


## Plásticos, microplásticos e contaminação humana: Uma revisão bibliográfica

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.018-066>

**Marina Rocha de Carvalho**

E-mail: marina.carvalho@discente.ufma.br

**Alef Fontinele Teixeira**

E-mail: alef.fontinele@discente.ufma.br

**Luana do Nascimento Dias**

E-mail: dias.luana@discente.ufma.br

**Danielle de Jesus Silva**

E-mail: danielle.js@discente.ufma.br

**Suzany Pedrosa Nascimento**

E-mail: suzany.pedrosa@discente.ufma.br

**Gabriel Estevão Nunes Pereira**

E-mail: gabriel.estevao@discente.ufma.br

**Graziela Santos Leite**

E-mail: graziela.leite@discente.ufma.br

**Jamile Gabriela Almeida Silva**

E-mail: jamile.almeida@discente.ufma.br

**Jackson Rodrigues Mendes**

E-mail: jackson.mendes@discente.ufma.br

**James Werllen de Jesus Azevedo**

E-mail: james.werllen@ufma.br

**Marcelo Henrique Silva Lopes**

E-mail: marcelo.silva@ufma.br

**Antonio Carlos Leal de Castro**

E-mail: alec@ufma.br

---

### RESUMO

Plásticos são materiais sintéticos produzidos através da polimerização de monômeros derivados de petróleo ou gás. Os resíduos plásticos causam diversos problemas, afetando o meio ambiente, a vida marinha, a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas. Fragmentos plásticos podem ser ingeridos por várias espécies, ocorrendo registros em sistema digestivo de diversos organismos. Os microplásticos (MPs) incluem pequenas partículas plásticas que variam de 1 µm a 5 mm de tamanho e atualmente são identificadas como um dos contaminantes ambientais emergentes de maior preocupação nos ecossistemas aquáticos, especialmente no meio marinho. Microplásticos podem ser transportados para o interior do organismo por contato dérmico, ingestão, inalação e transferência através da cadeia alimentar. A bioacumulação de MPs pode causar lesões internas e externas, úlceras, bloqueio do trato digestório, entre outros efeitos letais e subletais. Os microplásticos que entram no corpo humano podem conter produtos químicos que causam câncer, mutações no DNA, efeitos tóxicos na reprodução, disfunção hormonal e afetar vários órgãos. Fontes recorrentes de microplástico para o sistema aquático são esgoto, sistemas de drenagem, desgaste de pneus e resíduos plásticos mal gerenciados ou descartados em praias. A contaminação por microplástico gera diminuição dos estoques pesqueiros, influenciando populações que vivem no entorno de ambientes contaminados, como ocorre com a população que reside próximo ao Terminal de Uso Privativo da ALUMAR, São Luís, Maranhão. Logo, pesquisas com microplásticos são de fundamental importância para a melhoria na qualidade de vida da população e do meio ambiente e podem estar associadas a vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

**Palavras-chave:** Poluição ambiental, Poluição por microplástico, Contaminação microplástica.

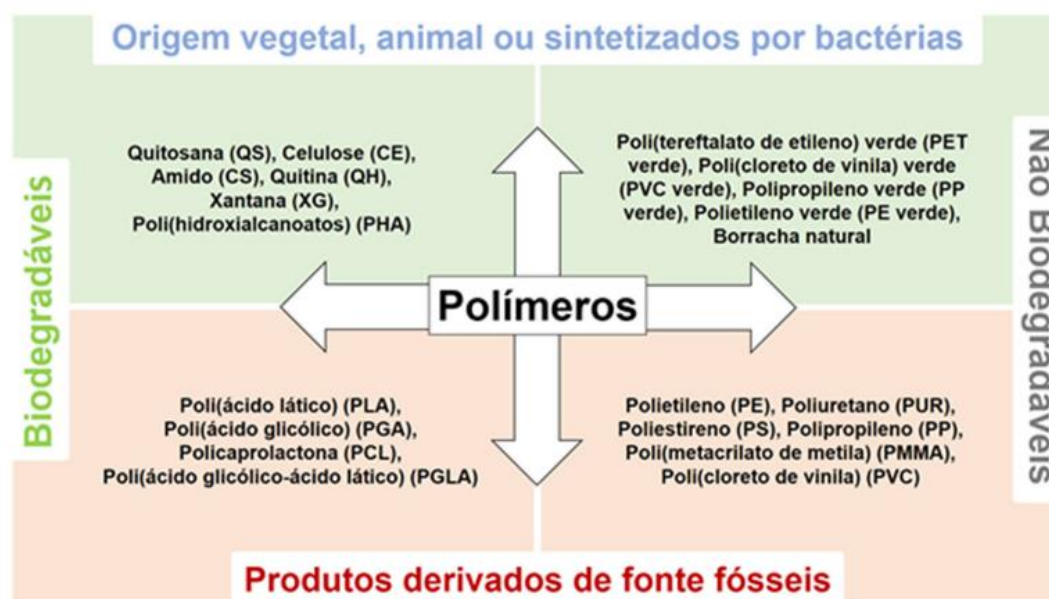
# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 O USO DO PLÁSTICO NO MUNDO

