

POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS ARENOSAS NO SUL DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Karoline Campi¹, Nayra Bento Côgo², Phillipe Mota Machado¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde, Alto Universitário, S/N, Guararema – 29500-000 – Alegre-ES, Brasil. karolinecampi@gmail.com, phillipe.machado@ufes.br.

² Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia Laboratório de Ciências Ambientais, Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califórnia - 28013-602 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil. nayracogo@gmail.com

Resumo

As praias sofrem com o descarte inadequado de resíduos plásticos, que se fragmentam em microplásticos (MPs) e acabam entrando na cadeia alimentar, alcançando os seres humanos. Este trabalho investigou a presença de microplásticos no caranguejo *Ocypode quadrata* e no sedimento de seis praias do sul do Espírito Santo, comparando áreas urbanizadas e não urbanizadas. As coletas ocorreram entre março e abril de 2024, em seis praias de três municípios do sul do Espírito Santo (Anchieta, Itapemirim e Marataízes), contemplando áreas urbanizadas e não-urbanizadas, onde foram coletados caranguejos *Ocypode quadrata* e amostras de sedimento. No laboratório, os caranguejos tiveram a massa visceral digerida e filtrada, enquanto os sedimentos passaram por secagem, decantação e flotação para extração de microplásticos. Todas as praias apresentaram MPs nos caranguejos e nos sedimentos, com maior presença em áreas urbanizadas, predominando partículas de cores preta, azul e transparente.

Palavras-chave: Poluição ambiental. Resíduos sólidos. Sedimento Arenoso. Ocypodidae.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas – Ecologia.

Introdução

As praias arenosas são ecossistemas que enfrentam diversos impactos provenientes de atividades humanas, e por possuírem uma macrofauna bentônica com relação direta com substrato arenoso, algumas espécies são usadas como indicadoras desses impactos (Machado *et al.*, 2017; Machado *et al.*, 2019; Barboza *et al.*, 2021). Um representante desta fauna é o caranguejo *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787), também conhecido como maria-farinha ou caranguejo-fantasma, muito comum em praias brasileiras. Eles são usados como bioindicadores em praias, sendo negativamente afetados por diversas atividades humanas, como tráfego de veículos, pisoteio por pessoas e descarte incorreto de resíduos sólidos (Barros, 2001; Machado *et al.*, 2019; Schlacher *et al.*, 2023; Arcelino *et al.*, 2025).

Entre os diversos materiais descartados inadequadamente pela má gestão de resíduos sólidos, o plástico se destaca como um dos principais componentes, gerando desafios ambientais e socioeconômicos significativos (Silva; Capanema, 2019). Um aspecto específico dessa problemática refere-se aos microplásticos (MPs), definidas pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) como partículas de polímeros orgânicos sintéticos com dimensões inferiores a 5 mm (Arthur *et al.*, 2009).

Impactos negativos gerados pela ingestão de MPs na sobrevivência e no crescimento (Ziajahromi *et al.*, 2018) e reprodução (Au *et al.*, 2015; Lei *et al.*, 2018) de invertebrados já foram relatados. Em experimentos com mexilhões e caranguejos, foi possível observar a transferência de MPs entre diferentes níveis tróficos (Farrell; Nelson, 2013). A partir dessa transferência trófica, os MPs podem chegar à dieta humana através de diversas fontes, incluindo o consumo de alimentos contaminados pelo ambiente, ou por suas embalagens plásticas (Kedzierski *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2022; Ponce *et al.*, 2023), podendo bioacumular nos tecidos corporais ao longo do tempo e desencadear efeitos prejudiciais à saúde humana (Galloway, 2015).

Considerando os impactos antrópicos nas praias, a importância do *O. quadrata* como biomonitor e os potenciais efeitos dos MPs, este estudo teve como objetivos verificar a presença dessas partículas

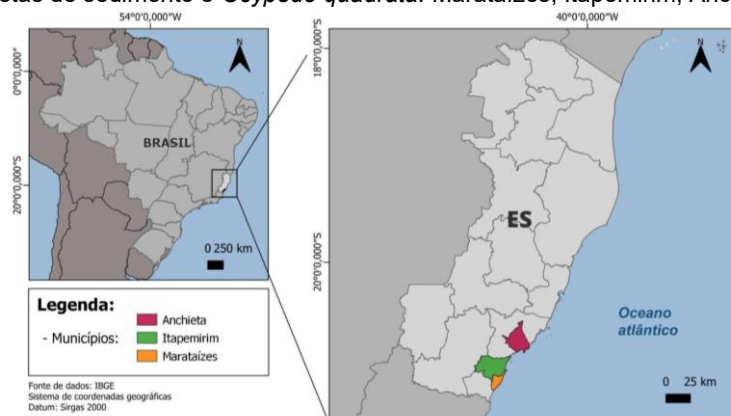
A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

no caranguejo *Ocypode quadrata* e no sedimento de seis praias na região sul do Espírito Santo, avaliando diferenças na riqueza e abundância de MPs entre praias com distintos níveis de urbanização.

