urbanização e tráfego constante de veículos.

Coletas das amostras

Foram realizadas 5 coletas de indivíduos da espécie *Tagelus plebeius* (figura 1c) na margem do rio do estuário do Rio Cocó entre abril/2022 e fevereiro/2023, com coletas trimestrais, abrangendo a estação seca e chuvosa. Para cada coleta, foram coletados 20 indivíduos, totalizando assim, 100 animais coletados. Os animais foram removidos manualmente do sedimento através de escavação (Figura 1d), envolvidos em papel alumínio e refrigerados até a chegada ao Laboratório de Ecologia Marinha (EcoMar), na UFERSA (Universidade Federal Rural do Semi Árido) no campus de Mossoró, onde foram congelados.



Figura 1. a: Localização geográfica do Rio Cocó, município de Fortaleza, Ceará e b: Foz do Rio Cocó, com a área de coleta dos indivíduos de *Tagelus plebeius*. O quadrado amarelo representa o ponto de coleta; *Tagelus plebeius* coletados no estuário do rio Cocó, Ceará Brasil; d: Coleta manual de *T. plebeius* na margem do Rio Cocó, Ceará, Brasil.

Procedimentos em laboratório

As amostras passaram pelo processo de descongelamento, para depois ser feita remoção da parte mole da concha com o auxílio de uma pinça. A parte mole foi pesada em uma balança de precisão. Todos esses procedimentos foram realizados dentro de uma capela de exaustão de gases, para evitar a contaminação das amostras e permitir a segurança durante a manipulação dos reagentes.

O processo de digestão da parte mole foi realizado com hidróxido de potássio (KOH) a 10% (3:1 v/p) por 72hs, de acordo com a metodologia proposta por BESSA et al (2019). Passadas 72hs, foi realizada a filtração do material resultante da digestão utilizando-se de filtros de fibra de vidro de abertura de 1,2 micrômetros e usando um sistema de filtração a vácuo.

Análise em laboratório

Os filtros foram armazenados em placas de petri de vidro, e foram analisados em microscópio estereoscópico para verificar a presença de microplásticos. As partículas de microplásticos presentes nas amostras foram contadas, classificadas por cor e tamanho, além de divididos em categorias de acordo com BESSA et al (2019): (I) Fragmento; (II) Fibra; (III) Filme.

As partículas de MPs foram fotografadas e medidas, utilizando-se de uma câmera acoplada ao estereomicroscópio e auxílio do software MotiC 2.0. Os dados foram planilhados em Excel para tabulação, análise e confecção dos gráficos.

Controle de qualidade

Para o controle de contaminação das amostras, os membros da equipe usaram jaleco 100% algodão na cor azul e luvas de látex. Todos os equipamentos e superfícies foram higienizados com álcool 70%, antes de iniciar qualquer procedimento. Além disso, todas as vidrarias utilizadas no processo foram lavadas 3 vezes com água destilada filtrada. O preparo do reagente e manuseio das amostras foi realizado dentro da capela de exaustão de gases, para evitar contaminação pelo ar e possíveis acidentes. Também utilizamos filtro extra para fazer o controle de MPs encontrados e usamos outro filtro extra que chamamos de “branco” para possíveis contaminações. Sendo o branco um filtro dentro da placa petri que fica aberta a todo momento do experimento. Já o controle, é usado sem que filtre o animal. Era passado o reagente para verificar se havia contaminações.

Análise polimérica

Os microplásticos identificados foram separados e colocados manualmente em lâminas. Os espectros foram obtidos utilizando equipamento Raman (Horiba LabRam), equipado com microscópio integrado e platina XYZ motorizada. A objetiva de ampliação de 50x foi utilizada para detecção de amostras e aquisição espectral. O espalhamento Raman foi realizado com um laser de 785 nm com rede de difração de 600x. As medições resultaram em uma resolução na faixa espectral de 300 a 1800 cm^{-1} . Os espectros foram

obtidos utilizando um tempo de aquisição variando entre 10 e 40s. Por fim, a análise dos espectros e identificação dos polímeros foram realizadas com base nos métodos publicados em BARAN et al., (2010) e JIANG et al., (2022). A identificação levou em consideração a similaridade maior que 75% em relação a polímeros padrão certificados.

Cálculo da ingestão de MPs por indivíduo

O cálculo para saber a quantidade de mps ingerido por seres humanos por porção foi baseado na densidade média de mps encontrados por indivíduos multiplicada pela quantidade de animais por porção (20 animais em média são utilizados em cada porção servida).

Análise estatística

Para verificar se houve variação temporal na quantidade de MPs encontradas no bivalve *T. plebeius* foi realizado o teste de Dunn's post hoc e Kruscal-Wallis utilizando software Past.

RESULTADOS

Frequência e densidade de Mps em Tagelus plebeius

Através deste estudo, foi comprovada a ocorrência de microplásticos na espécie *Tagelus plebeius* coletados no estuário do Rio Cocó, em Fortaleza-CE. Foram encontradas 73 partículas de MPs, com uma frequência de ocorrência de 60% dos animais coletados contaminados.

