

ANÁLISE DE PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS EM ECOSSISTEMA DE ÁGUA DOCE – DISTRITO FEDERAL

Professora orientadora: Anabele Azevedo Lima
Barbastefano

Aluna: Elizabeth Cristina de Mesquita Gonçalves

PROGRAMA DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIC/CEUB

RELATÓRIOS DE PESQUISA
VOLUME 10 Nº 1- JAN/DEZ
2024



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

ELIZABETH CRISTINA DE MESQUITA GONÇALVES

**ANÁLISE DE PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS EM
ECOSSISTEMA DE ÁGUA DOCE – DISTRITO FEDERAL**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pesquisa e Extensão.

Orientação: Dra Anabele Azevedo Lima Barbastefano

**BRASÍLIA
2025**

Agradecimentos

Durante a elaboração deste trabalho, marcado por muitas horas de estudo, leitura de artigos, esforço e dedicação, gostaria de expressar minha gratidão a todas as pessoas que estiveram ao meu lado, me ensinando e motivando a buscar cada vez mais conhecimento e que foram essenciais para a concretização de mais um projeto de iniciação científica. Primeiramente, agradeço à minha orientadora Dra. Anabele Azevedo pela paciência, carinho, dedicação e pela sua aplicação em dar todo o suporte necessário para que este estudo fosse realizado, bem como ao técnico laboratorial Lula que esteve sempre de prontidão para me ajudar com os equipamentos no laboratório. Também gostaria de expressar minha gratidão aos doutores Fabrício Escarlante e Raphael Igor que sempre que precisei de ajuda para aprender uma habilidade nova ambos se dispuseram de prontidão para me auxiliar, direcionar e ensinar. Um obrigada especial ao futuro Biólogo Igor Kirchner por ter se disponibilizado a me ensinar a usar o software QGIS e à Dra. Daphne Muniz por ter sido a pesquisadora que me inspirou a manter sempre o foco e a dedicação durante as pesquisas científicas. Agradeço ao Prof^o Dr Bergmann Morais Ribeiro por disponibilizar o laboratório de microscopia da UnB para que as análises fossem registradas. E, por fim, gostaria de agradecer à minha família que sempre me apoiou e incentivou nos estudos. Meus sinceros obrigada a todos!

RESUMO

O problema da poluição por plásticos tem se intensificado nos últimos anos e, quando descartados na natureza, são degradados a partículas cada vez menores: os microplásticos. Um dos problemas associados a esses pequenos polímeros nos ecossistemas aquáticos é sua insolubilidade na água, o que leva à poluição cumulativa e afeta negativamente toda a biota local. Este trabalho teve como objetivo analisar a presença de microplásticos em 12 pontos distintos do Ribeirão Sobradinho - Distrito Federal, nas profundidades superficial e intermediária, de nascente à foz, durante os períodos de Agosto de 2024 a Maio de 2025. Por meio do uso do corante Vermelho Nilo e da microscopia óptica de luz invertida foi possível identificar a presença de microplásticos e detectar morfologias esféricas, fibrosas, irregulares e planas. Foram encontrados microplásticos em 100% das amostras nos 12 pontos de coleta, durante todo o período de amostragem e em ambas as profundidades, sendo predominante a morfologia esférica. Os resultados sugerem que o elevado índice de poluição plástica no rio ressalta o papel importante dos microplásticos na degradação ambiental e na ameaça à biodiversidade, pois estes são propagados por bioacumulação e biomagnificação resultando em diversos problemas de saúde para os organismos ao longo da cadeia trófica, atingindo também a saúde humana. É fundamental que o conhecimento científico obtido até o presente momento seja convertido em ações e políticas públicas voltadas para a conservação dos ecossistemas, a proteção da biodiversidade e a segurança ambiental.

Palavras-chave: microplásticos; polímeros; água doce; poluição; ecossistema.

SUMÁRIO

1	Introdução	5
1.1	Contextualização da pesquisa	5
1.2	Objetivos	7
1.2.1	Objetivo geral	7
1.2.2	Objetivos específicos	7
2	Fundamentação teórica	8
2.1	Contextualizando a poluição plástica	8
2.2	Definição dos microplásticos	9
2.3	Microplásticos no meio ambiente	10
2.4	Morfologia dos microplásticos	11
3	Metodologia	12
3.1	Tipo de pesquisa e abordagem	12
3.2	Caracterização do local de estudo	12
3.3	Procedimentos metodológicos	14
3.4	Registro digital das amostras microplásticas	15
4	Resultados e discussão	17
4.1	Resultados gerais e discussão da profundidade de coleta	17
4.2	Análise e discussão referentes a morfologia dos microplásticos	17
4.3	Discussão sobre os danos do microplástico para a biodiversidade	21
4.4	Microplásticos e a saúde humana	22
4.5	Discussão sobre a concentração de microplásticos em áreas urbanas	23
4.6	Perspectivas científicas na quantificação de microplásticos	24
5	Considerações Finais	26
	REFERÊNCIAS	27

1 Introdução

1.1 Contextualização da pesquisa

Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), cerca de 160 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos são geradas em um período de vinte e quatro horas no Brasil (Oliveira, 2021), país esse que gera mais de 13,5 milhões de toneladas de resíduos plásticos de todo o mundo, reciclando menos de 2% dos materiais descartados e ocupando o quarto lugar entre os maiores produtores de resíduos plásticos segundo o relatório What a Waste 2.0 do Banco Mundial (Kaza *et al.*, 2018; WWF, 2019).

Em 2020, no Distrito Federal (DF) foram coletadas 17.273,00 toneladas de resíduos pela coleta seletiva e 787.733,00 toneladas pela coleta convencional. Desse valor, 20.621,83 toneladas foram compostas de material reciclável e, dentro desse montante, só no Plano Piloto, 14% da amostragem eram de resíduos plásticos (GDF, 2021). A maioria desses resíduos é carregada por águas pluviais e rios, podendo interferir nos sistemas de filtragem (Ryan *et al.*, 2009) e, de acordo com publicações realizadas pela Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (ADASA, 2019), o sistema de drenagem sofre impacto direto dos demais serviços de saneamento, quando estes não operam com a eficiência esperada, então as possibilidades desses resíduos chegarem até rios e lagos aumenta (Guimarães, 2021).

A falta de coleta e tratamento adequado desses resíduos plásticos pode acarretar a contaminação de corpos hídricos fazendo com que a poluição por polímeros seja um dos principais problemas associados aos ambientes naturais e antrópicos da atualidade (Heidbreder *et al.*, 2019). Essa problemática é reforçada pelo acúmulo contínuo de plásticos nos aterros sanitários (Alimi *et al.*, 2018), pela destinação final inadequada desses resíduos (Bocchini, 2020) e pelo elevado custo das tecnologias propícias para um correto processamento destes materiais após-uso (Forlin; Faria, 2002).

Quando vão parar na natureza, essas substâncias sintéticas são acumuladas e acabam por se degradar devido a processos de fotodegradação, termo-oxidação, degradação hidrolítica e biodegradação (Andrady, 2011; Chamas *et al.*, 2020; Manuel *et al.*, 2022), fragmentando-se a materiais de tamanhos cada vez menores, conhecidos como microplásticos (MP) (Pinhatti, 2022; Freire, 2023).

Um problema causado pelos MPs nos ecossistemas está relacionado com a insolubilidade desses materiais na água (Badea; Balas; Dinischiotu, 2023), o que resulta na poluição cumulativa de ambientes aquáticos e prejudica toda a biota presente (Venâncio *et al.*, 2021). Além disso, o destino e os efeitos dos microplásticos são influenciados não apenas pelo seu tamanho, mas também pela sua morfologia (Rosal, 2021). Evidências disponíveis indicam que a forma das partículas exerce uma influência significativa sobre seu comportamento em meios fluidos (Khatmullina; Isachenko, 2017). Como resultado, há discrepâncias relevantes entre as velocidades de sedimentação ou flutuação observadas experimentalmente e os valores estimados por modelos que assumem certos tipos de geometria (Kowalski *et al.*, 2016).

Estudos relacionados à análise de MPs em ecossistemas dulcícolas ainda são recentes e pouco explorados nas publicações científicas (Browne; Galloway; Thompson, 2010; Free *et al.*, 2014). Fernandes e seus colaboradores (2022), através de uma revisão sistemática sobre a identificação de MPs em ambientes aquáticos, constataram que 59% dos estudos realizados na América Latina são referentes ao ambiente de água salgada e somente 16% correspondem a ambientes de água doce, o que reflete a defasagem de pesquisas de MPs realizadas em ecossistemas dulcícolas, mesmo que esses ambientes funcionem como reservatórios de resíduos plásticos (Almeida *et al.*, 2023).

Como exemplo, tem-se o Ribeirão Sobradinho que é um rio que se encontra atualmente prejudicado devido aos altos índices de poluição causados pelo impacto dos desmatamentos, da ocupação irregular do solo ao longo de suas margens, do despejo de esgoto clandestino e dos resíduos sólidos urbanos, sendo motivo de tema na audiência de 2017 da Câmara Legislativa do Distrito Federal (DF) (CLDF, 2017). Em 2012, foi estabelecido o Projeto Ribeirão Sobradinho, criado pelo Decreto nº 33.527 (GDF, 2012), composto por vários órgãos do DF que, juntamente com a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa), teve

como objetivo diagnosticar a situação do Ribeirão, apresentar soluções e realizar ações com foco na recuperação ambiental do corpo hídrico. Porém, até o presente momento, não há estudos relacionados à presença de MPs neste corpo d'água.

Devido à atual limitação de conhecimento da quantidade de MPs nos ecossistemas aquáticos – principalmente ambientes de água doce –, aumentar a quantidade de análises da presença de MPs nessas águas pode servir como uma importante ferramenta para a geração de dados atualmente inexistentes e que tem o potencial de servir como acessório auxiliar na tomada de decisão dos gestores dos recursos hídricos naturais e renováveis e dos setores responsáveis pela produção, descarte e tratamento de resíduos plásticos, já que estes acabam se abrigando no meio ambiente, poluindo os ecossistemas. Assim sendo, torna-se necessário aumentar a quantidade de análises de MPs nestes ecossistemas.

1.2. Objetivos

1.2.2. Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi investigar a presença ou a ausência de microplásticos em amostras de água doce coletadas em trechos distintos localizados no Ribeirão Sobradinho - DF.

1.2.2. Objetivos específicos

- Coletar amostras em diferentes pontos do Ribeirão Sobradinho.
- Preparar as amostras de água para análise em microscopia óptica de luz invertida, utilizando o corante vermelho Nilo.
- Comparar se há diferença na presença de microplásticos em diferentes periodicidades (seco/chuvoso) e profundidades;
- Averiguar a ocorrência de diferentes morfologias microplásticas;
- Comparar se houve distinção entre as concentrações de microplásticos em áreas de adensamento urbano e áreas afastadas da densificação urbana.

2 Fundamentação teórica

2.1. Contextualizando a poluição plástica

O problema relacionado à poluição plástica vem crescendo nos últimos anos e este fato pôde ser observado nos dados descritos pelo relatório “The real truth about the U. S. plastics recycling rate” (2022), da Universidade de Bennington, que afirma que foi estimado uma taxa de apenas 6% para a reciclagem de plásticos nos Estados Unidos no ano de 2021 (TLBC, 2022).

Para gerenciar problemas referentes à poluição por plásticos em território Nacional, a Lei nº 12.305/10 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010), que contém instrumentos para auxiliar o país a combater problemas ambientais resultantes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Todavia, o adequado manejo dos resíduos plásticos não é solução 100% eficaz porque, ao serem reciclados, os plásticos ou se acumulam nos aterros sanitários (Alimi *et al.*, 2018) ou passam por processos de incineração que acabam poluindo o meio ambiente e contribuindo para o aquecimento global devido a emissão de gases do efeito estufa que estão presentes na composição química de vários desses materiais (Gabrielle, 2024).