Os plásticos são materiais sintéticos produzidos através da polimerização de monômeros derivados de petróleo ou gás, frequentemente acompanhados pela incorporação de diversos aditivos químicos destinados a aprimorar suas propriedades. Esses aditivos contribuem para conferir aos plásticos uma elevada resistência à corrosão, além de reduzirem significativamente sua condutividade térmica e elétrica (Barnes *et al.*, 2009a).

França *et al.* (2022) defende outras formas de classificar os polímeros, como relacionando sua origem e suas propriedades no contexto de serem ou não biodegradáveis (Figura 1). Os polímeros de fontes não renováveis são aqueles que derivam de recursos que não se formam ou se renovam em um curto período, como o exemplo de materiais comerciais de poliestireno (PS), Polietileno (PE) e Polipropileno (PP).

Figura 1. Tipos de polímeros e seu potencial de biodegradação



Fonte: França *et al.* (2022)

Atualmente, os plásticos são identificados como um dos tipos de contaminantes ambientais emergentes de maior preocupação nos ecossistemas aquáticos, especialmente no meio marinho (Alvarez *et al.*, 2020; Ribeiro, 2022; Hernandez, 2023). Em 2010, entre 4,8 e 12,7 milhões de toneladas de resíduos plásticos provenientes do continente foram lançados no oceano, representando de 1 a 4% do volume total estimado de resíduos gerados naquele ano e de 2 a 6% do total de resíduos descartados (Jambeck *et al.*, 2015; Mizoguchi, 2019).

De acordo com Eriksen *et al.* (2014), aproximadamente 5 trilhões de peças de plástico estão flutuando nos oceanos, sendo dispersos por correntes marítimas. Uma das consequências desse quadro é a formação da Grande Porção de Lixo do Pacífico (GPLP), uma área onde se estima que haja 79 mil

toneladas de lixo plástico em uma extensão de 1,6 milhões de km<sup>2</sup> (Mizoguchi, 2019).

O Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar do Governo brasileiro (Brasil, 2019) assinala que aproximadamente 80% do lixo presente nos oceanos consiste principalmente em plásticos, filtros de cigarro, borrachas, metais, vidros, têxteis e papéis, os quais têm origem nos continentes. Isso sugere que a problemática dos resíduos sólidos está intrinsecamente ligada à má gestão desses materiais.

O crescente uso de plástico foi impulsionado pela pandemia de COVID-19, período que foi marcado pelo consumo exacerbado de materiais plásticos de uso único, como máscaras, luvas, seringas usadas em vacinação, embalagens e utensílios de delivery (Tardim; Almada, 2022)

Para mitigar o impacto do plástico no meio ambiente, têm sido exploradas diversas medidas ao longo de décadas, como a estratégia das 4R, que inclui a redução, reutilização, reciclagem e recuperação (Klemeš *et al.*, 2020). A redução implica em uma série de táticas destinadas a diminuir o consumo de produtos plásticos de uso único por parte da população e das empresas, sendo esta abordagem implementada há anos como parte das políticas ambientais em muitos países (Fletcher, 2023).

Segundo a ONU (2023), os resíduos plásticos implicam em diversos problemas para o meio ambiente, causando impactos na vida marinha que abrangem desde danos físicos ou químicos a animais individuais, até efeitos mais abrangentes na biodiversidade e no funcionamento dos ecossistemas.

Fragmentos de plástico foram descobertos no sistema digestivo de organismos aquáticos, incluindo todas as espécies de tartarugas marinhas e quase metade das espécies de aves marinhas e mamíferos marinhos pesquisados (Jambeck *et al.*, 2015; Nelms *et al.*, 2016; Gall, 2015; Claro *et al.*, 2019; Almeida *et al.*, 2023) . Esse material representa um alto risco, pois se desintegram ao longo do tempo em tamanhos menores, conhecidos como microplásticos e nanoplásticos, que podem ter impactos adversos significativos (Araujo, 2022).