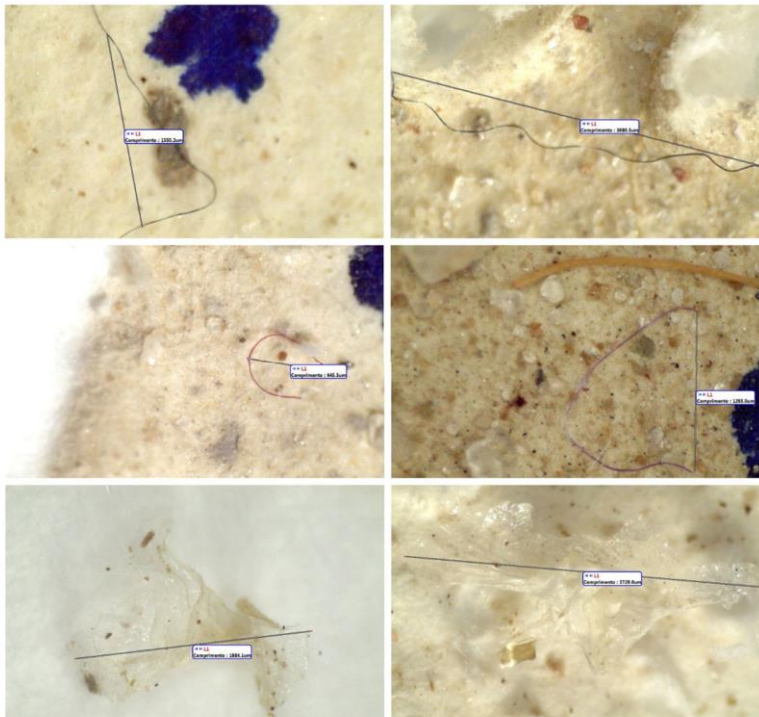


Figura 2. Microplásticos encontrados nos *T. plebeius*

Tipos de MPs encontrados

Foram encontradas 71,2% de partículas de MPs do tipo filme e 28,8% de partículas do tipo fibras.

Classificação de tamanho e cores dos MPs

As partículas encontradas variaram de tamanho entre 285,4 μ m e 3841,2 μ m, classificadas em seis faixas: de 100 μ m a 500 μ m (6%), de 501 μ m a 1000 μ m (12%), de 1001 μ m a 1500 μ m (8%), de 1501 μ m a 2000 μ m (24%), de 2001 μ m a 2500 μ m (24%) e acima de 2501 μ m (26%) (Figura 03). A maior parte dos MPs mediu entre 1501 μ m e 2500 μ m, totalizando 48%, seguida por MPs maiores que 2501 μ m, com 26%. A média de tamanho dos MPs encontrados foi de 1924,2 μ m.

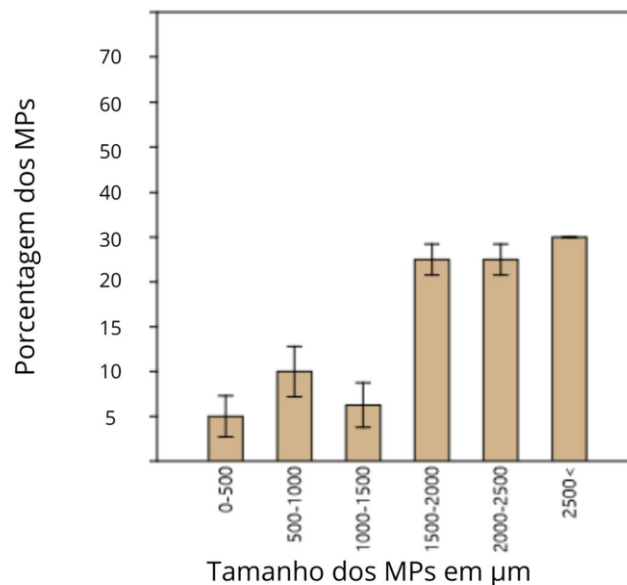


Figura 3: Tamanho dos microplásticos encontrados em *Tagelus plebeius* coletados no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil.

A cor mais comum foi a transparente, com 71,2%, seguida por azul com 11%, preto 6,8%, roxo 5,5%, vermelho 4,1% e rosa 1,4%. Isso se deve ao fato de que a cor transparente representa os filmes encontrados, que foram a grande maioria, conforme mostrado na figura 4.

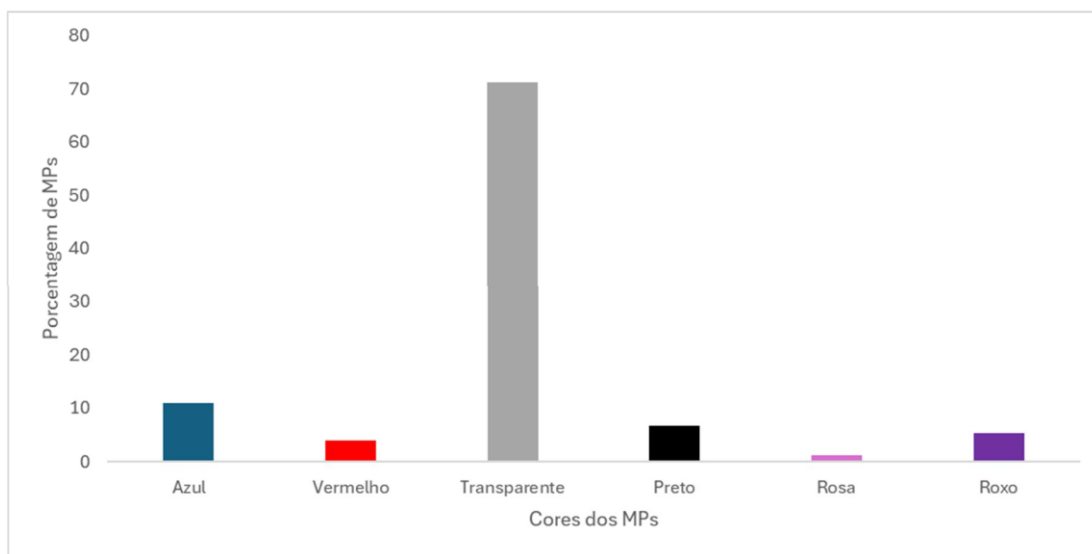


Figura 4: Cores dos microplásticos encontrados em *Tagelus plebeius* coletados no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil.

Composição polimérica dos Microplásticos

A análise polimérica revelou que foram encontrados polímeros do tipo PET (POLIETILENO TEREFALATO) (28,8%) e PC (POLICARBONATO) (71,2%). As fibras foram identificadas como PET e os filmes como PC (figura 5).

