

CAPÍTULO 11

EFEITOS DOS MICROPLÁSTICOS NO MEIO AMBIENTE

Eduarda Medran Rangel
Adrize Medran Rangel
Patrícia de Borba Pereira
Fernanda Wickboldt Stark
Débora da Silva Rodrigues
Cristiane Fabres de Oliveira
Luiz Felipe Pinheiro Berndt
Fernando Machado Machado

RESUMO

Contaminantes emergentes, como microplásticos (MPs), tornaram-se uma questão ambiental de preocupação global devido aos seus riscos generalizados e potenciais para o sistema ecológico. A escala de contaminação por MPs é agora evidente até mesmo para o público em geral, dadas as suas consequências para a saúde dos ecossistemas, incluindo os seres humanos. As buscas por artigos na literatura foram realizadas na Science Direct. Palavras-chaves foram selecionadas e a busca refinada resultou em 25 artigos no período de 2021 a 2023. Todos os artigos utilizados corroboram a ideia de que os microplásticos estão presentes em todos os compartimentos ambientais e seres vivos analisados, causando problemas, apresentando diversos danos nos organismos vivos. A presença de MPs em órgãos, leite e sangue humano mostram o ponto que chegou estes contaminantes emergentes, os MPs. O tema está em evidência e vem ganhando atenção, e mesmo com vários estudos ainda não é possível afirmar como os MPs se comportam de maneira geral, uma vez que são vários os parâmetros que podem ser analisados e os seres vivos são muito complexos em interação e reação quando entram em contato com este material. Porém, todos autores concordam que os danos existem e os MPs estão em todos os lugares, em vários compartimentos ambientais, organismos vivos e seres humanos. Medidas são necessárias para minimizar este problema e mais pesquisas são de suma importância para tornar a literatura cada vez mais robusta sobre este tema contemporâneo e urgente.

PALAVRAS-CHAVE: Compostos Emergentes; Contaminação; Organismos; Micropoluentes; Plástico.

1. INTRODUÇÃO

Em todos os aspectos da vida humana, o plástico é um material utilizado em muitos produtos e serviços no campo da tecnologia, medicina e indústria, que não seriam concebíveis sem o plástico, um material de baixo custo e que é facilmente acessível (HARIPRIYAN *et al.*, 2022).

Além do baixo custo as propriedades de durabilidade, flexibilidade, leveza e impermeabilidade do plástico permitem que ele seja utilizado em diversas aplicações, resultando em seu acúmulo no meio ambiente (RAZEGHI *et al.*, 2021).

O ambiente aquático é fortemente impactado por resíduos plásticos, com 80% do plástico marinho originário de fontes terrestres, particularmente em regiões densamente



povoadas ou industrializadas, sendo os 20% restantes dos resíduos plásticos aquáticos são derivados de atividades oceânicas, principalmente da pesca comercial, sendo o uso de sacolas plásticas e o descarte inadequado de resíduos são os principais contribuintes para os resíduos plásticos terrestres (TANG *et al.*, 2023).

Alguns estudos estão tentando estimar a ingestão humana de MPs de acordo com o conteúdo de MPs nos alimentos e o consumo alimentar diário recomendado e concluíram que a ingestão anual de MPs é de aproximadamente 11.000 partículas de frutos do mar, 73 000 partículas de sal, 4000 partículas de água da torneira e 90 000 partículas de água engarrafada (YAN *et al.*, 2022).