## 2 MICROPLÁSTICOS

Os plásticos podem ser classificados quanto ao tamanho em macrolástico e microplástico. Distingue-se como macrolástico quando possuir um tamanho maior que 25 mm, sendo esse o causador de poluição visual (Derraik, 2002; Gregory, 2009 , Heip *et al.*, 2009). O macrolástico quando disponível no ambiente é exposto a radiação ultravioleta, temperatura, oxidação, biodegradação, agentes químicos e abrasão física, podendo gerar partículas menores, os microplásticos (Athapaththu *et al.*, 2020).

Os microplásticos incluem todas as pequenas partículas de plástico que variam de 1 µm a 5 mm de tamanho (Frias; Nash, 2019). Por possuir um tamanho muito pequeno, são considerados biodisponíveis, ou seja, disponíveis para a incorporação acidental ou intencional de um organismo

(Elías, 2015). Representam um grande grupo de poluidores que são feitos de diferentes materiais e podem apresentar diferentes tamanhos, formas e cores (Kiliç *et al.*, 2022).

De acordo com o Quadro 1, é possível identificar as problemáticas dos plásticos e suas subdivisões, incluindo sua detecção e exemplos encontrados no mar.

Quadro 1. Lixo no mar: Detectabilidade

Lixo no Mar: detectabilidade e exemplos	Lixo no Mar: tamanhos					
	Tamanho	Nano (< 1 nm)	Micro (< 5 mm)	Meso (< 2,5 cm)	Macro (< 1 m)	Mega (≥ 1 m)
	Detecção/ Método de Identificação	Necessidade de métodos especiais de detecção, uma vez que as partículas menores não são detectadas por microscópios.	Muitas vezes necessita de microscópios e instrumentação para confirmar que é plástico; itens maiores: visíveis/identificáveis a olho nu.	Visível/ identificável a olho nu.	Visível/ identificável a olho nu.	Visível/ identificável a olho nu.
Exemplos de Lixo no Mar	Nanofibras de roupas; pó de borracha de desgaste de pneus; nanopartículas em produtos. Ainda não foram detectados como lixo devido a limitações técnicas.	Microesferas em produtos para cuidado pessoal; fragmentação de produtos já existentes (plástico); poliestireno; plástico oriundo de estaleiros; partículas de resíduos de incineração.	Tampas de garrafa; filtros e pontas de cigarro; pelotas de plástico; resíduos transportados pelo vento ou carregados por tempestades.	Garrafas de bebida e latas; sacos plásticos; embalagem de alimentos; outras embalagens; talheres descartáveis; lacres de cerveja; linhas, flutuadores e boias de pesca; pneus; tubos; balões; brinquedos; têxteis.	Redes de pesca e armadilhas abandonadas; cordas; barcos; filmes de plástico; policloreto de vinila (PVC) proveniente de atividades de construção.	

Fonte: Watkins e Brink (2017).

Poluição por plástico e microplástico são problemas mundiais e sua introdução no meio aquático pode ocorrer de diversas fontes antrópicas. Segundo Zhou (2020) e Khalid *et al.* (2021), as fontes mais recorrentes de microplástico ao sistema aquático são esgoto, sistemas de drenagem municipal, desgaste de pneus, resíduos plásticos mal gerenciados ou até mesmo descartados em praias.

Alguns microplásticos são absorvidos pelo organismo na forma de pequenos pellets, que são pequenos grânulos de plásticos que constituem a forma principal com que as resinas plásticas são produzidas e comercializadas (Nobre e Sousa, 2022). Constituem matéria prima nas indústrias de transformação, originando os mais variados objetos, que são produzidos após o seu derretimento e

moldagem do produto final (Manzano, 2009) ou em cosméticos (Fendall; Sewell, 2009). Também podem ser liberados por derramamento acidental, como grânulos de plástico virgem (Barnes *et al.*, 2009b; Elías, 2015).

Os microplásticos são partículas plásticas menores que 5mm, classificam-se em duas formas: primários e secundários. Martins (2023) assinala que os primários são oriundos dos processos de transformação dos polímeros ou produtos do desprendimento de materiais que contenham polímeros e sua chegada ao ambiente pode ser de forma voluntária (descarte) ou de forma involuntária (abrasão de itens poliméricos). Segundo Montagner (2021), são materiais utilizados na formulação de cosméticos como glitter, produtos de higiene pessoal (esfoliantes, sabonetes e cremes dentais) e também em formato de pellets, configuração de matéria prima do plástico.

Já os secundários, originam-se da fragmentação de plásticos maiores como sacos plásticos, garrafas, redes de pesca e atividades agrícolas, como a aplicação de lodo de esgoto, revestimentos de vinil (Nizzetto *et al.*, 2016; Miloloža *et al.*, 2022). Em ambientes dulcícolas, são relatados fontes primárias de MPs como produtos têxteis e cosméticos, equipamentos eletrônicos, abrasão de pneus através da condução, poeira da cidade, construção de estradas e revestimento marítimo (Rezania *et al.*, 2018; Prokicet *et al.*, 2019; Miloloža *et al.*, 2021).