Metodologia

O estudo foi conduzido em seis praias de três municípios do sul do estado do Espírito Santo (Figura 1). Em cada município, foram selecionadas duas praias, uma urbanizada (U) e uma não-urbanizada (NU). As praias selecionadas foram: Praia de Ubú (U) e Praia do Além (NU), em Anchieta; Praia de Itaipava (U) e Praia de Itaóca (NU), em Itapemirim; e Praia Central (U) e Praia Lagoa Dantas (NU), em Marataízes.

Figura 1 - Mapa da área de estudo com indicação do Espírito Santo (ES) e municípios onde foram realizadas as coletas de sedimento e *Ocypode quadrata*: Marataízes, Itapemirim, Anchieta.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Ao todo foram coletados 68 caranguejos da espécie *Ocypode quadrata*. No laboratório, as amostras foram identificadas e armazenadas em freezer a -18°C . Posteriormente, os espécimes foram dissecados, retirando a massa visceral e armazenado individualmente em tubos de ensaio contendo peróxido de hidrogênio úmido (30% H_2O_2) por 48h a 50°C em estufa, para a digestão do material coletado. Posteriormente, as amostras digeridas foram filtradas em filtro de microfibras com porosidade de $0,45\ \mu\text{m}$ Whatman GF/C, com auxílio de bomba de vácuo. Para as amostras de sedimento, foram coletados 500 g em cada praia. Triplicatas de 40g de cada amostra passaram pela estufa de secagem por 72h a 70°C . Em seguida, 20 mL de NaCl ($d = 1,2\text{g}/\text{cm}^3$) foram adicionados para decantação do sedimento e flotação de MPs, por 4h. O sobrenadante foi vertido em filtro de microfibras $0,45\ \mu\text{m}$ Whatman GF/C e filtrado auxílio de bomba de vácuo.

Para o controle da contaminação externa, antes dos procedimentos analíticos das amostras, a bancada foi limpa com álcool 70% filtrado, todas as vidrarias foram enxaguadas três vezes com água Milli-Q filtrada e, posteriormente, secas e cobertas por papel alumínio. Durante a coleta dos materiais e dos procedimentos laboratoriais foram usadas roupas e jaleco de algodão. A contaminação do ar foi monitorada durante os procedimentos laboratoriais utilizando placas de Petri ao lado das amostras trabalhadas. Essas placas foram avaliadas para estimar a contaminação externa (Bessa et al., 2019).

A contagem, classificação e a mensuração dos MPs foram realizadas utilizando uma lupa Leica EZ4 HD com auxílio do software Leica LAS EZ. Os materiais encontrados foram classificados quanto ao tipo filamento (FL) ou fragmento (FG), e à coloração. Análises de Variância (ANOVA) foram utilizadas para avaliar se havia diferenças estatísticas nas abundâncias e tamanhos dos MPs entre as praias e setores amostrados. Posteriormente, o Teste de Tukey foi realizado para identificar especificamente quais grupos apresentaram diferenças entre si.

Os testes foram realizados com níveis de confiança de 95%. As análises foram realizadas utilizando o R, versão 4.4.1, e o RStudio, versão 2024.9.1.394.

Resultados

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Nas amostras biológicas, foram identificadas 92 partículas de MPs, sendo 69 no setor U e 23 no setor NU, correspondendo a concentrações médias de 1,97 MP/animal e 0,69 MP/animal, respectivamente. Dois tipos de MPs foram observados: fragmentos - FG, (55 itens) e filamentos - FL (37 itens). Ao todo, foram registradas onze cores, com predominância de preto (30%), azul (29%) e transparente (14%). Não foram observadas diferenças significativas nos tamanhos das partículas ($p > 0,05$), tanto para FG quanto para FL, nem na distribuição dos tipos entre os setores U e NU analisados ($p > 0,05$). A maior abundância de MPs foi registrada na Praia de Itaipava (setor U), com média de 4,15 MP/animal. Entretanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os setores de modo geral ($p > 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1 - Concentrações médias de microplásticos por animal, quantidade de fragmentos e filamentos, seus tamanhos médios e desvios padrão por município e setores encontrados em caranguejos da espécie *Ocypode quadrata* coletados em praias do Sul do estado do Espírito Santo, Brasil. (FG = fragmento; FL = filamento; NU = setor não urbanizado; U = setor urbanizado).