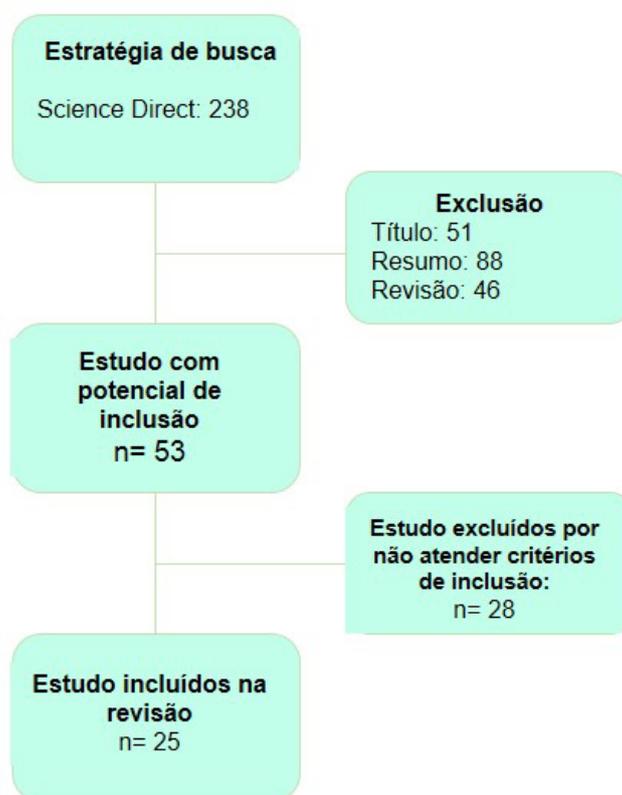
Microplásticos com menos de 10 μm de tamanho podem se translocar do intestino para os sistemas circulatório e linfático, acumulando-se eventualmente nos tecidos do cérebro, fígado e rim, já aqueles com tamanhos inferiores a 5,5 μm e fibras variando de tamanhos de 8 a 17 μm já foram detectadas em tecidos pulmonares humanos e os MP com menos de 0,1 μm de tamanho podem atravessar membranas celulares e barreira placentária, podendo também resultar em estresse físico ou químico no aparelho digestivo, bem como no sistemas circulatórios, representando assim uma ameaça direta e indireta à saúde humana (YONG; VALIYAVEETIL; TANG, 2020; ZHU *et al.*, 2023).

O objetivo desta pesquisa é trazer, através de resultados de pesquisas atualizadas, um panorama de como os microplásticos estão afetando o meio ambiente, tanto no meio abiótico (água, solo, sedimento, esgoto, etc) como nos seres vivos, além da sua presença em produtos consumidos por humanos.

2. METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica, uma revisão sistemática, foi feita na bases de dados Science Direct. Utilizou-se as palavras-chave “microplásticos+meio ambiente”, “microplásticos+animais” e “microplásticos+produtos”, “microplásticos+plantas”, “microplásticos+humanos” em português e inglês. Os artigos que não se concentram especificamente microplásticos e a presença deste material em meio abiótico, organismos vivos (plantas e animais), humanos e produtos, foram excluídos. Foram avaliados 25 artigos dos últimos três anos (2021-2023), sendo que 2023, ano corrente, apenas os publicados no primeiro semestre. A figura 1 apresenta as estratégias utilizadas até chegar nos artigos utilizados nesta revisão.

Figura 1: Estratégia de busca dos artigos utilizados nesta revisão bibliográfica.



Fonte: Autoria própria (2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à sua aplicabilidade, os itens de plástico são usados em todo o mundo, resultando em ampla dispersão e acúmulo de detritos plásticos em todos os ambientes terrestres e aquáticos. A degradação de polímeros plásticos produz partículas menores classificadas como microplásticos, quando menores que 5 mm, ou como nanoplásticos, quando menores que 1 μm (ROCHMAN, 2018). Nas seções a seguir serão apresentados resultados de pesquisas que procuraram analisar a presença de microplásticos em meio abiótico, biótico, seres humanos e produtos.