MPs chamam atenção do mundo inteiro devido a sua contaminação crônica. Kiliçet *et al.*, (2022), afirma que microplásticos transformaram-se em uma grande preocupação para ambientes aquáticos devido a sua concentração intensa. Os microplásticos encontram-se onipresentes no ambiente e são classificados atualmente como contaminantes emergentes (Montagner, 2021). Os potenciais riscos aos seres vivos, bem como os níveis da contaminação em diferentes compartimentos ambientais, precisam ser mais bem elucidados, por isso, essa nova classe tem sido foco de pesquisas no mundo todo.

Tendo em vista essas fontes de contaminação, Brahney (2020), estima que a quantidade de resíduos plásticos no meio ambiente atingirá 11 bilhões de toneladas até 2025, sendo a maioria no ambiente aquático.

### **3 CONSUMO DE MICROPLÁSTICOS E ODS**

Apesar de grande parte dos estudos terem sido direcionados para os macroplásticos ao longo das últimas décadas, observa-se atualmente uma maior preocupação com os plásticos de menores dimensões, que por sua longa permanência no ambiente aquático constitui um crescente risco de exposição de agentes tóxicos para a biota.

A poluição microplástica tornou-se uma questão ambiental global emergente. Um crescente quadro de evidências sinalizam que os microplásticos foram detectados no ambiente aquático, atmosfera, biota e até em humanos, gerando preocupações para a segurança alimentar e saúde humana (Zhang *et al.*, 2022).

Muitos estudos e registros oficiais assinalam que a contaminação por microplásticos em ecossistemas marinhos é causada principalmente por fontes fluviais e terrestres (Gasperi *et al.*, 2014). Transportados do ambiente aquático ou resultantes da decomposição de detritos plásticos maiores (Cole *et al.*, 2011), os microplásticos representam a fração mais abundante e perigosa da poluição plástica marinha (Eriksen *et al.*, 2014). As propriedades físicas das partículas, as condições hidrodinâmicas e a bioincrustação influenciam o destino dos microplásticos e seus efeitos nos ecossistemas marinhos (Kowalski; Reichardt; Waniek, 2016; Kaiser; Kowalsky; Waniek, 2017).

Esse poluente ao ser descartado ao ambiente ficam biodisponíveis aos organismos. Microplásticos podem ser transportados para o interior do organismo pelo contato direto, ou seja, contato dérmico, ingestão, inalação e transferência através da cadeia alimentar (Samandra *et al.*, 2022). Islam (2022), declara que a bioacumulação de MPs pode causar lesões internas e externas, úlceras, bloqueio do trato digestório, entre outros efeitos letais e subletais. Aproximadamente 74.000 a 113.000 microplásticos entram no corpo humano anualmente por meio de ingestão calórica e inalação (Mak, 2020; Caixeta., 2022).

Mesmo com poucos relatos sobre seu impacto ao homem, o contato direto a esses polímeros podem desencadear diversas doenças. Wright e Kelly (2017) alertam que muitos dos HOCs são altamente tóxicos, resultando em perturbações endócrinas, efeitos cancerígenos, mutagênicos e imunotóxicos no organismo humano.

Conforme apontado pela ONU (2023), a totalidade do impacto na saúde humana ainda não foi completamente compreendida, uma vez que as pesquisas estão em estágio inicial. No entanto, Almeida (2021) adverte que os microplásticos podem conter produtos químicos prejudiciais que, quando incorporados ao corpo humano, podem causar câncer, mutações no DNA, efeitos tóxicos na reprodução, disrupção hormonal e afetar principalmente órgãos internos como fígado, rins, coração, sistema nervoso e sistema reprodutivo.

Diante desse cenário, foram estabelecidas metas para controlar e mitigar a contaminação global, iniciativa que teve início em 2015 com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Esta agenda compreende os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), os quais abrangem 19 metas e 230 indicadores a serem alcançados ao longo de 15 anos. Seu objetivo principal é incentivar a participação e cooperação dos 193 Estados Membros da Assembleia Geral da ONU em questões de importância ambiental, econômica e social (ONU, 2015).

Ao considerar as pesquisas com microplásticos, tendo o objetivo na melhoria da qualidade de vida do homem e do meio ambiente, os objetivos que podem ser associados são: ODS 2, ODS 3, ODS 5, ODS 6, ODS 11, ODS 12 e ODS 14 (Quadro 1).

Quadro 1. Objetivos e metas associados ao desenvolvimento sustentável da zona costeira.