Município (Setor)	Concentração [MP/animal]	Quantidade FG	Tamanho médio FG (mm)	Quantidade FL	Tamanho médio FL (mm)
Anchieta (U)	0,75	3	0,23 $\pm$ 0,17	6	1,40 $\pm$ 1,26
Anchieta (NU)	0,36	2	0,38 $\pm$ 0,32	2	0,09 $\pm$ 0,09
Itapemirim (U)	4,15	26	0,11 $\pm$ 0,25	28	1,61 $\pm$ 1,86
Itapemirim (NU)	1,25	4	0,08 $\pm$ 0,04	11	0,89 $\pm$ 0,95
Marataízes (U)	0,6	1	0,38	5	0,37 $\pm$ 0,32
Marataízes (NU)	0,4	1	0,19	3	0,87 $\pm$ 0,41

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Em relação às amostras de sedimento, foram encontrados apenas FL, totalizando 69 itens (41 no setor U e 28 no setor NU). Sete cores foram registradas, sendo mais frequentes transparente (43%), azul (32%) e preto (13%). As praias de Ubu (Anchieta, U) e Itaipava (Itapemirim, U) apresentaram as maiores concentrações de MPs no sedimento, com 6,67 e 5,33 MP/réplica, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 - Concentrações médias de microplásticos por réplica de sedimento (40g), quantidade de filamentos, seus tamanhos médios e desvios padrão por município e setores encontrados em amostras de sedimento arenoso coletados em praias do Sul do estado do Espírito Santo, Brasil. (FG = fragmento; FL = filamento; NU = setor não urbanizado; U = setor urbanizado)

Município (Setor)	Concentração [MP/réplica]	Quantidade FL	Tamanho médio FL (mm)
Anchieta (U)	6,67	20	1,30 $\pm$ 0,74
Anchieta (NU)	3,67	11	1,11 $\pm$ 0,95
Itapemirim (U)	5,33	16	0,55 $\pm$ 0,40
Itapemirim (NU)	4,33	13	0,71 $\pm$ 0,66
Marataízes (U)	1,65	5	0,78 $\pm$ 0,50
Marataízes (NU)	2	4	1,57 $\pm$ 0,77

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

A quantidade média de MPs por réplica foi maior no setor U do que no setor NU, porém esta diferença não é estatisticamente significativa ($p > 0,05$), assim como não houve diferença significativa nos tamanhos das partículas entre os setores.

Discussão

A maior abundância e concentração de MPs registrada nos caranguejos *O. quadrata* de praias urbanizadas reforça a influência direta das atividades humanas sobre a contaminação costeira. Essa tendência é consistente com seus hábitos alimentares detritívoros e a elevada plasticidade trófica da espécie (Lucrezi; Schlacher, 2014), que favorecem a ingestão tanto de partículas presentes no sedimento quanto de microplásticos ingeridos por presas e carcaças de organismos depositados na praia (Schlacher *et al.*, 2015; Farrell; Nelson, 2013). O comportamento pouco seletivo de forrageio aumenta a chance de confundir MPs com partículas de matéria orgânica, explicando a elevada incidência registrada, sobretudo na Praia de Itaipava (U), onde a concentração foi significativamente maior em relação às demais.

Embora as praias não urbanizadas tenham apresentado menores concentrações, a presença de MPs no sedimento e caranguejos indica que a contaminação não se restringe a áreas com maior ocupação humana. A ausência de limpeza regular, resíduos provenientes de atividades locais (como acampamentos de pescadores) e o transporte de partículas por correntes marinhas e pelo ar podem explicar a presença destas partículas nas praias. Além disso, processos naturais, como a ação das ondas, favorecem o acúmulo de resíduos mesmo em regiões distantes de centros urbanos (Schlacher *et al.*, 2015). A Praia de Itaipava (U), que apresentou as maiores concentrações nas amostras biológicas, tem sua configuração em enseada, com a presença de um ancoradouro e de uma das colônias de pesca mais ativas da região (Espírito Santo, 2016). Isso associado a proximidade de vazão de corpo d'água, como é o caso do Rio Itapemirim, favorece o aporte dessas partículas, atuando como importantes vetor, transportando resíduos sólidos e efluentes domésticos e industriais contendo MPs para as zonas litorâneas (Lebreton *et al.*, 2017; Pegado *et al.*, 2024).

