BIOACUMULAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM ECOSSISTEMAS POLARES: OS POSSÍVEIS IMPACTOS NA FAUNE E MEIO AMBIENTE EM UMA PERSPECTIVA DE SAÚDE ÚNICA

Bianca Peixoto Lima Amaral[1]; Rebecca Karoline Alves[1]; José Roberto Pinho de Andrade Lima[2]; Marcelo Henrique Soller Ramada[3]

[1]Medicina Veterinária – Universidade Católica de Brasília;
[2]Medicina Veterinária – Universidade Católica de Brasília;
[3]Programa de Pós-Graduação de Ciências Genômicas e Biotecnologia – Universidade Católica de Brasília.
E-mail: bianca.amaral@a.ucb.br ; rebecca.alves@a.ucb.br ; jose.lima@p.ucb.br ; marcelo.ramada@p.ucb.br

RESUMO

Os ecossistemas polares são fundamentais como indicadores da saúde ambiental global, porém acumulam diversos tipos de poluentes, como microplásticos, transportados por vias atmosféricas e oceânicas de longa distância. Este estudo objetivou sintetizar e analisar evidências científicas sobre a bioacumulação de microplásticos em ecossistemas polares e seus impactos em uma perspectiva de Saúde Única. Foram identificados 507 registros, dos quais 281 foram selecionados para a revisão. A transferência trófica de microplásticos é ativa e generalizada no Ártico e na Antártica, embora não haja evidência de biomagnificação sistemática na fauna bentônica. Os efeitos biológicos variam de estresse comportamental e supressão alimentar em copépodes a lesões histopatológicas graves. A detecção de polímeros sintéticos no trato respiratório de pinguins e a translocação de microplásticos para músculos comestíveis de peixes comerciais evidenciam a transposição de barreiras biológicas, representando riscos à biodiversidade, à segurança alimentar e à saúde global.

Palavras-chave: Bioindicador, Poluição, Mudanças climáticas.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas polares não apresentam uma biodiversidade tão diversificada e abrangente quanto a de outros ecossistemas, mas desempenham uma função fundamental: a de termômetros da saúde do planeta (Brito, 2009). Isto ocorre visto que as regiões polares aquecem de forma mais rápida e visível do que outras regiões do mundo, ou seja, são locais mais sensíveis às mudanças climáticas, refletindo o impacto do aquecimento global. Além de atuarem como indicadores do bem-estar ambiental, essas regiões desempenham um papel indispensável no cenário socioeconômico global (Casagrande et al., 2024).

Dessa forma, alterações nesses ambientes, como, por exemplo, as alterações provocadas pelas mudanças climáticas, podem impactar diretamente e indiretamente todo o planeta Terra. Ademais, os ecossistemas polares figuram entre os ambientes mais vulneráveis às alterações ambientais decorrentes das mudanças climáticas e da crescente dispersão de poluentes em escala global. Nesse contexto, as regiões polares constituem importantes bioindicadores das transformações ambientais em escala planetária, permitindo avaliar os efeitos das pressões antrópicas sobre a biodiversidade e os processos ecológicos.

Sob essa perspectiva, de acordo com Fiocruz (2023), a abordagem de Saúde Única reconhece a interdependência entre a saúde ambiental, animal e humana, evidenciando que alterações nos ecossistemas polares podem produzir consequências que extrapolam seus limites geográficos e repercutem sobre o equilíbrio ambiental e a saúde global. Os ecossistemas polares acumulam

diversos tipos de poluentes, transportados por vias atmosféricas e oceânicas de longa distância, como os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), metais pesados, produtos farmacêuticos e de uso pessoal, compostos perfluorados e o foco desta pesquisa: microplásticos (MPs) (Thompson et al., 2004).

Segundo Singh e Granberg (2021), O plástico é amplamente distribuído em quase todas as zonas da região polar aos trópicos e habitats da superfície do mar e da zona pelágica aos bentônicos e ao mar profundo. Esses poluentes foram encontrados em uma ampla variedade de organismos, incluindo alimentos destinados ao consumo animal, como peixes, amêijoas, mexilhões, ostras e caranguejos (Van Cauwenberghe, Janssen, 2014; Li et al., 2015; Rochman et al., 2015; Karami et al., 2017; Su et al., 2018; Waite et al., 2018). Além disso, a presença de MPs já foi documentada no organismo humano, tendo sido identificados em tecidos pulmonares (Amato-Lourenço et al., 2021) e na corrente sanguínea (Leslie et al., 2022).