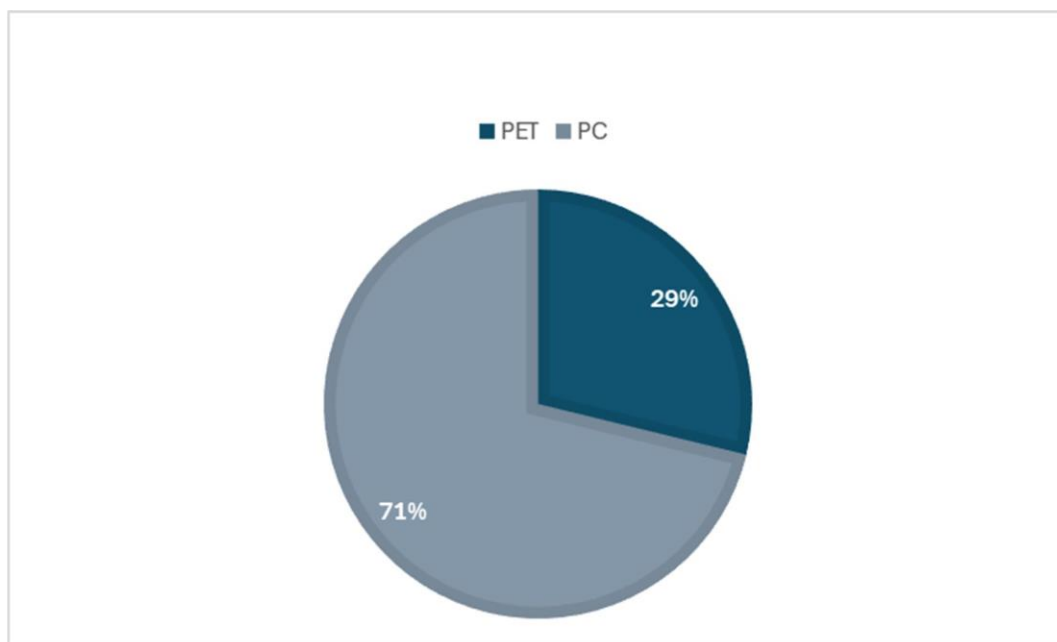


Figura 5. Porcentagem dos polímeros encontrados em *Tagelus plebeius* coletados no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil.

Variação temporal na quantidade e tipos de mps

A análise da variação temporal de MPs revelou que o mês de mês de abril (chuvoso) foi significativamente diferente dos demais meses de coleta, apresentando uma menor quantidade de MPs ($P \geq 0,05$) (Figuras 6 e 7).

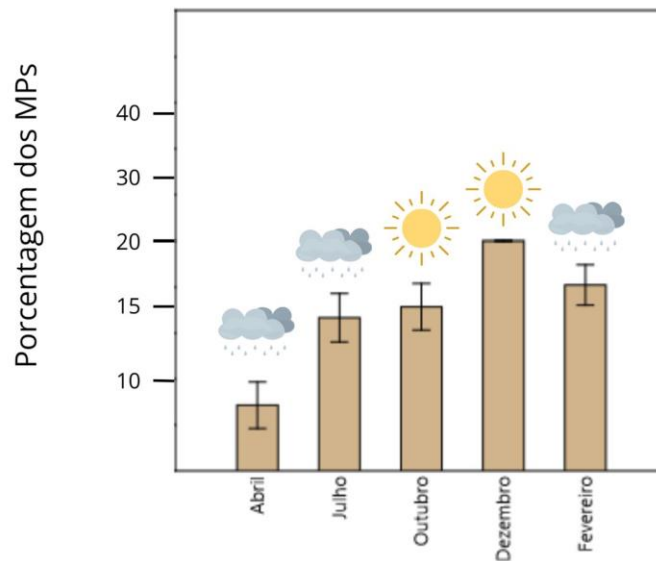


Figura 6: Variação temporal da ocorrência de MPs nas coletas de *Tagelus plebeius* coletados no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil.

A figura 7 nos mostra que a quantidade de filmes encontrados em todos os meses é maior em relação a fibras, exceto abril/2022.

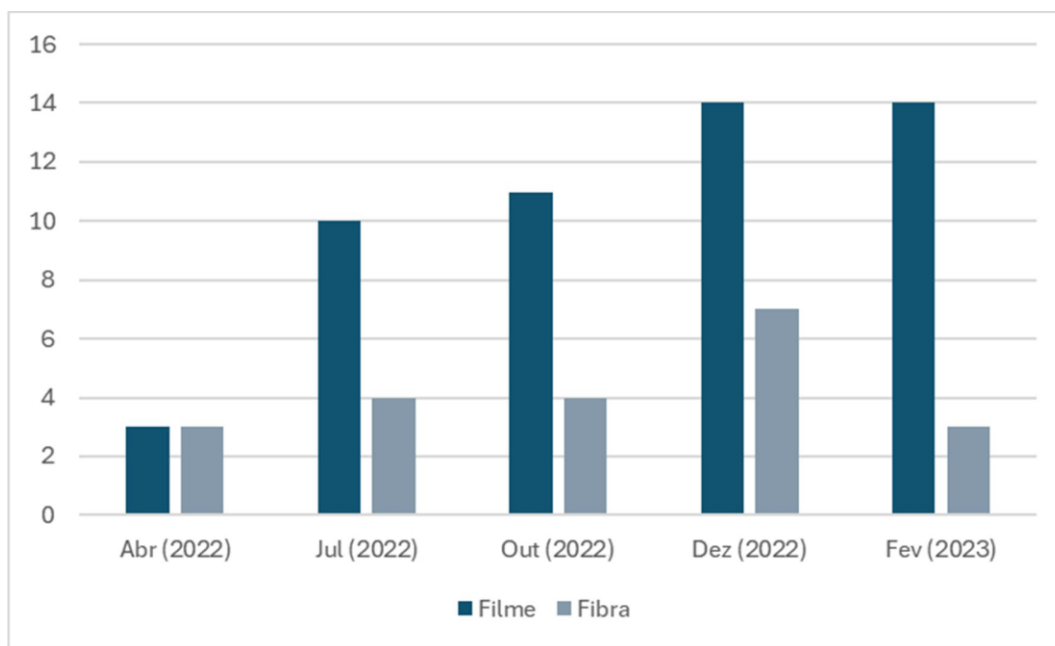


Figura 7: Variação temporal por tipos de MPs em *Tagelus plebeius* coletados no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil.