A ampla ocorrência de MPs nos organismos e sedimentos analisados reflete a tendência global de contaminação costeira, relatada em diversos ecossistemas marinhos (Munno *et al.*, 2022; Schuab *et al.*, 2023). Seus efeitos adversos sobre organismos marinhos são bem documentados, como alterações fisiológicas e nutricionais em moluscos (Sun *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2023), o que reforça a vulnerabilidade de espécies costeiras como o *O. quadrata*. Além disso, a bioacumulação de MPs ao longo da cadeia alimentar, já demonstrada em experimentos com diferentes invertebrados (Farrell; Nelson, 2013), representa risco potencial para populações humanas que utilizam recursos costeiros, corroborando evidências recentes da presença de MPs em tecidos humanos (Ragusa *et al.*, 2021; Ragusa *et al.*, 2022; Massardo *et al.*, 2024; Nihart *et al.*, 2025).

Nesse contexto, os resultados deste estudo não apenas confirmam a presença de MPs em ambientes costeiros do Espírito Santo, mas também evidenciam a influência da urbanização na intensificação desse problema.

Conclusão

O estudo evidenciou a poluição por microplásticos nas praias do sul do Espírito Santo, afetando tanto o ambiente sedimentar quanto os caranguejos *Ocypode quadrata*. As maiores concentrações foram observadas em áreas urbanas, particularmente no município de Itapemirim. No entanto, a presença de MPs em praias não urbanizadas indica que a poluição é generalizada, destacando a necessidade de mais estudos para compreender a extensão e os impactos desses poluentes e subsidiar estratégias de manejo e conservação costeira.

Referências

ARCELINO, L.; BARBOZA, C. A. de M.; MACHADO, P. M.; ARUEIRA, V. F.; ZALMON, I. R.; COSTA, L. L. Long-term variation in ghost crab metapopulations: From pre-pandemic degrading scenario to post-pandemic recovery with the establishment of a protected area. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 321, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2025.109345>. Acesso em: 01 set. 2025.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

AU, S. Y.; BRUCE, T. F.; BRIDGES, W. C.; KLAINE, S. J. Responses of *Hyalella azteca* to acute and chronic microplastic exposures. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 34, n. 11, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/etc.3093>. Acesso em: 01 set. 2025.

BARBOZA, C. A. M.; MATTOS, G.; SOARES-GOMES, A.; ZALMON, I. R.; COSTA, L. L. Low densities of the ghost crab *Ocypode quadrata* related to large scale human modification of sandy shores. **Frontiers in Marine Science**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.589542>. Acesso em: 01 set. 2025.

BARROS, F. Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. **Biological Conservation**, v. 97, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00116-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00116-6). Acesso em: 01 set. 2025.

BESSA, F.; FRIAS, J.; KÖGEL, T.; LUSHER, A.. Harmonized protocol for monitoring microplastics in biota. **JPI-Oceans BASEMAN project**, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-821>. Acesso em: 01 set. 2025.

FARRELL, P.; NELSON, K.. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). **Environmental Pollution**, v. 177, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.046>. Acesso em: 01 set. 2025.

GALLOWAY, T. S. Micro- and nano-plastics and human health. In: BERGMANN, Melanie; GUTOW, Lars; KLAGES, Michael (Eds.). **Marine anthropogenic litter**. Springer, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_13. Acesso em: 01 set. 2025.

KEDZIERSKI, M.; LECHAT, B.; SIRE, O.; LE MAGUER, G.; LE TILLY, V.; BRUZAUD, S.. Microplastic contamination of packaged meat: Occurrence and associated risks. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100489>. Acesso em: 01 set. 2025.

LEBRETON, L.; VAN DER ZWET, J.; DAMSTEEG, J. W.; et al. River plastic emissions to the world's oceans. **Nature Communications**, v. 8, 15611, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>. Acesso em: 01 set. 2025.

LIU, Q.; CHEN, Z.; CHEN, Y.; YANG, F.; YAO, W.; XIE, Y.. Microplastics contamination in eggs: Detection, occurrence and status. **Food Chemistry**, v. 397, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133771>. Acesso em: 01 set. 2025.

LUCREZI, S.; SCHLACHER, T. A. The ecology of ghost crabs. In: **OCEANOGRAPHY AND MARINE BIOLOGY**. 1. ed. CRC Press, 2014. p. 56. ISBN 9780429161391. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/b17143>. Acesso em: 01 set. 2025.

MACHADO, P. M.; SUCIU, M. C.; COSTA, L. L.; TAVARES, D. C.; ZALMON, I. R. Tourism impacts on benthic communities of Sandy beach. **Marine Ecology**, v.38, e12440, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/maec.12440>. Acesso em: 01 set. 2025.