ODS	OBJETIVO	METAS
<b>2. Fome zero e agricultura sustentável</b>	acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição, e promover a agricultura sustentável.	<b>2.1:</b> Até 2030, acabar com a fome e garantir o acesso de todas as pessoas, em particular os pobres e as pessoas em situações vulneráveis, incluindo crianças, a alimentos seguros, nutritivos e suficientes durante todo o ano.
<b>3. Saúde e Bem-Estar</b>	assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas as pessoas, em todas as idades.	<b>3.9:</b> Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças causadas por produtos químicos perigosos e poluição e contaminação do ar, água e solo.
		<b>3.c:</b> Aumentar substancialmente o financiamento da saúde e o recrutamento, desenvolvimento, capacitação e retenção de profissionais de saúde em países em desenvolvimento, especialmente nos países menos desenvolvidos e pequenos estados insulares em desenvolvimento.
		<b>3.d:</b> Reforçar a capacidade de todos os países, em particular os países em desenvolvimento, para alertar, reduzir o risco e gerenciar os riscos da saúde nacional e global.
		<b>3.1:</b> Até 2030, reduzir a taxa global de mortalidade materna para menos de 70 por 100.000 nascidos vivos.
<b>5. Igualdade de Gênero</b>	Alcançar a Igualdade de Gênero e Empoderar Todas as Mulheres e Meninas	<b>5.5:</b> Garantir a participação plena e efetiva das mulheres e a igualdade de oportunidades para liderança em todos os níveis de tomada de decisão na vida política, econômica e pública.
		<b>5.c:</b> Adotar e fortalecer políticas sólidas e legislação aplicável para a promoção da igualdade de gênero e empoderamento de todas as mulheres e meninas em todos os níveis.
<b>11. Cidades e Comunidades Sustentáveis</b>	Tornar as Cidades e Assentamentos Humanos Inclusivos, Seguros, Resilientes e Sustentáveis	<b>11.1:</b> Até 2030, garantir o acesso de todas as pessoas a habitação e serviços básicos adequados e seguros, bem como a melhorar significativamente o transporte público, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade.
		<b>11.3:</b> Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e a capacidade para o planejamento e gestão participativos, integrados e sustentáveis dos assentamentos humanos em todos os países.
		<b>11.6:</b> Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar e gestão de resíduos municipais e de outros tipos de resíduos.
<b>12. Consumo e Produção Sustentáveis</b>	Assegurar padrões de consumo e produção sustentáveis	<b>12.1:</b> Implementar o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com todos os países tomando medidas, e os países desenvolvidos assumindo a liderança, tendo em conta o desenvolvimento e as capacidades dos países em desenvolvimento.
		<b>12.2:</b> Até 2030, alcançar o manejo sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais.

<b>14. Vida na Água</b>	Conservar e Utilizar de Forma Sustentável os Oceanos, Mares e Recursos Marinhos para o Desenvolvimento Sustentável	<b>14.1:</b> Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a proveniente de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e poluição por nutrientes.
		<b>14.3:</b> Minimizar e abordar os impactos da acidificação dos oceanos, incluindo através da cooperação científica a nível regional e global.

Fonte: Modificado de Nações Unidas Brasil (2023).

#### **4 A POPULAÇÃO RIBEIRINHA E O CONSUMO DA PESCA LOCAL CONTAMINADA**

Conforme divulgado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em sua reportagem sobre o "Dia Mundial do Meio Ambiente" de 2023, estima-se que anualmente entre 19 e 23 milhões de toneladas de resíduos plásticos são despejados em lagos, rios e mares. Essa quantidade equivale aproximadamente ao peso combinado de 2200 Torres Eiffel, o que tem dado abertura para a contaminação de espécies de peixes por todo o mundo.

Segundo Ory *et al.*, (2018), a indústria da pesca e aquicultura vem sendo afetada, pela redução em número de organismos e espécies, gerando perdas econômicas e ecológicas. O contato direto e constante com MPs gera a diminuição do estoque pesqueiro, influenciando a população que sobrevive no entorno de ambientes contaminado, como ocorre com a população que reside no entorno do Terminal de Uso Privativo da ALUMAR, São Luís, Maranhão.

Silva (2012), afirmou que as instalações da ALUMAR atraíram trabalhadores e grileiros e que, a partir dos anos 70, a ocupação se intensificou. Cavalcante (2016), define a área desse complexo como um reduto de conservação dos principais ecossistemas que ainda engloba um sistema de vida dos povos tradicionais, isto é, pescadores artesanais e agroextrativistas.