Ingestão de MPs por indivíduo

Através deste estudo, foi verificada a quantidade de MPs ingeridos por indivíduos humanos que consomem *T. plebeius*. Havendo 0,73 partículas por animal, (Tabela 01) uma porção (20 indivíduos) servida pode atingir 14,6 MPs e se houver consumo diário, a ingestão pode atingir até 5.329 partículas por pessoa por ano.

DISCUSSÃO

Neste estudo, verificou-se que 60% dos bivalves da espécie *Tagelus plebeius* coletados no estuário do rio Cocó estavam contaminados com MPs. Estudos anteriores com bivalves em estuários, revelaram uma maior frequência de ocorrência, como na costa de Gana e na China com valores de até 80% dos animais contaminados (ADDON et al., 2022; DING et al., 2021; WU et al., 2022). Porém, na costa de Portugal houve uma frequência de ocorrência bem menor do que a encontrada no Brasil, com 44% de bivalves contaminados (PEQUENO et al., 2021), o que pode demonstrar os diferentes níveis de poluição de cada local. O ambiente onde foram realizadas as coletas deste trabalho se encontra altamente urbanizado, com construções, restaurantes, barracas de praia e trânsito constante de veículos. Essa antropização local, somada à poluição vinda do continente ao longo do curso do rio, pode ter influenciado na presença de microplásticos nos animais estudados. Vale salientar que a presença de MPs nos bivalves em todo o período amostral revela que as partículas estão disponíveis para os bivalves durante todo o ano com uma fonte constante de microplásticos para o estuário.

Foram identificados microplásticos do tipo filme e fibras. Diferentemente do que foi observado aqui, onde os filmes foram o tipo predominante, a literatura mundial sobre bivalves aponta as fibras como o tipo de microplástico mais comumente encontrado

(KEISLING, 2019; ENRIQUE-DE-LA-TORRE et al., 2022; TENG et al., 2019; DING et al., 2021). A média de tamanho dos MPs encontrados foi de 1924,2 µm, um resultado semelhante ao relatado na literatura, onde os tamanhos variam de 102,45 µm a 2885,49 µm (MARTINELLI et al., 2020). A cor mais frequente foi a transparente, com 71,2% dos MPs, resultado que também se assemelha a outros estudos (DING et al., 2021; LI et al., 2022; RADHAKRISHNAN et al., 2024).

A presença de fibras identificadas no estudo pode ser explicada pela proximidade do manguezal com áreas residenciais, onde o escoamento de águas de lavagem de roupas pode introduzir microfibras no ecossistema. Além disso, a atividade pesqueira constante, com o desgaste das redes de pesca, também pode contribuir para a presença dessas fibras, evidenciando a complexa interação entre as atividades humanas e o meio ambiente nesse estuário tão vital. Já a presença dos filmes pode ser explicada por causa da fragmentação de sacolas plásticas ou embalagens, já que esse material é bastante comum, tem baixa densidade, pode ser levado pelo vento e geralmente, seu descarte é feito de forma incorreta.

O estuário do Rio Cocó está situado na capital mais densamente povoada do país e o rio Cocó é um dos 1000 rios que contribuem para 80% da poluição plástica dos oceanos em todo o mundo (MEIJER et al., 2021), tornando-se um local de intensa interação entre a natureza e a vida urbana. A área não é apenas um ponto de interesse turístico, mas também um centro de atividade pesqueira, essencial para a economia local. A presença de uma ponte nas proximidades facilita o fluxo de pessoas e mercadorias, e a proximidade com comércios e centros urbanos sublinha o quanto o estuário está integrado ao cotidiano da população. Além disso, o Rio Cocó, antes de desaguar no estuário, atravessa oito cidades, o que amplia a sua importância ecológica e econômica para a região.

Depois de fragmentadas, as partículas de menor densidade flutuam e as de maior densidade afundam, sendo assim disponíveis para diversos organismos marinhos em diferentes locais (COLE et al., 2011). Segundo WARD e SHUMWAY (2004), uma vez que o microplástico é absorvido pelo animal, ele dura bastante tempo na superfície dos tecidos antes de entrar no trato digestivo. Após passarem pelo trato digestivo, as partículas podem ser transportadas para o sistema circulatório dos bivalves, podendo ficar ali por mais de 48 dias (BROWNE et al., 2008). De toda forma, mesmo que seja algo temporário, essas partículas de MPs ficam disponíveis para outros animais marinhos através da transferência trófica, como demonstrado por SETALA et al., (2014) e SANTANA et al., (2017). Esse processo pode levar à bioacumulação e biomagnificação, em que a concentração de contaminantes aumenta à medida que se move para níveis tróficos mais altos.