3.1 Microplásticos no meio abiótico

A distribuição de microplásticos, tipos, fontes e poluição sinérgica de microplásticos e metais pesados em solo agrícola em Chengdu, China foram analisados por Liao, Tang e Yang (2023). Os autores detectaram microplásticos em todas as amostras de solo coletadas em 103 locais, com concentrações variando de 1333 a 15067 partícula Kg^{-1} . A abundância de microplásticos em pastagens (12.667 ± 3394 partícula Kg^{-1}) foram duas vezes maior do que em campo aberto, campo vegetal, pomar e floresta. Os principais tipos morfológicos de



microplásticos incluíam fibras, filmes e grânulos (todos microplásticos “tridimensionais”), com as cores vermelho, azul e transparente. As composições plásticas foram principalmente plásticos de polipropileno e polietileno, representando 20,73% e 27,90% do microplástico do solo, respectivamente. Aplicações de plástico agrícola e água de irrigação foram as fontes de microplásticos do solo. A concentração de Cd, Cr e Cu nos microplásticos foi fortemente correlacionada com a concentração correspondente nos solos ($p < 0,01$), e a poluição sinérgica de microplásticos e metais pesados pode deteriorar o ambiente do solo. Os resultados das medições de Carbono Orgânico Total do solo foram influenciados por microplásticos.

Zhou *et al.* (2023) analisaram a presença e os caminhos dos microplásticos no sistema rural de água potável, incluindo reservatório, estação de tratamento de água (ETA) e água encanada dos usuários finais. Os resultados mostraram que os processos de tratamento na ETA, incluindo coagulação-sedimentação, filtração areia-granular de carvão ativo e ultrafiltração, removeu completamente os microplásticos do afluente. No entanto, a abundância de microplástico aumentou durante no transporte da ETA para as casas dos residentes, resultando na presença de 1,4 partículas/L de microplásticos na água da torneira. Esse aumento de microplástico também foi observado durante o transporte do reservatório para a ETA, sugerindo que a rede de tubos de plástico é uma fonte importante de microplásticos no sistema de água potável. Os principais tipos de polímeros foram PET, PP e PE, além disso, o estudo estimou que os residentes rurais poderiam ingerir até 1.034 microplásticos anualmente ao beber 2 L de água da torneira todos os dias. No geral, essas descobertas fornecem dados essenciais e informações preliminares sobre o destino dos microplásticos nos sistemas rurais de água potável.

A avaliação das quantidades e características da água e sedimento de uma caverna nos Estados Unidos foi o estudo de Hasenmueller *et al.* (2023). Durante uma inundação, amostras de água e sedimentos foram coletadas em 8 locais a cada ~25 m ao longo das passagens da caverna. Ambos os tipos de amostra foram avaliados para micropartículas antropogênicas, enquanto a água foi avaliada para geoquímica (por exemplo, espécies inorgânicas) e o sedimento foi avaliado quanto ao tamanho das partículas. Encontramos micropartículas antropogênicas em todas as amostras que eram principalmente fibras (91%). As concentrações de microplásticos foram semelhantes entre todas as amostras de sedimentos, mas apenas uma amostra de água na entrada principal continha microplásticos. Os resultados revelam que micropartículas antropogênicas invadem sistemas cársticos e são armazenadas em sedimentos.



Lee *et al.* (2023) investigaram o comportamento e a emissão de microplásticos das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), analisando quatro ETES com diferentes tecnologias de tratamento, incluindo anaeróbio-anóxico-aeróbico (A2O), reator sequencial batelada (SBR), meio e biorreator de membrana (MBR). O número de microplásticos detectados por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FT-IR) variou de 520 a 1820 partículas/L no afluente e de 0,56 a 2,34 partículas/L no efluente. A maioria dos microplásticos detectados foi categorizada como fragmentos e fibras, enquanto outros tipos dificilmente foram detectados. O tamanho de mais de 80% das partículas microplásticas detectadas nas ETES variou entre 20 e 300 μm , indicando que elas eram significativamente menores do que o limite de tamanho definido para microplásticos. Neste método, apenas quatro componentes, ou seja, polietileno, polipropileno, poliestireno e tereftalato de polietileno, foram analisados devido à limitação da análise, e a concentração total de microplástico representou a soma das concentrações de quatro componentes.