Assim, o consumo de peixes contaminados por microplástico no área de influência do TUP da ALUMAR pode estar sendo realizado pela comunidade do entorno, causando uma grande preocupação, visto que segundo Santos (2015), cerca de 58% desta população não tem acesso ou possuem dificuldade para acessar serviços de saúde.





## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. A. A. L. S. Análise semiquantitativa de microplásticos na água de torneira na cidade de Brasília - Distrito Federal. 2021. 61 p. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

ALMEIDA, M. A.; SILVA, I. C. A.; VIEIRA, A. A.; MAIA, A. C. R. PLÁSTICOS NOS AMBIENTES MARINHOS: uma real ameaça à vida dos mamíferos marinhos. *In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS*, 15,12,, Anais [...]. Muzambinho: IFSULDEMINAS, 2023. Disponível em: <https://josif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/view/1652/585> Acesso em: 17 de junho de 2024.

ALVAREZ, L. D. G.; JESUS, F. B.; COSTA, A. P. L.; BASTOS, L. E. F.; SOUSA, D, A. M.; SILVA, D, G. Efeitos dos microplásticos no meio ambiente: um macroproblema emergente. *RECyT*, n. 33, p. 100-107, 2020.

ARAUJO, D. G. Avaliação dos efeitos de pellets e polímeros, oxi-biodegradável e hidrossolúvel, em ambientes marinhos utilizando sedimento marcado e mexilhões da espécie *Mytella charruana*. 2022. 77 p. Dissertação ( Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

ATHAPATHTHUA, A. M. A. I. K.; THUSHARIA, G. G. N.; Diasa, P. C. B.; ABEYGUNAWARDENAA, A. P.; EGODAUYNAAA, K. P. U. T.; LIYANAGEA, N. P. P.; PITAWALAB, H. M. J. C.; SENEVIRATHNAAA, J. D. M. Plastics in surface water of southern coastal belt of Sri Lanka (Northern Indian Ocean): Distribution and characterization by FTIR. *Marine pollution bulletin*, v. 161, p. 111750, 2020.

BARNES, D. K. A.; GALGANI, F.; THOMPSON, R. C., BARLAZ, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, n. 364, pp. 1985– 1998, 2009a.

BARNES, D. K. A.; GALGANI, F.; THOMPSON, R. C.; BARLAZ, M. Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1526, p. 1973-1976, 2009b.

BRAHNEY, J.; HALLERUD, M.; HEIM, E.; HAHNENBERGER, M.; SUKUMARAN, S. Plastic rain in protected areas of the United States. *Science*, v. 368, n. 6496, p. 1257-1260, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana: Plano de Combate ao Lixo no Mar [recurso eletrônico] / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, Coordenação-Geral de Gerenciamento Costeiro. Brasília, DF: MMA, 2019. 40 p.

BRINK, P. T.; KETTUNEN, M.; WATKINS, E. Expert group on green and circular economy in the outermost regions: final report. For DG Regional and Urban Policy, European Commission, 2017.

CAIXETA, D.; MORAIS, E. Panorama mundial de produção de plástico e estratégias de degradação. *Enciclopedia Biosfera*, v. 19, n. 39, 2022.

CAVALCANTE, L. P. A. Estudo da qualidade físico-química e microbiológica das águas do rio dos cachorros na comunidade do taim. 2016. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

CLARO, F.; FOSSI, M. C.; IOAKEIMIDIS, C.; BAINI, M.; LUSHER, A. L.; MCFEE, W.; ALGANI,



F. Tools and constraints in monitoring interactions between marine litter and megafauna: Insights from case studies around the world. *Marine Pollution Bulletin*, v. 141, n 1, p. 47–160, 2019.

COLE, M.; LINDEQUE, P.; HALSBAND, C.; GALLOWAY, T.S. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, v. 62, n. 12, p. 2588-2597, 2011.

DERRAIK, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, v. 44, n. 9, p. 842-852, 2002.

ELÍAS, R. Mar del plástico: una revisión del plástico en el mar. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, n. 27, 83-105 p. 2015.

ERIKSEN, M.; LEBRETON L. C. M.; CARSON, H. S.; THIEL, M. ; MOORE, C. J.; BORERRO, J. C.; GALGANI, F.; RYAN, P. G.; REISSER, J. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS one*, v. 9, n. 12, p. e111913, 2014.

FENDALL, L. S.; SEWELL, M. A. Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine pollution bulletin*, v. 58, n. 8, p. 1225-1228, 2009.

FLETCHER, S.; MARCH, A. L. A.; ROBERTS, K.; SHIRIAN, Y.; CANALS, L. M.; CAIRNS, A.; LEFORT, P.; MESO, A.; RAINE, A. D.; SMAGADI, A.; STONE, S.; TONDA, E.; FUENTE, J.; KOSKELLA, J.; BOVE, A. T.; BOON, E.; BASS, A. Turning off the Tap: How the world can end plastic pollution and create a circular economy. *United Nations Environment Programme*, 2023.