O transporte de microplásticos na interface rio-mar, pode ser influenciado pela maré e também pelo regime de chuvas. As partículas de MPs podem ser transportadas do continente para o mar durante a maré vazante, quando o rio descarrega no mar a água continental carregada de poluentes (FRERE et al., 2017; AD GRAY et al., 2018; NAIDOO et al., 2015; PAZOS et al., 2021; ZHAO et al., 2014, ZHAO et al., 2015). Já

durante a maré enchente, os microplásticos são levados do oceano para a costa, adentrando no estuário e concentrando-os na água e no sedimento (LEADS e WEINSTEIN, 2019; ANDERSON et al., 2018; RODRIGUES et al., 2019). Durante o período chuvoso, o estuário recebe uma descarga maior de água vindo do continente, o que pode diluir os microplásticos e carregá-los para o mar, fazendo com que haja uma diminuição da concentração desse poluente na água do estuário e consequentemente em organismos filtradores, como bivalves. Esse fenômeno foi observado no presente estudo, quando no mês mais chuvoso (abril/2022), os animais apresentaram menos microplásticos. Provavelmente, devido à maior pluviosidade deste mês, a maior descarga de água doce de origem continental fez com que os MPs fossem carregados para o mar ou ficassem suspensos devido a turbulência, estando assim indisponíveis para os organismos bentônicos, como *T. plebeius*.

Os efeitos químicos dos MPs podem acarretar tantas consequências negativas quanto os efeitos físicos que já são conhecidos. Essas partículas têm potencial para agirem como transportadores de aditivos químicos originados da composição do próprio plástico ou até mesmo transferir produtos químicos adsorvidos do ambiente para sua superfície (JIANG et al., 2023), se mostrando um potencial perigo para a saúde humana.

Os microplásticos encontrados nas amostras deste estudo foram identificados como PC (Policarbonato) e PET (Polietileno Tereftalato), polímeros que apresentam densidades maiores que as da água do mar ($1,2 \text{ g/cm}^3$ e $1,37 \text{ g/cm}^3$, respectivamente), tendendo a se concentrar em camadas inferiores da coluna d'água e sedimento, tornando-se assim mais disponíveis para espécies bentônicas, como é o caso de *Tagelus plebeius*. O PC é fabricado com adição de um aditivo químico conhecido como bisfenol-A (BPA), usado para dar rigidez, resistência, transparência, alta durabilidade e baixo custo ao plástico (FABRIS; DE ALVARENGA FREIRE; REYES, 2006). O BPA é um dos aditivos plásticos mais comuns encontrados em habitats costeiros, como estuários, e pode ser liberado quando a cadeia do polímero se degrada e foi detectado na água do mar e em sedimentos marinhos (Hermabessiere et al., 2017) e em organismos costeiros (Barboza et al., 2020; Rios-Fuster et al., 2022; Tang et al., 2022). Os efeitos negativos do BPA foram mostrados em estudos com bivalves (TANG et al., 2022) e em humanos (WANG; GE; YU, 2020; OEHLMANN et al., 2009; ROCHESTER, 2013).

Além dos aditivos presentes nos plásticos, os MPs podem também adsorver metais pesados e outros componentes tóxicos (AUTA et al., 2017; FOSHTOMI et al., 2019; GUO & WANG, 2019), criando uma superfície favorável à formação de biofilmes e crescimento de comunidades microbianas patogênicas (OBERBECKMANN et al., 2015). Diante disso, é crucial realizar investigações contínuas sobre essa questão, especialmente em relação às espécies que são amplamente consumidas e comercializadas, como é o caso do *T. plebeius*, que pode representar um risco à saúde pública.

Levando em consideração que a espécie *T. plebeius* é utilizada para alimentação em restaurantes e que cada porção leva 20 indivíduos, uma porção servida tem 14,6 MPs e se houver consumo diário, a ingestão de MPs poderia atingir 5.329 MPs por ano. Ao entrar no trato digestivo humano, as partículas podem ser absorvidas pelo intestino, podendo causar infecções e contaminações por agentes biológicos e aditivos que podem ter sido adsorvidos na superfície das micropartículas (FABRA et al., 2021; VAN

CAUWENBERGHE & JANSSEN, 2014). Além disso, partículas ainda menores chamadas de nanoplásticos podem adentrar o interior das células, ainda na corrente sanguínea e na placenta humana (VETHAAK & LESLIE, 2016; ZHANG et al., 2022; ZHU et al., 2023).

Estudos sobre as consequências negativas dos Mps para o ambiente e para a saúde humana estão avançando e é necessário um monitoramento contínuo da presença desses poluentes nos ambientes marinhos, de modo a se entender melhor os efeitos deletérios a curto, médio e longo prazo dos microplásticos, gerando assim subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas com foco na diminuição desse poluente no planeta.

CONCLUSÃO

Com esses resultados podemos concluir que há microplástico nos bivalves da espécie *Tagelus plebeius* coletados no Rio Cocó-CE, com mais da metade dos animais contaminados com fibras e filmes e com microplásticos presentes nos animais ao longo do ano todo. Logo, se faz necessário que haja mais atenção quanto à conservação dos estuários, tendo em vista que são espaços bastante utilizados pela população, como fonte de renda pela pesca e atividades turísticas. A presença de MPs em bivalves que são ingeridos diariamente podem trazer sérias consequências à saúde humana.

O plástico é um item bastante utilizado no nosso dia a dia, seria impossível não fazer uso do mesmo. Porém, o descarte incorreto deste produto está causando impactos no meio ambiente, tanto em ambientes terrestres como aquáticos, aos animais e aos seres humanos. Portanto, é necessário que sejam realizados mais estudos sobre esse material e seus impactos em locais onde a população sobrevive de pesca, como é o caso do Rio Cocó, gerando dados para serem utilizados como base para o desenvolvimento de políticas públicas para diminuição da poluição marinha.

Um dos objetivos da Década dos Oceanos das Nações Unidas (2021-2030) é manter um “oceano limpo”. No entanto, embora a poluição plástica seja um dos temas mais abordados quando o assunto é poluição ambiental, a implementação de estratégias ainda está longe de ser uma realidade em todos os países, principalmente em localidades onde há populações em situação de vulnerabilidade social, como na América Latina, em áreas urbanas de manguezais. Ainda há necessidade de discutir e implementar políticas públicas urgentes e abrangentes para enfrentar o tema. Além disso, incentivar pesquisas sobre monitoramento contínuo da presença de poluentes plásticos em diferentes ecossistemas costeiros tropicais e seus efeitos na biodiversidade e na saúde humana é extremamente necessário para melhor compreender a magnitude desse problema.