MACHADO, P. M.; TAVARES, D. C.; ZALMON, I. R. Synergistic effect of extreme climatic events and urbanization on population density of the ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787). **Marine Ecology**, v. 40, n. 2, e12525, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/maec.12525>. Acesso em: 01 set. 2025.

MASSARDO, S.; VERZOLA, D.; ALBERTI, S.; CABONI, C.; SANTOSTEFANO, M.; VERRINA, E. E.; ANGELETTI, A.; LUGANI, F.; GHIGGERI, G. M.; BRUSCHI, M.; CANDIANO, G.; RUMEO, N.; GENTILE, M.; CRAVEDI, P.; LA MAESTRA, S.; ZAZA, G.; STALLONE, G.; ESPOSITO, P.; VIAZZI, F.; MANCIANTI, N.; LA PORTA, E.; ARTINI, C. MicroRaman spectroscopy detects the presence of microplastics in human urine and kidney tissue. **Environment International**, v. 184, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108444>. Acesso em: 01 set. 2025.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

NIHART, A. J.; GARCIA, M. A.; EL HAYEK, E.; LIU, R.; OLEWINE, M.; KINGSTON, J. D.; CASTILLO, E. F.; GULLAPALLI, R. R.; HOWARD, T.; BLEKSE, B.; SCOTT, J.; GONZALEZ-ESTRELLA, J.; GROSS, J. M.; SPILDE, M.; ADOLPHI, N. L.; GALLEGOS, D. F.; JARRELL, H. S.; DVORSCAK, G.; ZULUAGA-RUIZ, M. E.; WEST, A. B.; CAMPEN, M. J. Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains. **Nature Medicine**, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03453-1>. Acesso em: 01 set. 2025.

PEGADO, T.; ANDRADES, R.; NOLETO-FILHO, E.; FRANCESCHINI, S.; SOARES, M.; CHELAZZI, D.; RUSSO, T. MARTELLINI, T.; BARONE, A.; CINCINELLI, A.; GIARRIZZO, T.. Meso- and microplastic composition, distribution patterns and drivers: A snapshot of plastic pollution on Brazilian beaches. **Science of The Total Environment**, v. 907, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167769>. Acesso em: 01 set. 2025.

PONCE, D. G.; VELAZCO, K. P.; VARGAS, N. A.; GABRIEL, B.; GALINDO, G.. Presencia de microplásticos en pescados aptos para consumo humano, agua y playas de la bahía de Santa Lucia, Acapulco, México. **LATAM V**, v. 4, n. 1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.241>. Acesso em: 01 set. 2025.

RAGUSA, A.; NOTARSTEFANO, V.; SVELATO, A.; BELLONI, A.; GIOACCHINI, G.; BLONDEEL, C.; ZUCHELLI, E.; DE LUCA, C.; D'AVINO, S.; GULOTTA, A.; CARNEVALI, O.; GIORGINI, E. Raman microspectroscopy detection and characterisation of microplastics in human breastmilk. **Polymers**, v. 14, n. 13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym14132700>. Acesso em: 01 set. 2025.

RAGUSA, A.; SVELATO, A.; SANTACROCE, C.; CATALANO, P.; NOTARSTEFANO, V.; CARNEVALI, O.; PAPA, F.; RONGIOLETTI, M. C. A.; BAIOTTO, F.; DRAGHI, S.; D'AMORE, E.; RINALDO, D.; MATTA, M.; GIORGINI, E. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. **Environment International**, v. 146, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>. Acesso em: 01 set. 2025.

SCHLACHER, K.; COSTA, G.; DURDALL, A.; GRIMES, K. W. Urbanization driving *Ocypode quadrata* burrow density, depth, and width across Caribbean beaches. **Ecological Indicators**, v. 153, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110396>. Acesso em: 01 set. 2025.

SCHLACHER, T. A.; WESTON, Michael A.; SCHOEMAN, David S.; OLDS, Andrew D.; HUIJBERS, Chantal M.; CONNOLLY, Rod M. Golden opportunities: A horizon scan to expand sandy beach ecology. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 157, p. 1-6, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.02.002>. Acesso em: 01 set. 2025.

ZIAJAHROMI, S.; KUMAR, A.; NEALE, P. A.; LEUSCH, F. D. L. Environmentally relevant concentrations of polyethylene microplastics negatively impact the survival, growth and emergence of sediment-dwelling invertebrates. **Environmental Pollution**, v. 236, p. 1-10, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.094>. Acesso em: 01 set. 2025.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), e com o suporte da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).