Além dos impactos na saúde humana, os MPs podem atuar como vetores, ampliando os riscos ecotoxicológicos. Em organismos expostos, observaram-se respostas como estresse oxidativo, inflamação tecidual, alterações metabólicas e possíveis impactos reprodutivos (Hunkár et al., 2026). Dessa forma, os MPs representam uma ameaça significativa à Saúde Única, uma vez que afetam simultaneamente a saúde ambiental, animal e humana. Com isso, este estudo teve por objetivo sintetizar e analisar, as evidências científicas disponíveis sobre a bioacumulação de microplásticos em ecossistemas polares e seus impactos ecossistêmicos na perspectiva da Saúde Única.

OBJETIVO

Avaliar os riscos, os impactos ambientais e à saúde, considerando os efeitos do microplástico na biodiversidade, nos processos ecológicos e nas comunidades humanas que dependem desses ecossistemas.

MÉTODO

Este estudo consiste em uma revisão de literatura conduzida com o objetivo de sintetizar e analisar as evidências científicas sobre a bioacumulação de microplásticos em ecossistemas polares e seus impactos sobre a fauna e o meio ambiente em uma perspectiva de Saúde Única. A revisão foi desenvolvida conforme as etapas metodológicas propostas para revisões integrativas, abrangendo a definição da pergunta norteadora, a elaboração da estratégia de busca, o estabelecimento dos critérios de elegibilidade, a seleção dos estudos, a extração dos dados e a síntese crítica das evidências. A formulação da pergunta norteadora foi estruturada com base na estratégia PCC (Population, Concept and Context), considerada adequada para revisões que investigam fenômenos ambientais e ecológicos. Com base nessa estratégia, foi definida a seguinte pergunta: Quais são as evidências científicas disponíveis sobre a bioacumulação de microplásticos em ecossistemas polares e seus impactos sobre a fauna, o meio ambiente e a Saúde Única?

O processo de seleção dos estudos foi conduzido de acordo com as recomendações do PRISMA 2020 somente como diretriz para o relato do processo de seleção, não caracterizando este trabalho como uma revisão sistemática. Foram incluídos artigos científicos originais publicados entre janeiro de 2020 e junho de 2026, em inglês, que abordassem a ocorrência, a bioacumulação ou os impactos dos microplásticos em ecossistemas polares. Também foram considerados estudos envolvendo organismos terrestres e marinhos do Ártico e da Antártica, bem como pesquisas que discutissem implicações ecológicas, toxicológicas ou relacionadas à perspectiva da Saúde Única.

Foram excluídos artigos duplicados, editoriais, cartas ao editor, notas técnicas, resumos publicados em anais de eventos, dissertações, teses, capítulos de livros e estudos cujo texto completo não estivesse disponível. Também foram excluídas publicações que abordassem exclusivamente

outros tipos de poluentes ambientais, sem análise específica de microplásticos, estudos desenvolvidos fora dos ecossistemas polares e trabalhos que não apresentassem informações relevantes para responder à pergunta norteadora da revisão.

A busca foi realizada nas bases de dados PubMed, SciELO, ScienceDirect e Scopus. As estratégias de busca foram adaptadas às características de cada base de dados, preservando a equivalência entre os descritores e os operadores booleanos utilizados. Os principais termos empregados incluíram "*microplastics*", "*bioaccumulation*", "*Arctic*", "*Antarctic*", "*polar ecosystems*", "*wildlife*", "*marine mammals*", "*fish*", "*seabirds*" e "*One Health*", adaptados conforme as especificidades de indexação de cada base de dados. Todos os registros recuperados foram exportados para a plataforma Rayyan, na qual foi realizada a organização das referências e a remoção dos registros duplicados. Ao final desse processo, os estudos elegíveis foram incluídos na revisão integrativa e submetidos à extração e síntese dos dados.

RESULTADOS

Este processo de identificação, um total de 507 registros foi obtido a partir das bases de dados selecionadas para a revisão bibliográfica. Em seguida, registros duplicados e assinalados como não elegíveis pelas ferramentas automatizadas foram removidos antes da triagem. Durante o processo de triagem realizado com 383 registros, 227 foram excluídos, pois eram estudos sobre outros poluentes, estudos fora dos ecossistemas polares ou estudos sem relação com a pergunta norteadora. A síntese das evidências foi realizada por meio de análise temática, agrupando os estudos em três categorias de acordo com suas principais abordagens, a fim de identificar padrões, convergências, divergências e lacunas do conhecimento científico relacionadas à bioacumulação de microplásticos em ecossistemas polares.