Se faz necessário que haja mais pesquisas sobre MPs em estuários, com uma avaliação que dure mais tempo para que seja possível verificar a variação temporal de forma mais concreta. Como também uma avaliação química dos efeitos dos MPs nas espécies estuarinas é de grande valia.

REFERÊNCIAS

ABLE, K. A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 64, p. 5–17, 1 jul. 2005.

ABRAHAM, B. J.; DILLON, P. L. **Species profiles: Life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Mid-Atlantic): Softshell clam. [Mya arenaria]**. [s.l.] Hampton Univ., VA (USA). Dept. of Biological Sciences; Hampton Univ., VA (USA), 1 ago. 1986. Disponível em: <<https://www.osti.gov/biblio/7025829>>. Acesso em: 17 set. 2024.

ADDINO, M. et al. Infection by gymnophallid metacercariae enhances predation mortality of SW Atlantic stout razor clam *Tagelus plebeius*. **Journal of Sea Research**, v. 63, p. 102–107, 1 fev. 2010.

ADDINO, M. S. et al. Mudanças no crescimento do robusto molusco navalha *Tagelus plebeius* (Lightfoot, 1786) sob diferentes salinidades em estuários do Atlântico Sudoeste. **Journal of Sea Research**, v. 146, p. 14–23, 1 abr. 2019.

ADDO, S. et al. Occurrence of microplastics in wild oysters (*Crassostrea tulipa*) from the Gulf of Guinea and their potential human exposure. **Heliyon**, v. 8, n. 12, p. e12255, 1 dez. 2022.

ANDERSON, Z. et al. A rapid method for assessing the accumulation of microplastics in the sea surface microlayer (SML) of estuarine systems. **Scientific Reports**, v. 8, 21 jun. 2018.

ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, v. 62, n. 8, p. 1596–1605, 1 ago. 2011.

ARRUDA, E. P. DE; AMARAL, A. C. Z. Spatial distribution of mollusks in the intertidal zone of sheltered beaches in southeastern of Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, p. 291–300, jun. 2003.

ARTHUR, C.; BAKER, J.; BAMFORD, H. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. **National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Memorandum NOS-OR&R-30**, 1 jan. 2009.

ARTS, M. T.; ACKMAN, R. G.; HOLUB, B. J. “Essential fatty acids” in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 58, n. 1, p. 122–137, jan. 2001.

ASCER, L. G. Efeitos de Microplásticos na Fisiologia do Mexilhão Perna perna. **São Paulo**, 2015.

AUTA, H. S.; EMENIKE, C. U.; FAUZIAH, S. H. 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, 1 maio 2017.

BECK et al. The Role of Nearshore Ecosystems as Fish and Shellfish Nurseries. **Issues in Ecology**, v. 11, p. 1–12, 1 jan. 2003.

BRÅTE, I. L. N. et al. *Mytilus* spp. as sentinels for monitoring microplastic pollution in Norwegian coastal waters: A qualitative and quantitative study. **Environmental Pollution**, v. 243, p. 383–393, 1 dez. 2018.

BROWNE, M. A. et al. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L). **Environmental Science & Technology**, v. 42, n. 13, p. 5026–5031, 1 jul. 2008.

CARPENTER, E. J.; SMITH, K. Plastics on the Sargasso Sea Surface. **Science**, v. 175, n. 4027, p. 1240–1241, 17 mar. 1972.

CEUTA, L. O.; BOEHS, G. Reproductive cycle of *Tagelus plebeius* (Mollusca: Bivalvia) in the estuary of the Cachoeira River, Ilhéus, Bahia, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, p. 569–576, ago. 2012.

CHO, Y. et al. Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. **Environmental Pollution**, v. 245, p. 1107–1116, 1 fev. 2019.

CLEDÓN, M.; PERALTA BRICHTOVA, A. C.; PENCHASZADEH, P. Reproductive cycle of the stout razor clam, *Tagelus plebeius* (Lightfoot, 1786), in the Mar Chiquita Coastal Lagoon, Argentina. **Journal of Shellfish Research**, v. 23, p. 443, 1 dez. 2004.

COLE, M. et al. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 12, p. 2588–2597, 1 dez. 2011.

DE FALCO, F. et al. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. **Scientific Reports**, v. 9, p. 6633, 29 abr. 2019.

DE WITTE, B. et al. Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): comparison between commercial and wild types. **Marine Pollution Bulletin**, v. 85, n. 1, p. 146–155, 15 ago. 2014.

DEFONTAINE, S. et al. Microplastics in a salt-wedge estuary: Vertical structure and tidal dynamics. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, p. 111688, 1 nov. 2020.

DING, J. et al. Microplastics in four bivalve species and basis for using bivalves as bioindicators of microplastic pollution. **Science of The Total Environment**, v. 782, p. 146830, 15 ago. 2021.

EGGLESTON, D.; LIPCIUS, R.; HINES, A. Density-dependent predation by blue crabs upon infaunal clam species with contrasting distribution and abundance patterns. **Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER**, v. 85, p. 55–68, 1 ago. 1992.

ENRIQUE-DE-LA-TORRE, G. et al. ABUNDANCE AND CHARACTERISTICS OF MICROPLASTICS IN MARKET BIVALVE *Aulacomya Atrata* (MYTILIDAE: BIVALVIA). **Acta Biológica Colombiana**, v. 27, n. 2, p. 232–239, ago. 2022.