De acordo com Allen *et al.* (2024), a reciclagem com técnicas adequadas para o correto reprocessamento dos plásticos é uma prática utópica e intangível já que seria economicamente inviável. Além de ser produzido em larga escala, mais de 99% dos materiais plásticos são sintetizados a partir de recursos não renováveis - os combustíveis fósseis (CIEL, 2017). As composições químicas do plástico variam de produto para produto (Plastics, 2018) e, por causa das características específicas de suas propriedades químicas, a maioria não pode ser completamente processado após reciclado (USEPA, 2024).

Com o avanço tecnológico e científico, foi possível desenvolver os chamados plásticos biodegradáveis, na tentativa de mitigar os danos ambientais causados pelos plásticos (Huang *et al.*, 2025). Todavia, os plásticos biodegradáveis permanecem no ecossistema por cerca de 180 dias, onde sofrem processos de decomposição aeróbica

e, devido à sua decomposição apenas parcial, eles acabam sendo mais uma fonte de contaminação para o meio ambiente (Cole *et al.*, 2011; Piao; Boakye; Yao, 2024).

Conforme a literatura, é possível observar que o saneamento básico precário também facilita a dispersão de plásticos e microplásticos, afetando a qualidade de vida dos cidadãos (Alisson, 2024). Essa problemática, por sua vez, compromete diretamente o cumprimento de metas estabelecidas pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, em especial o ODS 3 (saúde de qualidade e bem-estar para as pessoas de todas as idades) e o ODS 6 (disponibilidade de água potável e de saneamento adequado) (NU, 2015).

Quando o desenvolvimento sustentável é mencionado, procura-se suprir as necessidades das gerações presentes sem que haja comprometimento das possibilidades das futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades (Dias, 2017) e, para que esse objetivo se concretize, é essencial equilibrar os três pilares da sustentabilidade: o crescimento econômico, a equidade social e a preservação ambiental (Fundação FHC, 2025).

Quando observa-se o acúmulo de poluentes plásticos nos ambientes aquáticos, percebe-se que o pilar da preservação ambiental está sendo diretamente afetado, o que afeta o pilar social uma vez que MPs têm o potencial de se tornarem um problema de saúde pública (Semensatto; Ceci; Miranda, 2025), que também afeta a economia do país (Souza; Ziegelmann; Figueiredo, 2018; Burdorf; Fernandes; Robroek, 2023), estando em desacordo com as ODS 8 (trabalho decente e crescimento econômico), ODS 11 (cidades e comunidades mais sustentáveis), ODS 12 (consumo e produção mais responsáveis), ODS 14 (vida na água) e ODS 15 (vida terrestre).

2.2. Definição dos microplásticos

Os MPs foram relatados pela primeira vez por Carpenter e Smith nos anos 70 (1972) e, embora o termo tenha sido adicionado na literatura somente em 2004 (Teotônio, 2020), são caracterizados como grânulos plásticos menores que 5 mm (Frias; Nash, 2019). De acordo com a norma ISO/TR 21960, os MPs são definidos como quaisquer partículas plásticas sólidas, com dimensões entre 0,001 mm e 1 mm, insolúveis em água (ISO, 2020). Já segundo a *National Oceanic and Atmospheric*

Administration (NOAA), microplásticos são partículas que se encontram entre os diâmetros de 0,1 mm a 5 mm (NOAA, 2024) (esta foi a referência usada para o presente estudo).

Dependendo da finalidade do microplástico, ele pode ser intencionalmente fabricado para auxiliar nas indústrias de cosméticos, tintas, fertilizantes e produtos de limpeza (Zhou *et al.*, 2023). Além disso, os microplásticos podem ser divididos em dois tipos: MPs primários, são aqueles que se originam de produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (Browne, 2015), e MPs secundários, que derivam de porções plásticas mais robustas e que sofreram fragmentação devido a fatores ambientais (Galgani *et al.*, 2013). O problema é que, independente da origem do MP, quando este é acidentalmente destinado à natureza ele acaba por afetar o meio ambiente e a biodiversidade dependente desse meio (Li; Zhang, K.; Zhang, H., 2018; Peng *et al.*, 2025; Fossi *et al.*, 2025).

2.3. Microplásticos no meio ambiente

A presença de MPs no ambiente ganhou notoriedade em diversas esferas da sociedade devido ao constante uso de materiais plásticos decorrente das várias vantagens que o material traz e a conseqüente poluição causada por eles (Heidbreder *et al.*, 2019). Um dos problemas dos MPs para os ecossistemas está associado com o fato de serem insolúveis em água (Badea; Balas; Dinischiotu, 2023), invadindo os ambientes aquáticos de forma cumulativa e prejudicando toda a biota presente (Venâncio *et al.*, 2021; Paray *et al.*, 2025).

Na natureza, os plásticos acabam por sofrer a ação de fatores físico-químicos (Manuel *et al.*, 2022) que contribuem para que esses materiais se fragmentem em diversos tamanhos, sendo classificados, dependendo do diâmetro, como microplásticos (Freire, 2023). Uma vez acumulados nos ambientes aquáticos, MPs causam efeitos tóxicos nos organismos presentes nestes ecossistemas (Tanaka; Takada, 2016; Barboza *et al.*, 2018; Alimba; Faggio, 2019; Alfaro-Núñez *et al.*, 2021), incluindo os seres humanos.

A adsorção desses poluentes (MPs) afeta a saúde humana e a saúde dos organismos por meio da ingestão indireta ou por processos de biomagnificação (Zhang,

T., 2018; Yan *et al.*, 2022; Wu *et al.*, 2023), pois a acumulação de MPs nos organismos é transferida também através dos níveis tróficos (Ferreira *et al.*, 2019; Winton *et al.*, 2020). Isso ocorre porque os MPs são partículas difíceis de detectar a olho nu (Carvalho *et al.*, 2022) e acabam sendo ingeridos acidentalmente por diversos organismos (Pappis; Kapusta; Ojeda, 2021).

Referente aos ecossistemas aquáticos, os MPs podem estar distribuídos tanto em ambientes de água marinha como de água doce (Xu *et al.*, 2020). Mas na literatura há várias pesquisas relacionadas à presença de MPs em sistemas aquáticos oceânicos, todavia, em relação às águas dulcícolas, a presença de MPs em ecossistemas superficiais (lênticos e lóticos) e subterrâneos ainda é pouco abordada na literatura (Browne; Galloway; Thompson, 2010; Free *et al.*, 2014; Verma *et al.*, 2025).

2.4. Morfologia dos microplásticos

A depender do tipo de compostos químicos usados na fabricação dos plásticos, quando estes são degradados a microplásticos, eles assumem diferentes morfologias (Rosal, 2021). Algumas das morfologias comuns encontradas na literatura são: esférica, espiculada, fibrosa, irregular, espumada, plana, dentre outras (Goral *et al.*, 2023; Ji *et al.*, 2024). A depender do tipo de morfologia do polímero microplástico, sua atuação enquanto poluente é acentuada bem como sua velocidade de dispersão no meio (Zhang; Choi, 2025).

3 Metodologia

3.1. Tipo de pesquisa e abordagem

Este estudo possui natureza básica, com uma abordagem descritiva e experimental, caracterizando-se por uma metodologia de caráter qualitativo. Essa combinação visa proporcionar uma compreensão mais abrangente da presença e da morfologia dos microplásticos contidos no Ribeirão Sobradinho.

3.2. Caracterização do local de estudo

O Ribeirão Sobradinho, localizado na porção centro-norte do DF, é um importante corpo hídrico que contorna a cidade de Sobradinho, desaguando no Rio São Bartolomeu (GDF, 2024). Possui um trajeto de cerca de 30 km, percorrendo área urbana e zona rural, composto por uma área de drenagem de 144 km². Da nascente à foz, o Ribeirão sofre diversos impactos ambientais devido a ações antrópicas, sendo inclusive utilizado como local de despejo de efluentes advindos da Estação de Tratamento de Esgoto de Sobradinho (CAESB, 2024).

Foram selecionados doze pontos de amostragem em função da proximidade ou afastamento do adensamento urbano (Tabela 1), onde metade dos pontos localizam-se antes da ETE de Sobradinho e a outra metade localiza-se após.

Tabela 1. Tabela contendo as coordenadas geográficas (UTM) e uma breve definição dos pontos de coleta. Fonte: elaborado pela autora.

Pontos	Coordenadas (UTM)	Definição do Local
N1	Zona 23, W -47.7719166666667; S -15.6375	Nascente
J1	Zona 23, W -47.7884166666667; S -15.6401944444444	Área preservada
J2	Zona 23, W -47.7921666666667; S -15.63975	Área preservada
PON1	Zona 23, W -47.80325; S -15.6368888888889	Área urbana pré-ETE
PON2	Zona 23, W -47.8124166666667; S -15.6433611111111	Área urbana pré-ETE
PE1	Zona 23, W -47.8142222222222; S -15.6478333333333	Área urbana pré-ETE
PE2	Zona 23, W -47.8092777777778; S -15.6661388888889	Área urbana pós-ETE
PE3	Zona 23, W -47.8061944444444; S -15.6669444444444	Área urbana pós-ETE
R1	Zona 23, W -47.76225; S -15.7136666666667	Área rural
R2	Zona 23, W -47.7393611111111; S -15.7289722222222	Área rural

SB1	Zona 23, W -47.7009444444444; S -15.72875	Área rural
SB2	Zona 23, W -47,677166; S -15,733204	Área anterior a foz

Os pontos de coleta foram registrados utilizando câmera fotográfica digital de aparelho eletrônico Motorola E (Fig. 1) e registrados por Global Positioning System (GPS) disponibilizado pelo Google Maps.

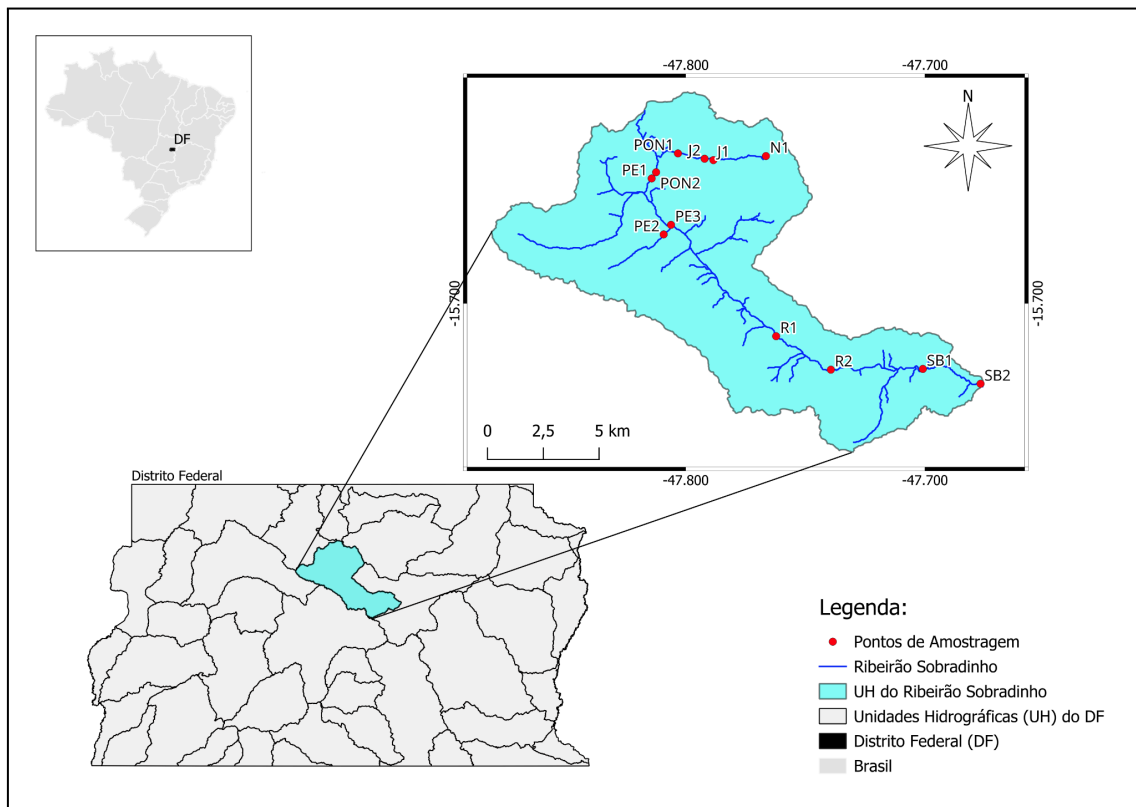
Figura 1. Pontos de coleta: nascente (N1), área preservada na entrada do Parque Ecológico Jequitibás (J1) e na saída (J2), ponte Sodeso - Sociedade Desportiva de Sobradinho (PON1), ponte DF-420 (PON2), passarela de Sobradinho II (PE1), ponte BR-020 sentido Brasília (PE2), trecho após a ponte BR-020 sentido Formosa (PE3), ponte DF-440 (R1), Restaurante Rural (R2), ponte DF-330 (SB1) e trecho anterior a foz do Ribeirão que deságua na bacia do rio São Bartolomeu (SB2).