FRANÇA, D.; CHIREGATO, C. G.; ULRICH, G. D.; VELOSO, H. B.; MESSA, L. L.; ANGELO, L. M.; PEREIRA, T. S.; FAEZ, R. As faces do plástico: uma proposta de aula sobre sustentabilidade. São Paulo-SP: *Revista Quím. nova escola*, v. 43, n. 3, p. 277-286, 2022.

FRIAS, J. P. G. L.; NASH, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine pollution bulletin*, v. 138, p. 145-147, 2019.

GALL, S. C.; THOMPSON, R. C. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, v. 92, n. 1, p. 170–179, 2015.

GASPERI, J.; DRIS, R.; BONIN, T.; ROCHER, V.; TASSIN, B. Assessment of floating plastic debris in surface water along the Seine River. *Environmental pollution*, v. 195, p. 163-166, 2014.

GREGORY, M. R. Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical transactions of the royal society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1526, 2009.

HEIP, C.; HUMMEL, H.; AVESAATH, P. V.; APPELTANS, W.; ARVANITIDIS, C.; ASPDEN, R.; AUSTEN, M.; BOERO, F.; BOUMA, T.J.; BOXSHALL, G.; BUCHHOLZ, F.; CROWE, T.; DELANEY, A.; DEPREZ, T.; EMBLOW, C.; FERAL, J.P.; GASOL, J.M.; GOODAY, A.; HARDER, J.; IANORA, A.; KRABERG, A.; MACKENZIE, B.; OJAVEER, H.; PATERSON, D.; RUMOHR, H.; SCHIEDEK, D.; SOKOLOWSKI, A.; SOMERFIELD, P.; SOUSA PINTO, I.; VINCX, M.; WĘŚLAWSKI, J.M.; NASH, R. *Marine biodiversity and ecosystem functioning*. Dublin: Printbase, 2009. 100 p.

HERNANDES, C. C. G. COVID e meio ambiente: levantamento bibliográfico de aspectos ambientais no contexto da pandemia. 2023. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2023.

- ISLAM, T.; LI, Y.; ROB, M.M.; CHENG, H. Microplastic pollution in Bangladesh: research and management needs. *Environmental Pollution*, v. 308, p. 119697, 2022.
- JAMBECK J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, v. 347, p. 768–771, feb. 2015.
- KAISER, D.; KOWALSKI, N.; WANIEK, J. J. Effects of biofouling on the sinking behavior of microplastics. *Environmental research letters*, v. 12, n. 12, p. 124003, 2017.
- KHALID, N.; AQEEL, M.; NORMAN, A.; HASHEM, M.; MOSTAFA, Y. S.; ALHAITHLOUL, H. A. S.; ALGHANEM, S. M. Linking effects of microplastics to ecological impacts in marine environments. *Chemosphere*, v. 264, p. 128541, 2021.
- KILIÇ, E.; YÜCEL, N.; ŞAHUTOĞLU, S. M. First record of microplastic occurrence at the commercial fish from Orontes River. *Environmental Pollution*, v. 307, p. 119576, 2022.
- KLEMEŠ, J. J.; FAN, Y. V.; TAN, R. R.; JIANG, P. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 127, p. 109883, 2020.
- KOWALSKI, N.; REICHARDT, A. M.; WANIEK, J. J. Sinking rates of microplastics and potential implications of their alteration by physical, biological, and chemical factors. *Marine pollution bulletin*, v. 109, n. 1, p. 310-319, 2016.
- MAK, C. W.; TSANG, Y. Y.; LEUNG, M. M. L.; FANG, J. K. H.; CHAN, K. M. Microplastics from effluents of sewage treatment works and stormwater discharging into the Victoria Harbor, Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, v. 157, p. 111181, 2020.
- MANZANO, A. B. Distribuição, taxa de entrada, composição química e identificação de fontes de grânulos plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil. 2009. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- MARTINS, G. R.; RODRIGUES, E. J. R.; TAVARES, M. I. B. Revisão da literatura sobre os eventos de degradação e adsorção em microplásticos primários e secundários. *CIS-Conjecturas Inter Studies*, v. 23, n. 1, p. 368-390, 2023.
- MILOLOŽA, M.; BULE, K.; UKIĆ, Š.; CVETNIĆ, M.; BOLANČA, T.; KUŠIĆ, H.; BULATOVIĆ, V. O.; GRGIĆ, D. K. Ecotoxicological determination of microplastic toxicity on algae *Chlorella* sp.: response surface modeling approach. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 232, p. 1-16, 2021.
- MILOLOŽA, M.; CVETNIĆ, M.; GRGIĆ, D. K.; BULATOVIĆ, V. O.; UKIĆ, S.; ROGOŠIĆ, M.; DIONYSIOU, D. D.; KUŠIĆ, H.; BOLANČA, T. GRGIC . Biotreatment strategies for the removal of microplastics from freshwater systems. A review. *Environmental chemistry letters*, v. 20, n. 2, p. 1377-1402, 2022.
- MIZOGUCHI, I. H. Os desafios do plástico e cenários para o futuro. 2019. 69 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- MONTAGNER, C. C.; DIAS, M. A.; PAIVA, E. M.; VIDAL, C. Microplastics: environmental occurrence and analytical challenges. *Química Nova*, v. 44, p. 1328-1352, 2021.