FABRA, M. et al. The plastic Trojan horse: Biofilms increase microplastic uptake in marine filter feeders impacting microbial transfer and organism health. **Science of The Total Environment**, v. 797, p. 149217, 1 nov. 2021.

FABRIS, S.; DE ALVARENGA FREIRE, M. T.; REYES, F. Plastic packaging: Types of materials, food contamination and legislation aspects. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 19, p. 59–70, 1 jul. 2006.

FARIAS, M.; ROCHA-BARREIRA, C. Population aspects of *Tagelus plebeius* (Mollusca: Bivalvia: Solecurtidae) in the Ceará River estuary, Ceará State, northeast Brazil. 1 jan. 2012.

FISHER, R. Life History, Trophic Ecology, & Prey Handling By Cownose Ray, *Rhinoptera Bonasus*, From Chesapeake Bay. 1970.

FRÈRE, L. et al. Influence of environmental and anthropogenic factors on the composition, concentration and spatial distribution of microplastics: A case study of the Bay of Brest (Brittany, France). **Environmental Pollution**, v. 225, p. 211–222, 1 jun. 2017.

FRIAS, J. P. G. L.; NASH, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. **Marine Pollution Bulletin**, v. 138, p. 145–147, 1 jan. 2019.

FU, L. et al. Behaviors and biochemical responses of macroinvertebrate *Corbicula fluminea* to polystyrene microplastics. **Science of The Total Environment**, v. 813, p. 152617, 20 mar. 2022.

GALLOWAY, T.; LEWIS, C. Marine microplastics spell big problems for future generations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, p. 201600715, 22 fev. 2016.

GOLFIERI, G. A.; FERRERO, L.; ZÁRATE, M. TAFONOMÍA y PALEOECOLOGÍA DE *TAGELUS PLEBEIUS* (LIGHTFOOT, 1786) (MOLLUSCA, BIVALVIA) EN SEDIMENTOS HOLOCENOS DEL RÍO QUEQUÉN GRANDE, PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA. **Ameghiniana**, v. 35, n. 3, p. 255–264, 1998.

GREEN, D. S. Effects of microplastics on European flat oysters, *Ostrea edulis* and their associated benthic communities. **Environmental Pollution**, v. 216, p. 95–103, 1 set. 2016.

GUTIÉRREZ, J. L.; PALOMO, M. G.; IRIBARNE, O. O. Environmental heterogeneity and species responses to fishing disturbance: are the effects of clam harvesting spatially consistent? **Fisheries Research**, v. 67, n. 1, p. 55–70, 1 mar. 2004.

HERMABESSIERE, L. et al. Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: A review. **Chemosphere**, v. 182, p. 781–793, set. 2017.

- JIANG, H. et al. The Adsorption and Desorption Behavior of Bisphenol A on Five Microplastics Under Simulated Gastrointestinal Conditions. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 234, n. 2, p. 106, fev. 2023.
- KIM, A. W. et al. PAH, PCB, TPH and mercury in surface sediments of the Delaware River Estuary and Delmarva Peninsula, USA. **Marine Pollution Bulletin**, v. 129, 1 out. 2017.
- KOELMANS, A. A.; BESSELING, E.; FOEKEMA, E. M. Leaching of plastic additives to marine organisms. **Environmental Pollution**, v. 187, p. 49–54, abr. 2014.
- LEADS, R. R.; WEINSTEIN, J. E. Occurrence of tire wear particles and other microplastics within the tributaries of the Charleston Harbor Estuary, South Carolina, USA. **Marine Pollution Bulletin**, v. 145, p. 569–582, 1 ago. 2019.
- LESLIE, H. A. et al. Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. **Environment International**, v. 101, p. 133–142, 1 abr. 2017.
- LI, J. et al. Microplastics in commercial bivalves from China. **Environmental Pollution**, v. 207, p. 190–195, 1 dez. 2015.
- LI, H.-X. et al. Microplastics contamination in bivalves from the Daya Bay: Species variability and spatio-temporal distribution and human health risks. **Science of The Total Environment**, v. 841, p. 156749, 1 out. 2022.
- LIMA, A. R. A.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F. Seasonal distribution and interactions between plankton and microplastics in a tropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 165, p. 213–225, 5 nov. 2015.
- LOMOVASKY, B. J. et al. Efeito do caranguejo-escavador do Atlântico Sudoeste *Chasmagnathus granulatus* sobre o molusco navalha intermareal *Tagelus plebeius*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 337, n. 1, p. 19–29, 19 set. 2006.
- LOMOVASKY, B. J.; GUTIÉRREZ, J. L.; IRIBARNE, O. O. Identificação de danos na concha reparada e calcificação anormal na navalha robusta *Tagelus plebeius* como uma ferramenta para investigar suas interações ecológicas. **Journal of Sea Research**, v. 54, n. 2, p. 163–175, 1 ago. 2005.
- MALLI, A. et al. Transport mechanisms and fate of microplastics in estuarine compartments: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 177, p. 113553, 1 abr. 2022.
- MARTINELLI, J. C. et al. Low incidence of microplastic contaminants in Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) from the Salish Sea, USA. **The Science of the Total Environment**, v. 715, p. 136826, 1 maio 2020.

MONTAGNER, C. C. et al. MICROPLASTICS: ENVIRONMENTAL OCCURRENCE AND ANALYTICAL CHALLENGES. **Química Nova**, v. 44, p. 1328–1352, 20 dez. 2021.

MONTEIRO, C. et al. Platinum and rhodium in Tagus estuary, SW Europe: sources and spatial distribution. **Environmental Monitoring and Assessment**, 21 ago. 2019.

NAIDOO, T.; GLASSOM, D.; SMIT, A. J. Plastic pollution in five urban estuaries of KwaZulu-Natal, South Africa. **Marine Pollution Bulletin**, v. 101, n. 1, p. 473–480, 15 dez. 2015.