Fonte: elaborado pela autora (2025).

As coordenadas foram obtidas em “Grau, minuto, segundo” e convertidas para “UTM” utilizando o site conversor de coordenadas DPI/INPE. Posteriormente, foi utilizado o programa QGIS 3.40.9 para a elaboração da Figura 2, que exibe o Brasil, destacando o DF e todas as unidades hidrográficas (UH) localizadas na área distrital, realçando a UH do Ribeirão Sobradinho e mostrando os afluentes deste corpo hídrico, bem como a localização geográfica dos pontos de amostragem ao longo do rio.

Figura 2. Mapa contendo os 12 pontos de amostragem do Ribeirão Sobradinho, localizado na unidade hidrográfica (UH) do Ribeirão Sobradinho no Distrito Federal, Brasil.



Fonte: elaborado pela autora com a revisão do Dr. Fabrício Escarlante e do biólogo Igor Kirchner (2025).

3.3. Procedimentos metodológicos

As coletas ocorreram com frequência mensal durante 9 meses, no período que compreendeu de Agosto de 2024 a Maio de 2025, totalizando 9 campanhas. Em cada ponto de coleta foram obtidas duas amostras de água, cada uma em duas profundidades diferentes: a superficial (S), entre 0-10 cm da lâmina d'água, e a intermediária (I), entre 30-50 cm de profundidade (Oliveira, 2020), totalizando 24 amostras mensais. Essa coleta ocorreu com o uso de recipientes de vidro âmbar de 500 mL previamente higienizados com água ultrapura e autoclavados. As amostras foram acondicionadas em caixa térmica à temperatura ambiente até o momento de chegada ao laboratório onde foram isoladas para análise. As amostras que não puderam ser isoladas imediatamente após a coleta, foram armazenadas na geladeira do laboratório com temperatura a 14°C.

Após coleta *in situ*, as amostras foram tratadas nas dependências do LABOCIEN situado na universidade CEUB. Em laboratório, cada amostra foi agitada manualmente, filtrada através de um filtro de papel de café (tamanho 102) e, com o auxílio de um funil de vidro (tamanho médio), foram transferidas para balões de fundo chato (capacidade de 500 mL). Foi adicionada entre 1,35 – 1,38 g de cloreto de sódio (NaCl) em quantidade suficiente para ajustar a densidade dos microplásticos, permitindo flutuação (Maes *et al.*, 2017; Malson; Welch; Neratko, 2018; Koelmans *et al.*, 2019).

Após um período de descanso de 24h das amostras, 10 mL do sobrenadante foi recolhido com uma pipeta volumétrica (10 mL) e transferido para balões de fundo chato (capacidade de 25 mL, pois era o menor tamanho disponibilizado pelo laboratório), repetindo-se o mesmo processo anteriormente descrito (mantendo-se outro período de 24h para o descanso das soluções). Foi utilizada água ultrapura para a amostra controle que recebeu exatamente o mesmo tratamento das demais amostras.

Após outras 24h, as amostras foram transportadas e analisadas no laboratório de microscopia da Universidade Federal de Brasília (UnB), gentilmente cedido pelo Prof^o Dr Bergmann Morais Ribeiro. No laboratório, 1 mL do sobrenadante foi colhido por uma pipeta de precisão e transferido para um recipiente de Eppendorf onde foi acrescentado 0,2 µL de corante Vermelho Nilo preparado em propanol a 1 mg/mL, atuando com função de aderir a superfície do MP emitindo fluorescência. Em seguida, foi levada para a câmara de Neubauer e visualizada utilizando um microscópio de óptico de luz invertida onde a presença de MP foi observada pela emissão de fluorescência (Erni-Cassola, 2017).

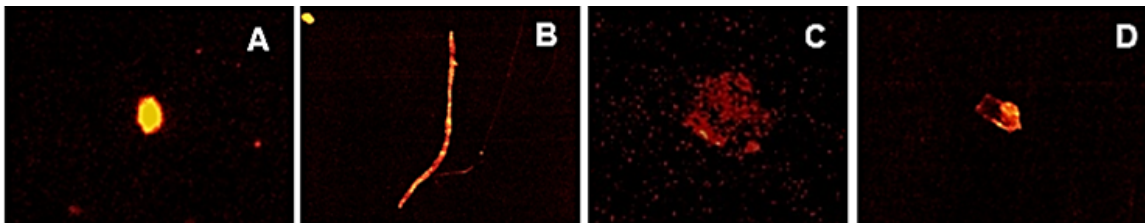
3.4. Registro digital das amostras microplásticas

Com o auxílio do software *Motic Images Plus 3.1*, as amostras positivas para microplástico (fluorescentes) foram registradas por captura de tela disponibilizada pelo próprio programa onde foram observadas em relação ao formato da partícula (Fig. 3), que foi classificado em: esférico (A), fibroso (B), irregular (C) e plana (D) (Lusher *et al.*, 2017; Hartmann *et al.*, 2019; Rosal, 2021).

O software *Motic Images Plus 3.1* (x64), foi configurado de acordo com os seguintes aspectos: aba categoria (resolução: 2448x2048; exposição: 4289.19; ganho:

19.6; offset: -78) e aba definição de cor (correção de cor: 0; gain de vermelho: 3.24; brilho de vermelhos: 24; gain de verdes: 1; brilho de verdes: 0; gain de azul: 0.48; brilho de azuis: -146).

Figura 3. Morfologia dos microplásticos encontrados nas amostras: esférico (A), fibroso (B), irregular (C) e plana (D).



Fonte: elaborado pela autora (2025).

4 Resultados e discussão

4.1. Resultados gerais e discussão da profundidade de coleta

Foram coletadas 216 amostras, sendo que 44,44% ocorreram durante o período seco (Agosto, Setembro, Abril e Maio) e 55,56% durante o período chuvoso (Outubro - Março), onde 100% das amostras apresentaram presença de MPs. Entretanto, não houve diferença significativa na presença de microplásticos nas amostras coletadas em período chuvoso e seco, nem nas profundidades superficial e intermediária.

De acordo com a literatura, um fenômeno chamado de bioincrustação pode ocorrer com os polímeros microplásticos presentes na água. Essa bioincrustação é resultante da formação de biofilme, que é capaz de promover um aumento na densidade da partícula microplástica da qual se encontra aderido tornando-a mais pesada, o que facilita a sedimentação do MP para as camadas mais profundas da coluna d'água. Um fenômeno inverso (desincrustação) também é capaz de acontecer e ocorre através do desprendimento das colônias bacterianas pela ação de microrganismos, possibilitando que os MPs retornem à interface mais superficial da água (Montagner *et al.*, 2021).

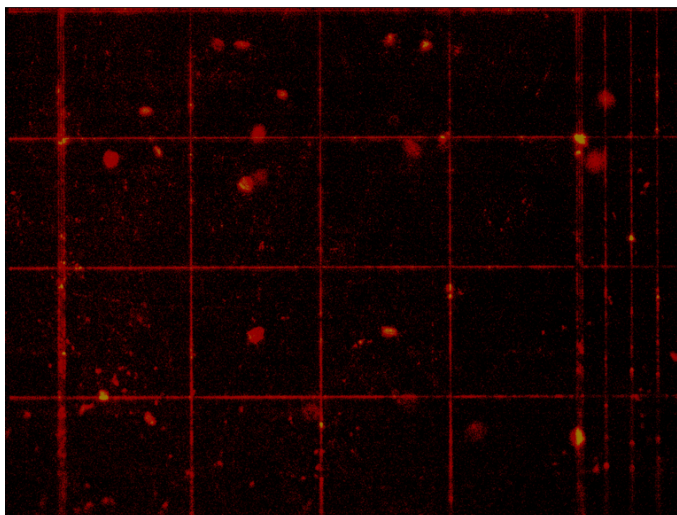
4.2. Análise e discussão referente a morfologia dos microplásticos

Baseado nas definições de formato dos microplásticos dos estudos de Hidalgo-Ruz *et al.* (2012), Zhang, K *et al.* (2017), Lusher *et al.* (2017), Hartmann *et al.* (2019) e Rosal (2021) foi observado uma grande predominância de morfologias esféricas nas amostras (Fig. 4).

A morfologia da qual alguns microplásticos assumem é devido a presença de aditivos de baixo peso molecular durante o processo de fabricação do plástico (Hartmann *et al.*, 2019), que são usados para melhorar a processabilidade, as propriedades e o desempenho do material. A principal classe dos aditivos inclui plastificantes, antioxidantes, estabilizantes, pigmentos, retardantes de chama, modificadores de impacto, biocidas e auxiliares de processamento (Pfaendner, 2006; Hahladakis *et al.*, 2018). Alguns dos polímeros sintéticos são produzidos misturando-se

mais de uma espécie de monômero (IUPAC, 2009) e, por isso, assumem variadas morfologias quando degradados.

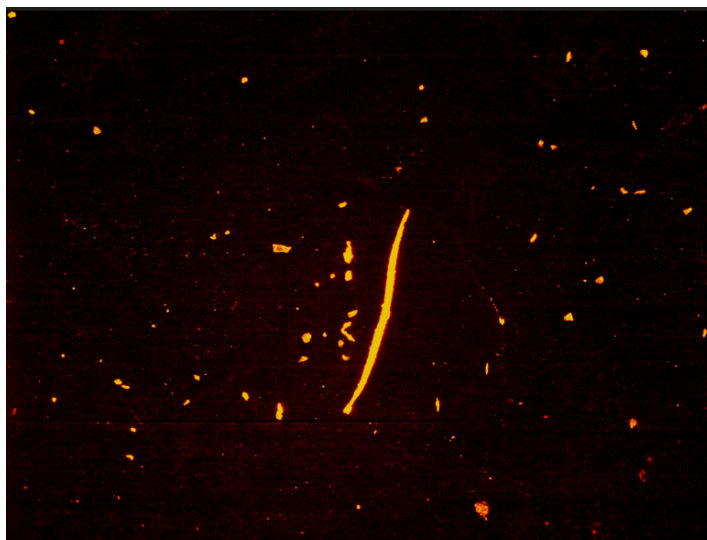
Figura 4. Microplásticos com variadas morfologias: demonstração do resultado de uma das amostras coletadas no ponto PON1-I vista no microscópio de luz invertida (aumentativa de 10x).