A abundância de microplástico, tamanho de partícula, forma, cor e tipo de polímero em camadas de solo de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 60 cm de sete tipos de uso da terra (floresta, pastagem, milho, trigo, algodão, túnel e estufa) foram sistematicamente investigados por Li *et al.* (2023) na cidade de Shouguang, uma típica cidade agrícola da China. Os resultados mostraram que a abundância média de microplásticos de cima para baixo para as três camadas de solo da cidade de Shouguang foram $1948,1 \pm 992,5$, $1349,4 \pm 654$ e $670,1 \pm 341,6$ itens Kg^{-1} . Na camada superior do solo (0–20 cm), a abundância de microplásticos nos solos das instalações foram significativamente maior do que em outros tipos de uso da terra. Em solos agrícolas, microplásticos foram predominantemente de tamanho pequeno ($<0,5$ mm), filmes e fragmentos, PE e PP. A abundância média de microplásticos em solos profundos (40–60 cm) dos sete tipos de uso da terra foi de $349,1 \pm 62,8$ (floresta), $284,9 \pm 113,9$ (prados), $657,1 \pm 127,1$ (milho), $537,8 \pm 137,4$ (trigo), $851,4 \pm 204,2$ (algodão), $878,5 \pm 295,7$ (politúnel), $1132,2 \pm 304,5$ (estufa) itens Kg^{-1} , respectivamente, respondendo por 11% a 19% em todas as três camadas do solo. A porcentagem de microplásticos de tamanho pequeno e pellets aumentou em solos profundos (40–60 cm). A análise de correlação mostrou que os fatores ambientais do solo (pH, EC, fósforo total, nitrogênio total e carbono orgânico) influenciaram em diferentes graus a distribuição, fragmentação e transporte de microplásticos.

3.2 Microplásticos nos animais

Os corais escleractinianos são as espécies fundamentais dos ecossistemas de recifes de coral que são grandemente afetados pelos microplásticos (MPs), mas pouco se sabe sobre os



efeitos dos microplásticos no azooxantelato de coral, logo logo Liao *et al.* (2021), fizeram esta pesquisa. Os autores estudaram os efeitos da exposição e ingestão de cloreto de polivinila (PVC), polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET) e poliamida66 (PA66) nas respostas fisiológicas de *Tubastrea aurea*. Os resultados mostram que os corais ingeriram microplásticos em quatro grupos de tratamento e a exposição aos microplásticos inibiu a capacidade antioxidante, o sistema imunológico, a calcificação e o metabolismo energético. A atividade enzimática chegou a diminuir 89,6%. Este trabalho fornece dados preliminares importantes para uma melhor compreensão dos efeitos dos MPs no azooxantelato de corais rochosos.

No estudo de Bruzaca *et al.* (2022), moluscos bivalves da espécie *Anomalocardia flexuosa*, capturados na região do estuário do Itapessoca em Pernambuco, Brasil, foram analisados. No total 90% dos indivíduos analisados pelos autores apresentaram partículas de MP em seus tecidos, sendo uma média de $5,15 \pm 3,80$ partículas de MP por indivíduo, e para cada grama de tecido mole foram encontradas $3,66 \pm 2,59$ partículas de MP. Os resultados mostraram que os MPs estão presentes em moluscos capturados no litoral pernambucano e que as espécies estudadas se mostraram adequadas para monitorar os níveis de poluição por microplásticos.

Um estudo realizado no Brasil por Schuab *et al.* (2023) teve como objetivo investigar a presença de microplásticos em tecidos de *A. brasiliiana*, animais encontrados no sudeste do Brasil. Foram coletados sete indivíduos de *A. brasiliiana* em uma praia no sudeste do Brasil, que foram dissecados para isolar o trato digestivo e as brânquias. No final, foram encontradas 1021 partículas microplásticas, 940 no tecido digestivo e 81 nas brânquias. Esses resultados representam o primeiro registro da presença de microplásticos na lebre marinha brasileira *A. brasiliiana*.