OBERBECKMANN, S.; LÖDER, M.; LABRENZ, M. Marine microplastic-associated biofilms - A review. **Environmental Chemistry**, 17 set. 2015.

OEHLMANN, J. et al. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2047–2062, 27 jul. 2009.

PAZOS, R. S. et al. Temporal patterns in the abundance, type and composition of microplastics on the coast of the Río de la Plata estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 168, p. 112382, 1 jul. 2021.

(PDF) Lost at Sea: Where Is All the Plastic? **ResearchGate**, [s.d.].

PEQUENO, J. et al. Microplastics in Marine and Estuarine Species From the Coast of Portugal. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, 24 fev. 2021.

PIENIAK, Z.; VERBEKE, W.; SCHOLDERER, J. Health-related beliefs and consumer knowledge as determinants of fish consumption. **Journal of Human Nutrition and Dietetics: The Official Journal of the British Dietetic Association**, v. 23, n. 5, p. 480–488, out. 2010.

RADHAKRISHNAN, N. K. K. et al. Accumulation of microplastics in bivalves within the Chandragiri River in South-Western India. **Anthropocene Coasts**, v. 7, n. 1, p. 5, 17 fev. 2024

RENZI, M.; BLAŠKOVIĆ, A. Litter & microplastics features in table salts from marine origin: Italian versus Croatian brands. **Marine Pollution Bulletin**, v. 135, p. 62–68, 1 out. 2018.

RISTANTO, D.; AMBARIYANTO, A.; YULIANTO, B. Water Quality Assessment Based on National Sanitations Foundation Water Quality Index during Rainy Season in Sibelis and Kemiri Estuaries Tegal City. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 750, p. 012013, 1 maio 2021.

ROCHA, M. DA S. P. et al. O uso dos recursos pesqueiros no estuário do rio mamanguape, estado da Paraíba, Brasil. **Interciencia**, v. 33, n. 12, p. 903–910, dez. 2008.

- RODRIGUES, S. M. et al. Microplastic contamination in an urban estuary: Abundance and distribution of microplastics and fish larvae in the Douro estuary. **Science of The Total Environment**, v. 659, p. 1071–1081, 1 abr. 2019.
- SCHETTINI, C. A. F.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C. Circulation and transport in short, low-inflow estuaries under anthropogenic stresses. **Regional Studies in Marine Science**, v. 10, p. 52–64, 1 fev. 2017.
- SCHYMANSKI, D. et al. Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. **Water Research**, v. 129, p. 154–162, 1 fev. 2018.
- SHI, H. et al. Source-sink process of microplastics in watershed-estuary-offshore system. **Journal of Cleaner Production**, v. 338, p. 130612, 1 mar. 2022.
- SMITH, M. et al. Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. **Current Environmental Health Reports**, v. 5, n. 3, p. 375–386, set. 2018.
- SOUZA, C. et al. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica. Em: [s.l: s.n.].
- SUSSARELLU, R. et al. Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 9, p. 2430–2435, 1 mar. 2016.
- SUTEJA, Y. et al. Spatial and temporal distribution of microplastic in surface water of tropical estuary: Case study in Benoa Bay, Bali, Indonesia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 163, p. 111979, 1 fev. 2021.
- TANG, Y. et al. Bisphenol A and microplastics weaken the antimicrobial ability of blood clams by disrupting humoral immune responses and suppressing hemocyte chemotactic activity. **Environmental Pollution**, v. 307, p. 119497, ago. 2022.
- TENG, J. et al. Microplastic in cultured oysters from different coastal areas of China. **Science of The Total Environment**, v. 653, p. 1282–1292, 25 fev. 2019.
- THOMPSON, L. A.; DARWISH, W. S. Environmental Chemical Contaminants in Food: Review of a Global Problem. **Journal of Toxicology**, v. 2019, p. 2345283, 2019.
- VAN CAUWENBERGHE, L.; JANSSEN, C. R. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. **Environmental Pollution**, v. 193, p. 65–70, 1 out. 2014.
- VETHAAK, A. D.; LESLIE, H. A. Plastic Debris Is a Human Health Issue. **Environmental Science & Technology**, v. 50, n. 13, p. 6825–6826, 5 jul. 2016.
- WANG, W. et al. The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 173, p. 110–117, 30 maio 2019.

WANG, W.; GE, J.; YU, X. Bioavailability and toxicity of microplastics to fish species: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 189, p. 109913, 1 fev. 2020.

WURL, O.; OBBARD, J. P. A review of pollutants in the sea-surface microlayer (SML): a unique habitat for marine organisms. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, n. 11, p. 1016–1030, 1 jun. 2004.

XU, Q. et al. Microplastics in sediments from an interconnected river-estuary region. **Science of The Total Environment**, v. 729, p. 139025, 10 ago. 2020.

YAZDANI FOSHTOMI, M. et al. Composition and abundance of microplastics in surface sediments and their interaction with sedimentary heavy metals, PAHs and TPH (total petroleum hydrocarbons). **Marine Pollution Bulletin**, v. 149, p. 110655, 1 dez. 2019.

ZAKI, M. R. M. et al. Microplastic pollution in tropical estuary gastropods: Abundance, distribution and potential sources of Klang River estuary, Malaysia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 162, p. 111866, 1 jan. 2021.

ZHANG, Y. et al. The potential effects of microplastic pollution on human digestive tract cells. **Chemosphere**, v. 291, n. Pt 1, p. 132714, mar. 2022.

ZHAO, S. et al. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 86, 1 set. 2014.

ZHAO, S.; ZHU, L.; LI, D. Microplastic in three urban estuaries, China. **Environmental Pollution**, v. 206, p. 597–604, 1 nov. 2015.

ZHU, L. et al. Identification of microplastics in human placenta using laser direct infrared spectroscopy. **The Science of the Total Environment**, v. 856, n. Pt 1, p. 159060, 15 jan. 2023.