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Microplásticos fibrosos (Fig. 5) possuem morfologias semelhantes a fios finos, alongados, flexíveis e geralmente cilíndricos. São advindos de lavagem de roupas sintéticas, redes de pesca, cordas náuticas e escovas que contêm materiais como poliéster e nylon (Hogan; Wood; Urban-Rich, 2025; Mizukami-Murata *et al.*, 2025) e, por serem leves e com alta flutuabilidade, podem se entrelaçar com partículas suspensas ou organismos (Goral *et al.*, 2023).

Figura 5. Microplástico com morfologia fibrosa, visto por microscópio de de luz invertida com aumentativa 10x.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Os fragmentos microplásticos com formatos irregulares (Fig. 6) não possuem forma definida, têm bordas angulosas ou quebradiças, lembrando muito um aspecto espumoso (Lusher *et al.*, 2017). Sua origem vem da fragmentação mecânica ou fotoquímica de objetos plásticos rígidos de polietileno (Planche *et al.*, 2025) e, nos ecossistemas aquáticos, podem afundar ou flutuar dependendo da densidade do polímero e da bioincrustação (Montagner *et al.*, 2021).

Figura 6. Microplástico com morfologia irregular, visto por microscópio de luz invertida com aumentativa 10x

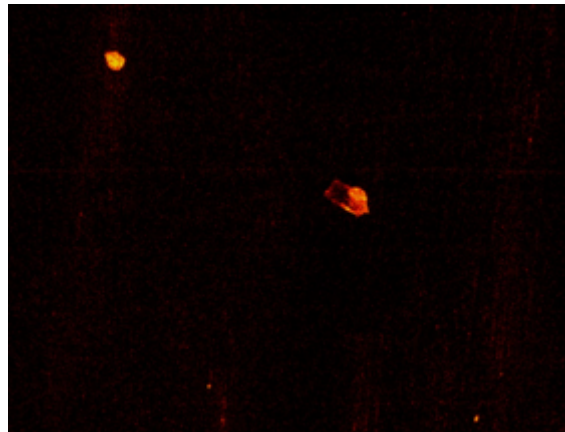


Fonte: elaborado pela autora (2025).

Os microplásticos com morfologia plana (Fig. 7) são semelhantes a lâminas achatadas e com pouca espessura em relação à largura e ao comprimento (Rosal,

2021). Tendem a flutuar em ambientes aquáticos, podendo aderir a superfícies ou organismos (Goral *et al.*, 2023). Como as demais formas de MPs, acabam por gerar impactos ecológicos por serem confundidos com algas ou partículas em suspensão por animais que se alimentam desses elementos (Mohsen *et al.*, 2024).

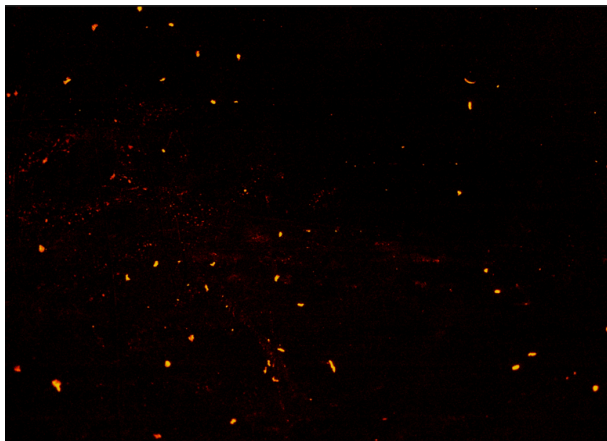
Figura 7. Microplástico com morfologia plana, visto por microscópio de luz invertida com aumentativa 10x.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Em relação à morfologia esférica (Fig. 8), materiais plásticos que contenham em sua estrutura resina ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno), comum em peças de carros, eletrodomésticos, eletroeletrônicos e brinquedos, ou POM (Poliacetil), usado em engrenagens, peças automotivas e peças industriais, são degradados assumindo um formato esférico (Wang *et al.*, 2021; Guler *et al.*, 2022). Justamente por serem materiais termoplásticos com alta rigidez, resistência e estabilidade, os formatos esféricos tem alta durabilidade nos ecossistemas e são rápido e facilmente dispersos pela água alcançando extensas áreas em poucos dias (Francalanci; Paris; Solari, 2021; Yu; Yang; Zhang, 2022). A relevância dessas pequenas partículas dispersas no ambiente se dá porque, quando soltas dos materiais plásticos, elas se tornam toxicologicamente relevantes (Hartmann *et al.*, 2019).

Figura 8. Microplástico com morfologia plana, visto por microscópio de luz invertida com aumentativa 10x.

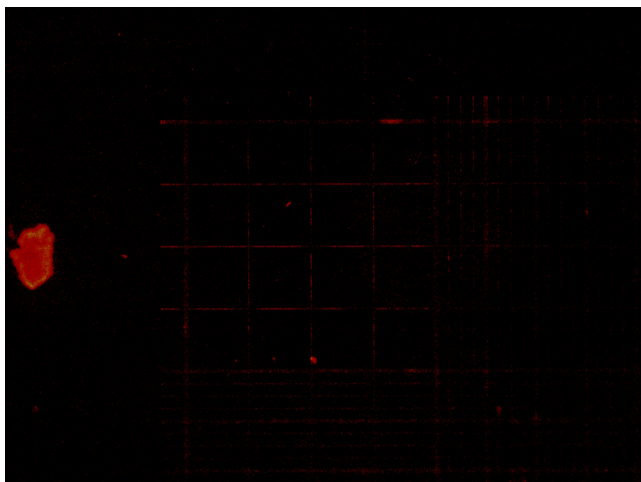


Fonte: elaborado pela autora (2025).

Do ponto de vista regulatório, é relevante distinguir a origem de fabricação dos microplásticos (intencional ou acidental), pois isso gera consequências para a gestão de riscos desses poluentes (Brennholt; Heß; Reifferscheid, 2018; Lambert; Wagner, 2018), já que pode permitir a atribuição de responsabilidades ambientais e a aplicação do princípio do poluidor-pagador (Dias, 2017). No entanto, de uma perspectiva biológica, não importa se o polímero plástico encontrado por um organismo é fabricado intencionalmente, pois os malefícios dos microplásticos para a biodiversidade é amplamente conhecido pela literatura (Li; Zhang, K.; Zhang, H., 2018).

A figura a seguir (Fig. 9) demonstra o maior microplástico encontrado nas amostras analisadas, coletado no ponto SB2-I (área rural pós-ETE referente ao trecho anterior à foz do Ribeirão que deságua na bacia do rio São Bartolomeu; profundidade intermediária), reforçando o quão variáveis podem ser seus tamanhos (NOAA, 2024).

Figura 9. Maior microplástico encontrado nas amostras, visto por microscópio de luz invertida com aumentativa 5x.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

4.3. Discussão sobre os danos do microplástico para a biodiversidade

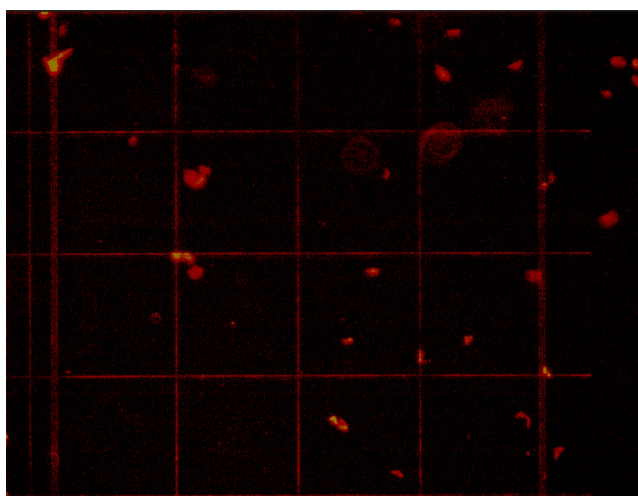
No Brasil, ainda há poucos estudos relacionados à compreensão dos riscos dos MPs para as comunidades biológicas dependentes dos rios. Rani-Borges *et al.* (2021) revela que, até a data de 2021, havia apenas 18 publicações brasileiras relacionadas aos MPs acerca de todo o território nacional englobando ecossistemas dulcícolas. Andrade *et al.* (2019) fez a publicação do primeiro trabalho brasileiro envolvendo a ingestão de MPs em espécies de peixes nativos da região amazônica.

Diversos estudos apontam para a presença de microplásticos na água (Horton; Dixon, 2018; Winton *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2020; Kasavan *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2022) e, tratando-se da biodiversidade, encontra-se diversas classes de organismos que têm sido direta ou indiretamente afetados pelo acúmulo de MPs segundo pesquisas atuais, tais como microrganismos e microalgas (Fringer *et al.*, 2020; Rani-Borges; Moschini-Carlos; Pômpeo, 2021), invertebrados aquáticos e terrestres (Canniff; Hoang, 2018; Zhu *et al.*, 2018), larvas (Planche *et al.*, 2025); peixes (Azizi; Khoshnamvand; Nasser, 2021), anfíbios (Araújo; Malafaia, 2020), mamíferos aquáticos (Moore *et al.*, 2022), roedores (Araújo; Malafaia, 2021), aves (Masía; Ardura; Garcia-Vazquez, 2019), plantas, frutas, vegetais (Conti *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2020) e a placenta humana (Ragusa *et al.*, 2021). Como são bioacumuláveis e biomagnificados, os MPs não ficam contidos nos ecossistemas da qual foram originalmente degradados, alcançando organismos que não são aquáticos (Winton *et al.*, 2020) e contribuindo para a degradação

ambiental e para problemas relacionados à saúde da diversidade faunística (Matias *et al.*, 2022). Esses organismos podem servir de alimento para outros organismos, atuando como fontes de contaminação ao longo da cadeia trófica (Wu *et al.*, 2023).

Adicionalmente, é possível que os MPs sejam eliminados pelas fezes de muitos animais, chegando a contaminar a biodiversidade vegetal (Hartmann, 2022; Staffen *et al.*, 2025), a qualidade dos solos (Machado *et al.*, 2019; Rilling, 2020; Rilling; Lehmann, 2020; En-Nejmy *et al.*, 2024; Hanif *et al.*, 2024) atingindo o nível das rochas sedimentares (Santos *et al.*, 2022; Wang; Hou, 2023), do ar (Vianello *et al.*, 2019; Torres-Agullo *et al.*, 2021; O'brien *et al.*, 2023; Kek *et al.*, 2024) chegando a níveis estratosféricos (Tatsil *et al.*, 2023; Xiao *et al.*, 2023) e do lençol freático (Ferreira, 2023). Ao longo deste presente estudo, a contaminação de águas subterrâneas pôde ser observada, já que todas as amostras coletadas próximas à nascente apresentaram presença de microplásticos (Fig. 10).

Figura 10. Uma das amostras coletadas próximo à nascente (N1-S), visto por microscópio de luz invertida com aumentativa 10x.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

4.4. Microplásticos e a saúde humana

O *Homo sapiens sapiens* (espécie humana) é considerado predador de topo de cadeia estando intrinsecamente sujeito à exposição dos poluentes microplásticos, tornando-se altamente propenso ao seu acúmulo por biomagnificação ao consumir outras espécies animais e vegetais (Ferreira *et al.*, 2019; Pappis; Kapusta; Ojeda, 2021; Yan *et al.*, 2022). Segundo o estudo de Li *et al.* (2023), a presença de microplásticos é

apontada em amostras humanas também pelo fato de que nossa espécie se encontra cada vez mais propensa à exposição dessas partículas por contato tátil, por vias orais e respiratórias (Ali *et al.*, 2021). Além disso, o homem é extremamente dependente dos serviços ecossistêmicos oferecidos pelo meio ambiente e pela biodiversidade presente nele para a produção alimentícia, agropecuária, farmacêutica, têxtil, industrial, dentre outros (Beattie; Ehrlich, 2014) e, quando os ecossistemas são poluídos e degradados, acabam por prejudicar a qualidade ambiental e os recursos usados pela sociedade para seu desenvolvimento.