NELMS, S. E.; DUCAN, E. M.; BRODERICK, A. C.; GALLOWAY, T. S.; GODFREY, M. H.; HAMANN, M. LINDEQUE, P. K., DODLEY, B. J. Plastic and marine turtles: a review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*, v. 73, n. 2, p. 165-181, 2016.

NIZZETTO, Luca; FUTTER, Martyn; LANGAAS, Sindre. Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? *Environmental Science & Technology*, v. 50, n. 20, p. 10777-10779, 2016.

NOBRE, A.; SOUSA, D. Microplásticos: um Mega problema. *Correio do Minho*, v. 10, p. 23, 2022.

ONU Brasil - Organização das Nações Unidas. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> Acesso em: 14 de abril de 2024

ONU - Organização das Nações Unidas. Dia do meio ambiente: solutions to plastic pollution. 2023. Disponível em: <https://www.un.org/en/observances/environment-day> . Acesso em: 23 de Maio de 2024.

ONU - Organização das Nações Unidas. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development; Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015.

ORY, N. C.; GALLARDO, C.; LENZ, M.; THIEL, M. Capture, swallowing, and egestion of microplastics by a planktivorous juvenile fish. *Environmental pollution*, v. 240, p. 566-573, 2018.

PROKIĆ, M. D.; RADOVANOVIĆ, T. B.; GAVRIĆ, J. P.; FAGGIO, C. Ecotoxicological effects of microplastics: Examination of biomarkers, current state and future perspectives. *TrAC Trends in analytical chemistry*, v. 111, p. 37-46, 2019.

REZANIA, S.; PARK, J.; DIN, M. F. M.; TAIB, S. M.; TALAIEKHOZANI, A.; YADAV, K. K.; KAMYAB, H. Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: A review of recent studies. *Marine pollution bulletin*, v. 133, p. 191-208, 2018.

RIBEIRO, R. F. C. Efeitos de nanoplásticos, isoladamente e em mistura com dicromato de potássio, no crescimento da microalga *Chlorella vulgaris*. 2022. 71 p. Dissertação (Mestrado em Toxicologia e Contaminação Ambientais) – Universidade do Porto, Porto, 2022.

SAMANDRA, S.; JOHNSTON, J. M.; JAEGER, J. E.; SYMONS, B.; XIE, S.; CURRELL, M.; ELLIS, A. V.; CLARKE, B. O. Microplastic contamination of an unconfined groundwater aquifer in Victoria, Australia. *Science of the Total Environment*, v. 802, p. 149727, 2022.

SANTOS, D. C. C. Bacia Hidrográfica do Rio Dos Cachorros: população, saúde e ambiente. 2015. 89 p. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2015.

SILVA, P. R. M. E. Estudo da potabilidade das águas do poços artesianos, cacimba e caixas d'água com levantamento sócio-econômico e ambiental da comunidade do Taim. Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA, 2012.

TARDIM, Ana Carolyna Chagas; ALMADA, Eliliane Vasconcelos Corrêa. O impacto da pandemia de COVID-19 na geração de resíduos sólidos. *Meio Ambiente (Brasil)*, v. 4, n. 2, 2022.

WRIGHT, S. L.; KELLY, F. J. Plastic and human health: a micro issue?. *Environmental science & technology*, v. 51, n. 12, p. 6634-6647, 2017.



ZHANG, Y.; WU, H.; XU, L.; LIU, H.; AN, L. Promising indicators for monitoring microplastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, v. 182, p. 113952, 2022.

ZHOU, G.; WANG, Q.; ZHANG, J.; LI, Q.; WANG, Y.; WANG, M.; HUANG, X. Distribution and characteristics of microplastics in urban waters of seven cities in the Tuojiang River basin, China. *Environmental Research*, v. 189, p. 109893, 2020.