Zhu *et al.* (2023), examinaram MPs em 261 amostras de besouros de chifre longo (Coleoptera: *Cerambycidae*) coletadas em quatro cidades chinesas diferentes. A frequência de detecção de MPs em besouros de chifres longos de diferentes cidades foi de 68–88%. O tamanho médio dos MPs em besouros de chifres longos de quatro cidades chinesas foi de 381–690 μm . A fibra representou consistentemente a principal forma de MPs em besouros de chifres longos de diferentes cidades chinesas, contribuindo com 60, 54, 50 e 49% do total de itens de MPs. O polipropileno foi a principal composição polimérica dos MPs em besouros de chifres longos de Chengdu (68% do total de itens de MPs) e Kunming (40%). No entanto, o polietileno e o poliéster foram os principais tipos de composições poliméricas de MPs em besouros de chifres longos de Wuhan (39% do total de itens de MP) e Hangzhou (56%), respectivamente.



Esses dados são importantes para avaliar os riscos de exposição aos MPs para besouros de chifre longo.

Os microplásticos podem afetar adversamente os organismos aquáticos ao funcionar como vetores de substâncias tóxicas, pois podem adsorver poluentes químicos em suas superfícies e assim facilitar o acúmulo desses poluentes nos organismos aquáticos (SANTOS *et al.*, 2021).

No estudo de Takai *et al.* (2023), os autores conduziram um experimento de 14 dias (7 dias de exposição e 7 dias de depuração) com microplásticos de poliestireno (2 μm ou 10 μm de diâmetro) e antraceno, verificando a influência do microplástico na contaminação do antraceno. No último dia do período de exposição, a concentração de antraceno no músculo de Java medaka exposto tanto ao antraceno quanto aos microplásticos de poliestireno de 2 μm foi a mais alta ($47,4 \pm 15,2 \mu\text{g/g}$ de músculo) de qualquer grupo, seguida pelo grupo expostos a antraceno e microplásticos de poliestireno de 10 μm ($23,0 \pm 4,2 \mu\text{g/g}$ -músculo) e o grupo exposto apenas a antraceno ($11,2 \pm 2,2 \mu\text{g/g}$ -músculo). Esses resultados demonstraram que o tamanho dos microplásticos foi um determinante crítico de sua capacidade de servir como vetores do antraceno, mostrando que o microplástico é um facilitador para aumentar a contaminação.

3.3 Microplásticos nas plantas

O estudo de Kim *et al.* (2022) teve como objetivo investigar os efeitos crônicos dos MPs (poliestireno, 20 nm) sobre o estado reprodutivo e nutricional da cultura da ervilha (*Pisum sativum*) cultivado em solos contaminados com Cu (40 mg/kg) e MP (40, 20 mg/kg). O rendimento da cultura reduziu em todos os grupos, com evidente diminuição no grupo de exposição complexa (composto por MPs e Cu). Além disso, foram identificadas alterações significativas nas plantas em relação ao peso, cor, aminoácidos e teor de proteína das ervilhas. Além disso, os MPs que se infiltraram em tiras casparianas incompletas durante a formação das raízes translocaram-se para as partes aéreas através da via do apoplasto ao longo das paredes celulares do feixe vascular. Portanto, a exposição prolongada a MPs no solo pode afetar significativamente as plantas, enquanto a aplicação coletiva de Cu e MPs impôs danos graves.