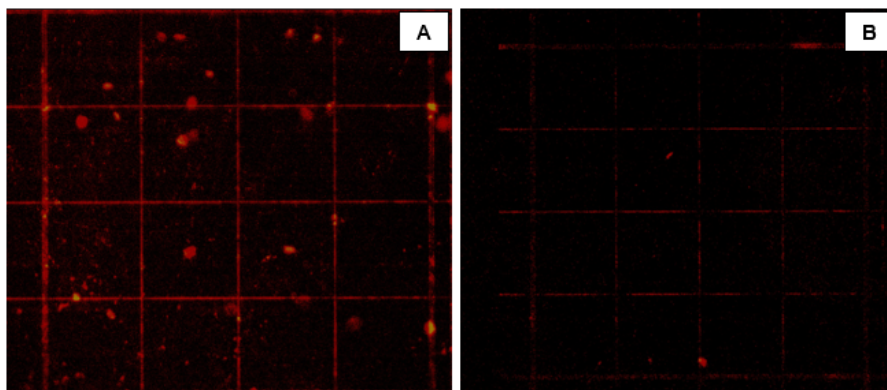
Além dos efeitos tóxicos causados ao organismo (Ma *et al.*, 2020), os MP podem influenciar também na distribuição de outros poluentes orgânicos persistentes, causando vários efeitos sobre os humanos (Bakir; Rowland; Thompson, 2014; Chakraborty *et al.*, 2022), atuando como ímãs de poluentes no organismo (Rubin; Zucker, 2022) e auxiliando para que haja o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (Das, 2023; Liu *et al.*, 2024), que contribuem para o envelhecimento celular (Neki, 2015) e para o aumento na frequência de erros genéticos (Hemani; Parihar, 1998; Nilsson; Liu, 2020).

Os efeitos dos microplásticos acumulados nos tecidos humanos geram impactos irreversíveis para a saúde, como inflamações, estresses oxidativos, apoptose e até necrose celular (Proshad *et al.*, 2018; Prata *et al.*, 2019). A exposição prolongada a essas partículas pode levar a danos teciduais e a carcinogênese (Wright; Kelly, 2017; Park *et al.* 2023; Li, S. *et al.*, 2023; Wang; Xu; Jiang, 2023; Brynzak-Schreiber *et al.*, 2024).

4.5. Discussão sobre a concentração de microplásticos em áreas urbanas

Apesar da análise dos dados ter seguido um caráter qualitativo, observou-se distinção na concentração de microplásticos presentes em áreas de adensamento urbano e áreas mais distantes da densificação urbana em todas as amostras, sendo as representantes das áreas urbanas detentoras das maiores concentrações de microplásticos (Fig. 11). Os resultados encontrados estão de acordo com o que se encontra na literatura científica (Strokal *et al.*, 2021; Drabinski *et al.*, 2023; Imbulana; Tanaka; Oluwoye, 2024; Bhuvaneshwari *et al.*, 2025; Jin *et al.*, 2025; Verma *et al.*, 2025).

Figura 11. Comparação entre amostra de água contendo microplástico em área de adensamento urbano (a) e área rural (b).



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Em 2020, a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) alertou para o uso de glitter durante o Carnaval (Portal Correio, 2020), pois em virtude do seu tamanho acaba não sendo retido nos processos de filtração das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), tornando o efluente uma rica fonte de MPs.

Segundo Silva-Cavalcanti *et al.* (2017), ambientes urbanizados contribuem para a suscetibilidade de ingestão de MPs pela biota aquática. Isso porque os rios são considerados uma das principais fontes de poluição por MPs, já que são os responsáveis por transportar parcelas significativas desses materiais de um ambiente para o outro (Pompêo; Rani-Borges; Paiva, 2022; Lima *et al.*, 2023).

4.6. Perspectivas científicas na quantificação de microplásticos

Para formular estratégias de remediação relacionadas à poluição causada por MPs é necessário realizar uma previsão de sua velocidade de sedimentação (Choi; Zhang, 2025). Isso ocorre porque a velocidade de sedimentação é um parâmetro essencial para a modelagem de processos de transporte de MPs em ambientes aquáticos (Cai; Zhu; Hong, 2023), já que depende da morfologia e da densidade dos MPs, onde cada formato e tamanho apresenta um padrão e uma velocidade de dispersão distintas (Choi; Zhang; Liang, 2022; Caixeta *et al.*, 2022). Todavia, para identificar os hotspots de poluição por MPs em ambientes aquáticos é necessário a ocorrência de quantificação dessas partículas no meio (Parra *et al.*, 2025).

A quantificação desses polímeros microplásticos não é uma tarefa simples, principalmente devido à complexidade dos ecossistemas aquáticos, do seu tamanho microscópico e da necessidade de reagentes e equipamentos altamente específicos para a visualização e realização de sua contagem (Song *et al.*, 2025). Todavia, faz-se necessário um aprofundamento da quantificação desses materiais nos ecossistemas sobretudo por razões relacionadas à conservação da biodiversidade, à proteção da saúde humana, e a um eficiente monitoramento da contaminação plástica já que a quantificação permite saber a extensão e a distribuição dos microplásticos, além da identificação das fontes que mais contribuem para a poluição desses polímeros (Abraham *et al.*, 2024; Imbulana; Tanaka; Oluwoye, 2024; Brown; Williams, 2025).

Por fim, o uso de dados quantitativos pode servir como uma ferramenta de auxílio para a fundamentação de regulamentações e formulações de políticas públicas (Enap, 2021), pois, ao quantificar os microplásticos no meio ambiente, é possível mostrar a escala real do problema, o que pode contribuir para mudanças de comportamento social em relação ao consumo consciente e ao descarte ambientalmente sustentável de materiais plásticos (Bigarelli *et al.*, 2017).

5 Considerações Finais

Diante dos resultados obtidos, a presença de microplásticos em 100% das amostras observadas reforça a urgência de se ampliar os esforços de monitoramento, controle e mitigação dessa forma de poluição nos ecossistemas dulcícolas. A predominância de morfologias esféricas, associada à origem industrial e à alta capacidade de dispersão dessas partículas, destaca o papel crítico que os microplásticos desempenham na degradação ambiental e no risco à saúde biológica dos ecossistemas e todos os organismos que o compõem. Os resultados reforçam os achados da literatura e evidenciam que os ambientes urbanizados, aliados à ineficiência no tratamento de efluentes, favorecem a entrada contínua de microplásticos nos corpos hídricos.

Nota-se que os microplásticos representam uma ameaça crescente para a biodiversidade e sua capacidade de bioacumulação e biomagnificação evidenciam a urgência de ampliar pesquisas e ações voltadas à mitigação desse poluente emergente nos ecossistemas. Seus efeitos no organismo vão além da toxicidade direta, influenciando processos celulares, promovendo inflamações, envelhecimento precoce e até carcinogênese dependendo das concentrações.

A quantificação dessas partículas, embora desafiadora, é essencial para compreender a dimensão do problema, subsidiar decisões políticas e fomentar uma mudança global no uso e descarte de materiais plásticos. Nesse contexto, o conhecimento científico acumulado deve ser transformado em ações concretas que viabilizem uma conservação mais eficaz dos ecossistemas e da biodiversidade e a segurança do desenvolvimento das futuras gerações.

REFERÊNCIAS

- Abraham, P. A. et al. Thermal lens technique's surrogacy unveiled: A novel tool for microplastic detection and quantification in water. **Heliyon**, v. 10, n. 14, e34532, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024105634>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- ADASA (Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal). **Semana Lago Limpo Recolhe Quase Uma Tonelada De Resíduos**. ADASA, 2019. Disponível em: <https://www.adasa.df.gov.br/area-de-imprensa/noticias/1585-semana-lago-limpo-recolhe-quase-uma-tonelada-de-residuos>. Acesso em: 06 mar. 2024.
- Alfaro-Núñez, A. et al. Microplastic pollution in seawater and marine organisms across the Tropical Eastern Pacific and Galápagos. **Scientific Reports**, v. 11, n. 6424, mar, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-85939-3>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- ALI, S. S. et al. Degradation of conventional plastic wastes in the environment: A review on current status of knowledge and future perspectives of disposal. **Science of The Total Environment**, v. 771, e. 144719, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720382528#bb0880>. Acesso em: 26 maio 2025.
- Alimba, C. G.; Faggio, C. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 68, p. 61–74, maio, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668918305714>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- Alimi, O. S. et al. Microplastics and Nanoplastics in Aquatic Environments: Aggregation, Deposition, and Enhanced Contaminant Transport. **Environmental Science Technology**, v. 52, p. 1704–1724, 2018. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b05559>. Acesso em: 14 set. 2024.
- Alisson, E. Saneamento precário facilita a dispersão de plástico e microplástico na Amazônia. **Revista FAPESP**, Belém, 2024. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/saneamento-precario-facilita-a-dispersao-de-plastico-e-microplastico-na-amazonia/>. Acesso em: 22 jul. 2025.
- Allen, D. et al. **The fraud of plastic recycling**. Center for Climate Integrity, fev, 2024. Disponível em: <https://climateintegrity.org/uploads/media/Fraud-of-Plastic-Recycling-2024.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2024.

Almeida, M. P. et al. The Complex Dynamics of Microplastic Migration through Different Aquatic Environments... **Microplastics**, v. 2, n. 1, p. 62-77, jan, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-8929/2/1/5>. Acesso em: 22 jan. 2024.

Andrade, M. C. et al. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon... **Environmental Pollution**, v. 244, p. 766–773, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026974911833241X?via%3Dihub>. Acesso em: 14 set. 2024.

Andrady, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 8, n. 62, p. 1596-1605, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X11003055>. Acesso em: 24 jul. 2025.

Araújo, A. P. C.; Malafaia, G. Can short exposure to polyethylene microplastics change tadpoles' behavior? A study conducted with neotropical tadpole species belonging to order anura (*Physalaemus cuvieri*). **Journal of Hazardous Materials**, v. 391, p. 122214, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389420302028>. Acesso em: 26 maio 2025.

Araújo, A. P. C.; Malafaia, G. Microplastic ingestion induces behavioral disorders in mice: a preliminary study on the trophic transfer effects via tadpoles and fish. **Journal of Hazardous Materials**, v. 401, p. 123263, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389420312528>. Acesso em: 26 maio 2025.

Azizi, N.; Khoshnamvand, N.; Nasser, S. The quantity and quality assessment of microplastics in the freshwater fishes: a systematic review and meta-analysis. **Regional Studies in Marine Science**, v. 47, p. 101955, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352485521003479>. Acesso em: 26 maio 2025.

Badea, M. A.; Balas, M.; Dinischiotu, A. Microplastics in freshwaters: implications for aquatic autotrophic organisms and fauna health. **Microplastics**, v. 2, n. 1, p. 39-59, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/microplastics2010008>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Bakir, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C. Transport of persistent organic pollutants by microplastics in estuarine conditions. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 140, p. 14–21, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.01.004>. Acesso em: 18 abr. 2025.

Barboza, L. G. A. et al. Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. **Marine Pollution Bulletin**, v. 133, p. 336–348, ago, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X1830376X>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Beattie, A. J., Ehrlich, P. R. Industries depend on biodiversity too. **Nature**, v. 509, n. 563, 2014. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/509563d>. Acesso em: 26 maio 2025.

Bhuvanewari, M. et al. Emerging Contaminants in Urban Soils... **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, 104022, 2025. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S147470652500172X>. Acesso em: 26 jul. 2025.