Há convergência de que MPs penetram teias polares, mas sem biomagnificação na fauna bentônica (Antártica): bivalves e gastrópodes possuem concentrações 3 a 5 vezes maiores que as de predadores (Sfriso et al., 2020). No krill (*Euphausia superba*), KOH lixiviou a cutícula lipídica simulando polímeros no μFTIR; controle rígido (H2O2 e base corrigida) reduziu as estimativas de 5–91 MPs/estômago para 0 a 0,4 MPs/ind. (Primpke et al., 2024). A ingestão de MPs em aves varia por nicho: petréis-glaciais (*Fulmarus glacialis*) acumulam altos índices (mediana 35 part./ind.) (Collard et al., 2024). Enquanto mergulhadores, como airo-de-Brünnich (*Uria lomvia*), registram apenas 7% (Maddox et al., 2024).

No zooplâncton ártico (*Calanus hyperboreus*), a coexposição a MPs (20,7 μm) e óleo cru provoca supressão alimentar (Almeda et al., 2021). Em pinguins-de-Adélia (*Pygoscelis adeliae*), MPs acumulam-se no TGI e nos pulmões, sem translocação sistêmica (baço, fígado e músculo livres) (Bhattacharjee *et al.,* 2024). Fezes de pinguins-rei (*Aptenodytes patagonicus*) contêm alta carga de microfibras (77%), mas 88% delas são celulósicas naturais (Le Guen et al., 2020). Em peixes antárticos (*Trematomus bernacchii*), a ingestão de fibras não alterou ácidos graxos nem índices nutricionais (razão ω-6/ω-3), contestando doses de lab superestimadas (Micalizzi et al., 2024). Todavia, translocação de MPs para músculos comestíveis ocorre no bacalhau-do-Atlântico (*Gadus morhua*) no Barents (45% de ocorrência, 0,25 MP/g), sendo via direta de consumo (Collard *et al.,* 2026).

Em copépodes árticos, MPs não elevaram a bioacumulação de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos em derramamentos de óleo (Almeda et al., 2021). Em aves subantárticas, desreguladores endócrinos (PBDEs/MeO-PBDEs) acumulam-se no fígado e no músculo, sem correlação linear estatística com os plásticos ingeridos (Fragão et al., 2026). Em fezes de três focas simpátricas da Península Antártica, registrou-se 100% de frequência de partículas antrópicas, destacando-se fibras azuis e pretas de algodão semissintético (reactive blue e indigo blue), associadas ao lixo doméstico de estações científicas e turismo locais (Cebuhar et al. 2024).

CONCLUSÃO

Esta revisão integrativa consolida os ecossistemas polares como bioindicadores e sumidouros críticos da poluição antrópica global, validando a perspectiva de Saúde Única. As evidências demonstram que, a bioacumulação ocorre sem evidência de biomagnificação sistemática na fauna bentônica, porém os impactos biológicos na fauna polar são severos, variando de estresse comportamental agudo com supressão alimentar em copépodes a lesões histopatológicas graves. Sob o aspecto analítico, o estudo adverte que a ausência de um controle de qualidade espectroscópico rigoroso gera superestimações drásticas de contaminação na base da cadeia alimentar, evidenciando que a padronização internacional de protocolos de digestão e triagem é uma lacuna científica. Com isso, as regiões polares não estão isoladas; a degradação desses ecossistemas remotos reverbera diretamente na biosfera global, tornando a mitigação da poluição por plásticos nos polos um requisito imperativo para a preservação do equilíbrio ambiental e da saúde humana global.

REFERÊNCIAS

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J. John, A. W. G., McGonigle, D., Russel, A. E. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science* 304, 838-838. https://doi.org/10.1126/science.1094559

Singh, N., Granberg, M., Collard, F., Caruso, G., Lu, Z., Kögek, T., Gabrielsen, G. W. (2021). Microplastics in the realm of Svalbard: current knowledge and future perspective (MIRES). The State of Environmental Science in Svalbard - an annual report. *SIOS KC*. 118–141. https://doi.org/10.5281/zenodo.4293836

Fiocruz (2023). *Saúde única.* Instituto de Ciência e Tecnologia em Biomodelos – ICTB.

Morrison, M., Trevisan, R., Ranasinghe, P., Merrill, G.B., Santos, J., Hong, A., Edward, W. C., Jayasundara, N., Somarelli, J.A. (2022). A growing crisis for One Health: Impacts of plastic pollution across layers of biological function. *Front* 9. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.980705

Hunkár, A. D. B., Hunkár, S. G. B., Rego, J. F. (2026). Análise de revisão sobre o impacto da exposição dos nanoplásticos (NP'S) e microplásticos (MP'S) a homeostase e ao funcionamento do sistema humano. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação* 12(1), 1-22.

Financiamento: Edital do Programa de Bolsas de Iniciação Científica 2025, PIC/UCB – 016/2025.