Bigarelli, B. R. et al. **A importância da conscientização de uma cultura de consumo consciente e responsável em uma sociedade altamente consumista**. Memorial TCC, 2017. FAE Centro Universitário | Núcleo de Pesquisa Acadêmica - NPA. Disponível em: <https://memorialtcccadernograduacao.fae.edu/cadernotcc/article/download/177/71>. Acesso em: 28 maio 2025.

Bocchini, B. **Destinação inadequada de lixo cresce 16% em uma década**. Agência Brasil, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-12/destinacao-inadequada-de-lixo-cresce-16-em-uma-decada>. Acesso em: 24 jul. 2025.

Brasil. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 18 jan. 2024.

Brennholt, N.; Heß, M.; Reifferscheid, G. Freshwater microplastics: Challenges for regulation and management. **Freshwater Microplastics**, p. 239– 272, 2018. Disponível em:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-61615-5_12?utm_source=getftr&utm_medium=getftr&utm_campaign=getftr_pilot&getft_integrator=acs. Acesso em: 26 maio 2025.

Brown, H.; Williams, H. Optimising H₂O₂ digestion and quantifying microplastics in sediment and pacific oyster (*Crassostrea gigas*) samples. **Marine Pollution Bulletin**, v. 220, 118353, 2025. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X25008288>. Acesso em: 25 jul. 2025.

Browne, M. A.; Galloway, T. S.; Thompson, R. C. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. **Environmental Science and Technology**, v. 44, n. 9, p. 3404 – 3409, maio, 2010. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77951845032&origin=inward&txGid=dbf2fc0ebec3632eb08d7769990b3f82>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Browne, M. A. Sources and pathways of microplastics to habitats. **Marine Anthropogenic Litter**, p. 229 – 2441, jan, 2015. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84944046565&origin=inward&txGid=414a2b71d94bf02837c1615346876ace>. Acesso em: 19 jan. 2024.

Brynzak-Schreiber, E. et al. Microplastics role in cell migration and distribution during cancer cell division. **Chemosphere**, v. 353, n. 141463, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653524003564>. Acesso em: 14 jun. 2025.

Burdorf, A.; Fernandes, R. C. P.; Robroek, S. J. W. Health and inclusive labour force participation. **The Lancet**, v. 402, n. 10410, p. 1382-1392, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140673623008681?dgcid=coauthor>. Acesso em: 26 jul. 2025.

CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal). **Estações de tratamento de esgoto**. ETE Sobradinho, 2024. Disponível em: <https://atlas.caesb.df.gov.br/portal/apps/MapJournal/index.html?appid=d6486720d22d4f88ae1433cfe4ac5ab1>. Acesso em: 06 mar. 2024.

Cai, C.; Zhu, L.; Hong, B. A review of methods for modeling microplastic transport in the marine environments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 193, 115136, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X23005684>. Acesso em: 26 maio 2024.

Caixeta, D. S. et al. Microplásticos como indicadores de poluição ambiental e seus efeitos sobre os organismos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v. 19, n. 40; p. 23, 2022. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2022b/microplasticos.pdf>. Acesso em: 26 maio 2024.

Canniff, P. M.; Hoang, T. C. Microplastic ingestion by *Daphnia magna* and its enhancement on algal growth. **Science of the Total Environment**, v. 633, p. 500-507, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718309355>. Acesso em: 26 maio 2024.

Carpenter, E. J.; Smith, K. Plastics on the Sargasso Sea surface. **Science**, v. 175, n. 4027, p. 1240-1241, 1972. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5061243/>. Acesso em: 06 mar. 2025.

Carvalho, A. L. et al. Microplásticos: conceito, impactos ambientais e principais métodos de extração. **Repositório Universitário da Ânima**, dez, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/1a493e58-4b99-4edb-a454-d0483a94b158>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Chakraborty, P. et al. Interlinkage between persistent organic pollutants and plastic in the waste management system of India: an overview. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 109, p. 927- 936, fev, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-022-03466-x>. Acesso em: 20 jan. 2025.

Chamas, A. et al. Degradation Rates of Plastics in the Environment. ACS Publications, **Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 8, n. 9, p. 3494-3511, 2020. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acssuschemeng.9b06635?ref=article_openPDF.

Choi, C. E.; Zhang, J; Linag, Z. Towards realistic predictions of microplastic fiber transport in aquatic environments: Secondary motions. **Water Research**, v. 218, 118476, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135422004304>. Acesso em: 26 maio 2025.

Choi, C. E.; Zhang, J. Towards A universal settling model for microplastics with diverse shapes: Machine learning breaking morphological barriers. **Water Research**, v. 272, 122961, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004313542401861X>. Acesso em: 25 maio 2025.

CIEL (Center for International Environmental Law). **The Production of Plastic and Petrochemical Feedstocks**, 2017. Disponível em: <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2017/09/Fueling-Plastics-Fossils-Plastics-Petrochemical-Feedstocks.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2024.

CLDF (Câmara Legislativa do Distrito Federal), 2017. **Despoluição do ribeirão Sobradinho é tema da audiência nesta quarta às 19h**. Disponível em: <https://www.cl.df.gov.br/-/despoluicao-do-ribeirao-sobradinho-e-tema-da-audiencia-nesta-quarta-as-19h>. Acesso em: 25 jul. 2025.

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

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X11005133?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jan. 2024.

Conti, G. O. et al. Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. **Environmental Research**, v. 187, p. 109677, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935120305703>. Acesso em: 26 maio 2025.

DAS, A. The emerging role of microplastics in systemic toxicity: Involvement of reactive oxygen species (ROS). **Science of the Total Environment**, v. 15, n. 895, p. 165076, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37391150/>. Acesso em: 26 maio 2025.

Dias, R. **Gestão Ambiental - Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. 3. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2017. E-book. p.183. ISBN 9788597011159. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597011159/>. Acesso em: 26 maio 2025.

Drabinski, T. L. et al. Microplastics in Freshwater River in Rio de Janeiro and Its Role as a Source of Microplastic Pollution in Guanabara Bay, SE Brazil. **Micro**, v. 3, n. 1, p. 208-223, fev, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-8023/3/1/15>. Acesso em: 22 jan. 2024.

Enap (Escola Nacional de Administração Pública). **A importância do uso de dados para a compreensão da política brasileira**, 2021. Disponível em: <https://www.enap.gov.br/pt/acontece/noticias/a-importancia-do-uso-de-dados-para-a-compreensao-da-politica-brasileira>. Acesso em: 28 maio 2025.

En-Nejmy, K. et al. Microplastics in soil: A comprehensive review of occurrence, sources, fate, analytical techniques and potential impacts. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 288, e. 117332, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651324014088>. Acesso em: 28 maio 2025.

Erni-Cassola, G. et al. Lost, but Found with Nile Red: A Novel Method for Detecting and Quantifying Small Microplastics... **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 23, p. 13641–13648, 2017. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b04512>. Acesso em: 05 abr. 2024.

Fernandes, A. N. et al. Microplastics in Latin America ecosystems: a critical review of the current stage and research needs. **Journal of Brazilian Chemical Society**, v. 33, n.

04, p. 303-326, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20220018>. Acesso em: 22 jan. 2025.

Ferreira, I. et al. Nanoplastics and marine organisms: What has been studied?. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 67, p. 1-7, abr, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668918305623>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Ferreira, T. L. **Avaliação da ocorrência de microplásticos em água subterrânea e solo em área urbana do município de Bauru, SP**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/items/a86de028-b4dc-44e6-b936-e21f4ac2862b>. Acesso em: 26 maio 2025.

Forlin, F. S.; Faria, J. A. F. Reciclagem de embalagens plásticas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/YNNvN9nLDV8rS5ffJp9rF4Q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 jul. 2025.

Fossi, M. C. et al. Biodiversity at risk in the SPAMI Pelagos Sanctuary: The impact of marine litter on biota. **Science of The Total Environment**, v. 964, 178527, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969725001615>. Acesso em: 23 maio 2025.

Francalanci, S.; Paris, E.; Solari, L. On the prediction of settling velocity for plastic particles of different shapes. **Environmental Pollution**, v. 290, 118068, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026974912101650X>. Acesso em: 26 maio 2025.

Free, C. M. et al. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. **Marine Pollution Bulletin**, v. 85, n. 1, p. 156 – 163, ago, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84905722363&origin=inward&txGid=082dc4465e18a55ab828b9088e58e90a>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Freire, I. S. **Impactos ecotoxicológicos de microplásticos de polietileno no peixe *Danio rerio* e no caramujo *Biomphalaria glabrata***. Tese de doutorado, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, 2023. Acesso em: 17 jan. 2024.

Frias, J.P.G.L.; Nash, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. **Marine Pollution Bulletin**, v. 138, p. 145-147, jan, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X18307999?via%3Dihub>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Fringer, V. S. et al. Impacts of nanoplastics on the viability and riboflavin secretion in the model bacteria *Shewanella oneidensis*. **Frontiers in Environmental Science**, v. 8, p. art.97, 2020. Disponível em:
<https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2020.00097/full>. Acesso em: 26 maio 2025.

Fundação FHC (Fernando Henrique Cardoso), 2025. **Desenvolvimento e Sustentabilidade**. Disponível em:
<https://fundacaofhc.org.br/tema/desenvolvimento-e-sustentabilidade/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

Gabrielle, G. Desmascarando mitos: **a reciclagem de plástico não é a solução...**, mar, 2024. Disponível em:
<https://www.saniplanengenharia.com.br/desmascarando-mitos-a-reciclagem-de-plastico-nao-e-a-solucao-magica-que-pensavamos/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

Galgani, F. et al. Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. **ICES Journal of Marine Science**, v. 70, n. 6, p. 1055–1064, set, 2013. Disponível em: <https://academic.oup.com/icesjms/article/70/6/1055/639375>. Acesso em: 19 jan. 2024.

GDF (Governo do Distrito Federal). **Projeto Ribeirão Sobradinho**, Brasília, 2012. Disponível em:
www.rekursoshidricos.df.gov.br/ribeirao_sobradinho/documentos/ApresentacaoProjetoRibeiraoSobradinho.pdf. Acesso em: 22 jan. 2024.

GDF (Governo do Distrito Federal). **Relatório da análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Distrito Federal**, Período Chuvoso, Brasília, 2021. Disponível em:
<https://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/RelatorioGravimetria-PeriodoChuvoso2021.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2024.

GDF (Governo do Distrito Federal). **Portal Ribeirão Sobradinho**, Brasília, 2024. Disponível em: www.rekursoshidricos.df.gov.br/ribeirao_sobradinho/. Acesso em: 18 jan. 2024.

Goral, K. D. et al. Settling velocity of microplastic particles having regular and irregular shapes. **Environmental Research**, v. 228, 115783, 2023. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935123005753>. Acesso em: 28 maio 2025.

Guimarães, V. P. **Combate à chegada de resíduos plásticos em corpos d'água do Distrito Federal**: consolidação dos primeiros passos para uma intervenção mais efetiva. Universidade Federal de Brasília, 2021. Disponível em:

https://bdm.unb.br/bitstream/10483/29623/1/2021_VitoriaPenteadoGuimaraes_tcc.pdf. Acesso em: 06 mar. 2024.

Guler, H. G. et al. Experimental study of non-buoyant microplastic transport beneath breaking irregular waves on a live sediment bed. **Marine Pollution Bulletin**, v. 181, 113902, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X22005847>. Acesso em: 26 maio 2025.

Hahladakis, J. N. et al. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. **Hazardous Materials**, v. 344, p. 179–199, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438941730763X?pes=vor&utm_source=acs&getft_integrator=acs. Acesso em: 26 maio 2025.

Hanif, M. N. et al. Impact of microplastics on soil (physical and chemical) properties, soil biological properties/soil biota, and response of plants to it: a review. **Environmental Science & Technology**, v. 21, p. 10277–10318, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-024-05656-y>. Acesso em: 26 maio 2025.

Hartmann, N. B. et al. Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 3, p. 1039-1047, 2019. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b05297>. Acesso em: 26 maio 2025.

Hartmann, G. F. **Toxicidade de microplásticos em plantas**: uma revisão crítica e boas práticas para experimentação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Botânica. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/265060>. Acesso em: 26 maio 2025.

Heidbreder, L. M. et al. Tackling the plastic problem: A review on perceptions, behaviors, and interventions. **Science of the Total Environment**, v. 668, p. 1077-1093, jun, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719309519>. Acesso em: 06 mar. 2024.

Hemnani, T.; Parihar, M. S. Reactive oxygen species and oxidative DNA damage. **Indian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 42, n. 4, p. 440-52, 1998. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/12445264_Reactive_oxygen_species_and_oxidative_DNA_damage. Acesso em: 26 maio 2025.

Hidalgo-Ruz, V.; Gutow, L.; Thompson, R. C.; Thiel, M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 6, p. 3060-3075, 2012. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es2031505>. Acesso em: 26 maio 2025.

Hogan, S.; Wood, S.; Urban-Rich, J. Changes in the abundance, concentration, and composition of the microplastics and fibers in gray seals (*Halichoerus Grypus Atlantica*) scat on Nantucket Island in July and November 2019 and January 2020. **Marine Pollution Bulletin**, v. 215, 117893, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X25003686>. Acesso em: 28 maio 2025.

Horton, A. A.; Dixon, S. J. Microplastics: an introduction to environmental transport processes. **WIREs Water**, v. 5, n. 2, p. e1268, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322107763_Microplastics_An_introduction_to_environmental_transport_processes. Acesso em: 28 maio 2025.

Huang, S. et al. Bioplastics and biodegradable plastics: A review of recent advances, feasibility and cleaner production. **Science of The Total Environment**, v. 969, 178911, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969725005467?via%3Dihub>. Acesso em: 23 maio. 2025.

Imbulana, S.; Tanaka, S.; Oluwoye, I. Quantifying annual microplastic emissions of an urban catchment: Surface runoff vs wastewater sources. **Journal of Environmental Management**, v. 360, 121123, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479724011095>. Acesso em: 28 maio 2025.

ISO (International Organization for Standardization). **ISO/TR 21960:2020(E)**. Suíça, Geneva, 2020. Disponível em: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/72300/65b73cb6030f442aa1bd7eaa97386292/ISO-TR-21960-2020.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2024.

IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). **Compendium of Polymer Terminology and Nomenclature**: IUPAC recommendations, 2008; RSC Pub.: Cambridge, 2009; p 443.

Ivleva, N. P.; Wiesheu, A. C.; Niessner, R. Microplastic in aquatic ecosystems. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 56, n. 7, p. 1720-1739, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/anie.201606957>. Acesso em: 14 set. 2024.

Ji, C. et al. Towards better predicting the settling velocity of film-shaped microplastics based on experiment and simulation data. **Marine Pollution Bulletin**, v. 203, 116493, 2024. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X24004703>. Acesso em: 28 maio 2025.

Jin, X. et al. Quantitative assessment on the distribution patterns of microplastics in global inland waters. **Communications Earth & Environment**, v. 6, n. 331, 2025.

Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43247-025-02320-2>. Acesso em: 26 jul. 2025.

Kaza, S. et al. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**, World Bank, Washington, DC, 2018. Disponível em:

<https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/92a50475-3878-5984-829e-0a09a6a9badc/content>. Acesso em: 17 jan. 2024.

Kasavan, S. et al. Plastic pollution in water ecosystems: A bibliometric analysis from 2000 to 2020. **Journal of Cleaner Production**, v. 313, p. 127946, 2021. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127946>. Acesso em: 28 maio 2025.

Kek, H. Y. et al. Critical review on airborne microplastics: An indoor air contaminant of emerging concern. **Environmental Research**, v. 245, e. 118055, 2024. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935123028591>. Acesso em: 26 maio 2025.

Khatmullina, L.; Isachenko, I. Settling velocity of microplastic particles of regular shapes. **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, n. 2, p. 871-880, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X16309201>. Acesso em: 23 maio 2025.

Koelmans, A. A. et al. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and 57 assessment of data quality. **Water Research**, v. 155, p. 410–422, maio, 2019.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135419301794?via%3Dihub>. Acesso em: 13 jan. 2024.

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. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X16303848>. Acesso em: 23 maio 2025.

- Lambert, S.; Wagner, M. Microplastics are contaminants of emerging concern in freshwater environments: An overview. **Freshwater Microplastics**, ch. 58, p. 1-23, 2018. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-61615-5_1?utm_source=getftr&utm_medium=getftr&utm_campaign=getftr_pilot&getft_integrator=acs. Acesso em: 26 maio 2025.
- Li, C. et al. The ecology of the plastisphere: microbial composition, function, assembly, and network in the freshwater and seawater ecosystems. **Water Research**, v. 202, p. 117428, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135421006266>. Acesso em: 11 maio 2025.
- Li, J.; Zhang, K.; Zhang, H. Adsorption of antibiotics on microplastics. **Environmental pollution**, v. 237, p. 460 – 467, jun, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117345347?via%3Dihub>. Acesso em: 17 jan. 2024.
- Li, L. et al. Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. **Nature Sustainability**, v. 3, p. 929-937, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41893-020-0567-9>. Acesso em: 26 maio 2025.
- Li, S. et al. Could Microplastics Be a Driver for Early Onset Colorectal Cancer? **Cancers**, v. 15, n. 13, p. 3323, 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10340669/>. Acesso em: 14 fev. 2025.
- Li, Y. et al. Potential Health Impact of Microplastics: A Review of Environmental Distribution, Human Exposure, and Toxic Effects. **ACS Publications, Environmental & Health**, v. 1, n. 4, 2023. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/envhealth.3c00052>. Acesso em: 26 maio 2025.
- Lima, C. D. M. et al. Zooplankton exposure to microplastic contamination in a estuarine plume-influenced region, in Northeast Brazil. **Environmental Pollution**, v. 322, n. 121072, abr, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026974912300074X?via%3Dihub>. Acesso em: 22 jan. 2024.
- Liu, S. et al. Reactive oxygen species-induced microplastics aging: Implications for environmental fate and ecological impact. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 173, e. 117648, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993624001304>.

Lusher, A. L.; Welden, N. A.; Sobral, P.; Cole, M. Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. **Analytical Methods**, v. 9, n. 9, p. 1346-1360, 2017. Disponível em:

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/ay/c6ay02415g>. Acesso em: 26 maio 2025.

Ma, H. et al. Microplastics in aquatic environments: Toxicity to trigger ecological consequences. **Environmental Pollution**, v. 261, p. 114089, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114089>. Acesso em: 22 jul. 2025.

Machado, A. A. de S. et al. Microplastics Can Change Soil Properties and Affect Plant Performance. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 10, 2019. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b01339>. Acesso em: 13 jan. 2024.

Maes, T.; Jessop, R.; Wellner, N.; Haupt, K.; Mayes, A. G. A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. **Scientific Reports**, v. 7, n. 44501, mar, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep44501>. Acesso em: 13 jan. 2024.

Malson, S. A., Welch, V. G.; Neratko, J. Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water. **Frontiers in Chemistry**, v. 6, n. 407, set, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fchem.2018.00407/full>. Acesso em: 13 jan. 2024.

Manuel, P. et al. Effects of nanoplastics on zebrafish embryo-larval stages: A case study with polystyrene (PS) and polymethylmethacrylate (PMMA) particles. **Environmental Research**, v. 213, n. 113584, out, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122009112?via%3Dihub>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Masiá, P.; Ardura, A.; Garcia-Vazquez, E. Microplastics in special protected areas for migratory birds in the Bay of Biscay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 146, p. 993-1001, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X19306058>. Acesso em: 28 maio 2025.

Matias, T. et al. Plásticos em ecossistemas costeiros brasileiros: ocorrência e impactos na fauna marinha. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, e208111133329, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/33329/28352/376239>. Acesso em: 16 ago. 2025.

Mizukami-Murata, S. et al. Effects of laundry-derived microplastic fibers on larval Japanese medaka (*Oryzias latipes*). **Science of The Total Environment**, v. 983, 179657, 2025. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969725012987>. Acesso em: 28 maio 2025.

Mohsen, M. et al. Microplastic pollution in aquafeed of diverse aquaculture animals. **Heliyon**, v. 10, n. 17, e37370, 2024. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024134019>. Acesso em: 28 maio 2025.

Moore, R. C. et al. Microplastics in beluga whale (*Delphinapterus leucas*) prey: an exploratory assessment of trophic transfer in the Beaufort Sea. **Science of the Total Environment**, v. 806, p. 150201, 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721052785>. Acesso em: 28 maio 2025.

Montagner, C. C. et al. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos.

Química Nova, v. 44, n. 10, p. 1328-1352, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/VJ58TBJHVqDZsvWLckcFbTQ>. Acesso em: 28 maio 2025.

Neki, N. S. Oxidative Stress and Aging. **Bangladesh Journal of Medical Science**, v. 14, n. 3, p. 221, 2015. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/281362581_Oxidative_Stress_and_Aging. Acesso em: 28 maio 2025.

Nilsson, R.; Liu, N. A. Nuclear DNA damages generated by reactive oxygen molecules (ROS) under oxidative stress and their relevance to human cancers, including ionizing radiation-induced neoplasia part I: Physical, chemical and molecular biology aspects.

Radiation Medicine and Protection, v. 1, n. 3, p. 140-152, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666555720300472>. Acesso em: 28 maio 2025.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2024. **What are**

microplastics? Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html>. Acesso em: 14 set. 2024.

NU (Nações Unidas Brasil), 2015. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em:

<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 26 jul. 2025.

O'Brien, S. et al. There's something in the air: A review of sources, prevalence and behaviour of microplastics in the atmosphere. **Science of The Total Environment**, v. 874, e. 162193, 2023. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723008094>. Acesso em: 26 maio 2025.

Oliveira, B. L. M. C. **Quantificação e distribuição vertical de microplásticos na coluna d'água em represa urbana**. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, jun, 2020. Disponível em:

<https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/8708>. Acesso em: 05 abr. 2024.

Oliveira, N. **Aumento da produção de lixo no Brasil requer ação coordenada entre governos e cooperativas de catadores**. Agência Senado, jun, 2021. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2021/06/aumento-da-producao-d-e-lixo-no-brasil-requer-acao-coordenada-entre-governos-e-cooperativas-de-catadores#:~:text=De%20acordo%20com%20dados%20do,geradas%20por%20dia%20no%20Brasil..> Acesso em: 18 jan. 2024.

Pappis, T.; Kapusta, S. C.; Ojeda, T. Metodologia de extração de microplásticos associados a sedimentos de ambientes de água doce. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 26, n. 4, p. 749-756, jul/ago, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/JQqZ53d5zXfbpGZ4V86tP3N/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 19 jan 2024.

Paray, B. A. Microplastic contamination, comparative retention efficiency, and ecological hazard in saltmarsh, mangrove, sandy, and muddy habitats along the northern Bay of Bengal coast. **Ocean & Coastal Management**, v. 266, 107695, 2025.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569125001577>. Acesso em: 23 maio 2025.

Park, J. H. et al. Polypropylene microplastics promote metastatic features in human breast cancer. **Scientific Reports**, v. 13, n. 6252, 2023. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/s41598-023-33393-8>. Acesso em: 14 set. 2024.

Parra, D. F. et al. Microplastics in Santos São Vicente estuarine – Hotspot in sediments caused by low energy hydrodynamic events in strongly populated areas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 210, 117286, 2025. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X24012633>. Acesso em: 28 maio 2025.

Peng, Y. et al. Dissolved organic carbon and microplastics decrease the biodiversity effect on resource use efficiency of crustacean zooplankton. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 298, 118290, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651325006268>. Acesso em: 23 maio 2025.

Pfaendner, R. How will additives shape the future of plastics?. **Polymer Degradation Stability**, v. 91, n. 9, p. 2249-2256, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141391006000413?via%3Dihub>. Acesso em: 26 maio 2025.

Piao, Z.; Boakye, A. A. A.; Yao, Y. Environmental impacts of biodegradable microplastics. **Nature Chemical Engineering**, v. 1, p. 661–669, 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s44286-024-00127-0>. Acesso em: 23 maio 2025.

Pinhatti, V. C. **Microplástico: um contaminante invisível**. Universidade Federal de São Carlos, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/16810/TCC%20-%20Micropl%C3%A1stico%20-%20um%20contaminante%20invis%C3%ADvel%20-%20Vers%C3%A3o%20Final%2C%2003-10-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 ago. 2024.

Planche, C. et al. Exposure of black soldier fly larvae to microplastics of various sizes and shapes: Ingestion and egestion dynamics and kinetics. **Waste Management**, v. 203, 114852, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X25002636>. Acesso em: 28 maio 2025.

Plastics. **Plastics – the Facts 2018**: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Disponível em: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2018-Plastics-the-facts.pdf>. Acesso em: 23 maio 2025.

Pompêo, M.; Rani-Borges, B.; Paiva, T. C. B. **Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções**, [ISBN: 9786588234112], São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2022.

Portal Correio. **Cagepa pede que população não jogue adereços e glitter na rede**. Portal Correio, João Pessoa, fev, 2020. Disponível em: <https://portalcorreio.com.br/aderecos-brilhos-poluir-saneamento/>. Acesso: 24 jul. 2025.

Prata, J. C. et al. Environmental exposure to microplastics: an overview on possible human health effects. **Science of The Total Environment**, v. 702, e. 134455, 2019.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719344468>. Acesso: 24 jul. 2025.

Prata, J. C. et al. Major factors influencing the quantification of Nile Red stained microplastics and improved automatic quantification (MP-VAT 2.0). **Science of the Total Environment**, v. 719, p. 137498, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720310093>. Acesso: 16 mar. 2025.

Proshad, R. et al. Toxic effects of plastic on human health and environment: a consequences of health risk assessment in Bangladesh. **International Journal of Health**, v. 6, n. 1, p. 1-5, 2018. Disponível em:

<https://sciencepubco.com/index.php/IJH/article/view/8655>. Acesso: 16 mar. 2025.

Ragusa, A. et al. Plasticenta: first evidence of microplastics in human placenta.

Environment International, v. 146, p. 106274, 2021. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33395930/>. Acesso em: 26 maio 2025.

Rani-Borges, B.; Moschini-Carlos, V.; Pompêo, M. Microplastics and freshwater microalgae: what do we know so far? **Aquatic Ecology**, v. 55, n.1, p. 1-15, 2021.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10452-021-09834-9>. Acesso em: 26 maio 2025.

Rillig, M. C. Plastic and plants. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 11, p. 887-888, 2020.

Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41893-020-0583-9>. Acesso em: 14 set. 2025.

Rillig, M. C.; Lehmann, A. Microplastic in terrestrial ecosystems. **Science**, v. 368, n. 6498, p. 1430-1431, 2020. Disponível em:

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abb5979>. Acesso em: 14 set. 2025.

Rosal, R. Morphological description of microplastic particles for environmental fate studies. **Marine Pollution Bulletin**, 171, 112716, 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X21007505?via%3Dihub>. Acesso em: 23 maio 2025.

Rubin, A. E.; Zucker, I. Interactions of microplastics and organic compounds in aquatic environments: A case study of augmented joint toxicity. **Chemosphere**, v. 289, e. 133212, 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521036869>. Acesso em: 23 maio 2025.

Ryan, P. G. et al. **Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment**. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v. 364, p. 1999–2012, jul, 2009. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2008.0207>. Acesso em: 24 jul. 2025.

Santos, F. A. et al. Plastic debris forms: Rock analogues emerging from marine pollution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 182, 114031, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X22007135>. Acesso em: 26 jul. 2025.

Semensatto, D.; Ceci, M.; Miranda, A. Microplásticos: de crise ambiental a questão de saúde pública. **Saúde e Meio Ambiente**, edição 216, 2025. Disponível em: <https://diplomatie.org.br/microplasticos-de-crise-ambiental-a-questao-de-saude-publica/>. Acesso em: 24 jul. 2025.

Silva-Cavalcanti, J. S. et al. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. **Environmental Pollution**, v. 221, p. 218–226, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026974911632396X?via%3Dihub>. Acesso em: 14 set. 2024.

Song, Y. K. et al. Microplastic emissions from fishing ropes: Quantification, characteristics, and implications for marine pollution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 217, 118049, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X25005247>. Acesso em: 28 maio 2025.

Souza, W. P. S. F.; Ziegelmann, F. A.; Figueiredo, E. A. As condições de saúde afetam os rendimentos do trabalho?... **Economia Aplicada**, v. 22, n. 4, p. 113-150, 2018. Disponível em: <https://revistas.usp.br/ecoa/article/download/132569/160764/407958>. Acesso em: 26 jul. 2025.

Staffen, H. C. S. et al. Microplastics in plant-based foods in the city of Itacoatiara (AM), Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 60, ISSN 2176-9478, 2025. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/2244. Acesso em: 28 jul. 2025.

Strokal, M. et al. Urbanization: an increasing source of multiple pollutants to rivers in the 21st century. **Urban Sustainability**, v. 1, n. 24, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s42949-021-00026-w>. Acesso em: 26 jul. 2025.

Tanaka, K.; Takada, H. Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. **Scientific Reports**, v. 6, n. 768, set, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep34351>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Tatsil, D. et al. Shape Matters: Long-Range Transport of Microplastic Fibers in the Atmosphere. **Environmental Science & Technology**, v. 58, n. 1, 2023. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.3c08209>. Acesso em: 26 jul. 2025.

Teotônio, M. H. R. **Presença de microplásticos em água de torneira no Plano Piloto uma região administrativa de Brasília**. Dissertação de mestrado em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Brasília (UnB), 2020.

TLBC (The Last Beach Cleanup), 2022. **The real truth about the U. S. plastics recycling rate**. Disponível em: https://static1.squarespace.com/static/5eda91260bbb7e7a4bf528d8/t/62b2238152acae761414d698/1655841666913/The-Real-Truth-about-the-US-Plastic-Recycling-Rate-2021-Facts-and-Figures-_5-4-22.pdf. Acesso em: 16 ago. 2024.

Torres-Agullo, A. et al. Overview on the occurrence of microplastics in air and implications from the use of face masks during the COVID-19 pandemic. **Science of Total Environment**, v. 8, n. 800, e. 149555, 2021. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8520475/>. Acesso em: 06 fev. 2025.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). **2024 Chemical Data Reporting Questions and Answers**. Disponível em: https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-03/cdr-2024-questions-and-answers-jan-2024_0.pdf. Acesso em: 23 maio 2025.

Venâncio, C. et al. Is the toxicity of nanosized polymethylmethacrylate particles dependent on the exposure route and food items?. **Journal of Hazardous Materials**, v. 43, n. 125443, jul, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389421004064?via%3Dihub>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Verma, M. et al. Spatial and seasonal variations in abundance, distribution characteristics, and sources of microplastics in surface water of Mula river in Pune, India. **Environmental Pollution**, v. 373, 126091, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749125004646>. Acesso em: 23 maio 2025.

Vianello, A. et al. Simulating human exposure to indoor airborne microplastics using a Breathing Thermal Manikin. **Scientific Reports**, v. 9, p. 1-11, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-45054-w>. Acesso em: 14 jan. 2025.

Wang, L.; Hou, D. Plastistone: An emerging type of sedimentary rock. **Earth-Science Reviews**, v. 247, 104620, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825223003094>. Acesso em: 26 jul. 2025.

Wang, Y. et al. Distribution, biological effects and biofilms of microplastics in freshwater systems - A review. **Chemosphere**, v. 299, p. 134370, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134370>. Acesso em: 26 maio 2025.

Wang, Y.; Xu, X.; Jiang, G. Microplastics exposure promotes the proliferation of skin cancer cells but inhibits the growth of normal skin cells by regulating the inflammatory process. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 267, n. 115636, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651323011405>. Acesso em: 10 jun. 2025.

Wang, Z. et al. Settling velocity of irregularly shaped microplastics under steady and dynamic flow conditions. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-14654-3>. Acesso em: 26 maio 2025.

Winton, D. J. et al. Macroplastic pollution in freshwater environments: Focusing public and policy action. **Science Total Environment**, v. 704, p. 135242, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135242>.

Wright, S. L.; Kelly, F. J. Plastic and human health: a micro issue? **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 12, p. 6634-6647, 2017. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b00423>.

Wu, L. et al. Promotion of DNA adsorption onto microplastics by transition metal ions. **Microplastics**, v. 2, n. 1, p. 158-67, mar, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-8929/2/1/12>. Acesso em: 17 jan. 2024.

WWF (World Wildlife Fund). **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico**. Mar, 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 19 jan. 2024.

Xiao, S. et al. Long-distance atmospheric transport of microplastic fibres influenced by their shapes. **Nature Geoscience**, v. 16, p. 863–870, 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41561-023-01264-6>. Acesso em: 26 jul. 2025.

Xu, S. et al. Microplastics in aquatic environments: Occurrence, accumulation, and biological effects. **Science of the Total Environment**, v. 703, n. 134699, fev, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971934690X?via%3Dihub>. Acesso em: 19 jan. 2024.

Yan, Z. et al. Analysis of microplastics in human feces reveals a correlation between fecal microplastics and inflammatory bowel disease status. **Environmental Science & Technology**, v. 56, n. 1, p. 414-421, dez, 2022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c03924>. Acesso em: 16 jan. 2024.

Yu, Z.; Yang, G.; Zhang, W. A new model for the terminal settling velocity of microplastics. **Marine Pollution Bulletin**, v. 176, 113449, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X2200131X>. Acesso em: 26 maio 2025.

Zhang, K. et al. Occurrence and characteristics of microplastic pollution in Xiangxi Bay of Three Gorges Reservoir, China. **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 7, p. 3794-3801, 2017. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b00369>. Acesso em: 26 maio 2025.

Zhang, K. et al. Microplastic pollution in China's inland water systems: a review of findings, methods, characteristics, effects, and management. **Science of the Total Environment**, v. 630, p. 1641-1653, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718307009?via%3Dihub>. Acesso em: 12 fev. 2025.

Zhang, J.; Choi, C. E. Towards A universal settling model for microplastics with diverse shapes: Machine learning breaking morphological barriers. **Water Research**, v. 272, 122961, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004313542401861X>. Acesso em: 23 maio 2025.

Zhang, T. et al. Effects of acute ammonia toxicity on oxidative stress, DNA damage and apoptosis in digestive gland and gill of Asian clam (*Corbicula fluminea*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 99, p. 514- 525, abr, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050464820301339?via%3Dihub>. Acesso em: 17 jan. 2025.

Zhou, Y. et al. Current research trends on cosmetic microplastic pollution and its impacts on the ecosystem: A review. **Environmental Pollution**, v. 320, 121106, mar, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749123001082>. Acesso em: 06 mar. 2024.

Zhu, B. K. et al. Exposure to nanoplastics disturbs the gut microbiome in the soil oligochaete *Enchytraeus crypticus*. **Environmental Pollution**, v. 239, p. 408-415, 2018.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749117347073>. Acesso em:
26 maio 2025.