O efeito de diferentes formas e tipos de microplásticos (fragmentos de LDPE, fragmentos de PVC e fibra de LDPE) em diferentes concentrações no crescimento da alface foi estudado por Hasan e Jho (2023), usando diferentes parâmetros de crescimento da planta, incluindo peso da raiz, peso da parte aérea, comprimento da raiz, comprimento da parte aérea



e conteúdo de clorofila. Os fragmentos de LDPE resultaram na redução dos teores de clorofila e na maior redução no peso da raiz do que os outros parâmetros de crescimento, enquanto os fragmentos de PVC resultaram na maior redução no peso da parte aérea do que os outros parâmetros. No geral, os resultados mostram que os pesos das raízes e os teores de clorofila mostraram efeitos dependentes da forma e do tipo de microplástico. Além disso, os resultados deste estudo mostraram que a extensão dos efeitos pode ser diferente dependendo dos tipos e formas de microplásticos, e os diferentes parâmetros de crescimento das plantas podem ser afetados de forma diferente.

Examinar e comparar os efeitos dos microplásticos em duas espécies de plantas monocotiledôneas (cevada, *Hordeum vulgare* e trigo, *Triticum aestivum*) e duas dicotiledôneas (cenoura, *Daucus carota* e alface, *Lactuca sativa*) por meio de dois experimentos complementares foi o estudo de Zantis *et al.* (2023). Primeiro, investigaram os efeitos de concentrações baixas, médias e altas de poliestireno de 500 nm (PS-MPs) na germinação e desenvolvimento inicial das sementes. Os microplásticos afetaram significativamente apenas a alface e a cenoura. Quando expostos de forma aguda durante a germinação, os PS-MPs atrasaram significativamente a germinação da alface em 24%, bem como promoveram o crescimento da parte aérea da cenoura em 71% e diminuíram a sua biomassa em 26%. Nenhum efeito foi registrado em espécies monocotiledôneas. Em um segundo momento, realizaram um experimento hidropônico crônico (21 dias) em alface e trigo, sendo que os PS-MPs reduziram significativamente o crescimento da parte aérea da alface em até 35% e aumentaram sua biomassa em até 64%, enquanto nenhum registro foi relatado no trigo. Os autores concluem que os MPs influenciam no desenvolvimento das culturas analisados além levantar a questão do que aconteceria se as plantas fossem expostas a vários fatores de *stress* (por exemplo, calor, metais), uma vez que nas terras agrícolas uma vasta gama de outros contaminantes estão presentes no solo.

O objetivo do estudo de Shorobi *et al.* (2023) foi avaliar o efeito dos microplásticos de polipropileno (PP-MPs) na germinação, crescimento e absorção de nutrientes pelas plantas em condições hidropônicas, sendo avaliados o tomate (*Solanum lycopersicum L.*) e o tomate cereja (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*). No tomate cereja, o alongamento da raiz aumentou significativamente em 34%. Os microplásticos também afetaram a absorção de nutrientes pelas plantas, no entanto, o efeito variou dependendo dos elementos e das espécies de plantas. A concentração de Cu aumentou substancialmente na parte aérea do tomate e diminuiu na raiz do tomate cereja. A absorção de nitrogênio diminuiu nas plantas tratadas com MP em comparação



com o controle e a absorção de fósforo diminuiu significativamente na parte aérea do tomate cereja. No entanto, a taxa de translocação da raiz para a parte aérea da maioria dos macronutrientes diminuiu após a exposição aos PP-MPs, indicando que a exposição a longo prazo aos MPs pode levar a um desequilíbrio nutricional nas plantas.

A toxicidade de microplásticos de polietileno (PE-MPs) com diferentes concentrações e tamanhos de partículas ou microplásticos de poliestireno (PS-MPs) em algas de água doce *Chlorella vulgaris* Beij (*C. vulgaris*) com um exposição de 11 dias foi a pesquisa de Wang *et al.* (2023). Os resultados indicaram que a eficiência fotossintética e o conteúdo de proteína solúvel total (TSP) diminuíram notavelmente aos 11 dias com o aumento da concentração de exposição a PE-MP. A formação de colônias e o conteúdo de pigmentos fotossintéticos diminuíram notavelmente após a exposição a PS-MPs em comparação com o controle ou PE-MPs com o mesmo tamanho de partícula. Os resultados sugerem que os microplásticos têm efeitos nocivos limitantes sobre as algas, principalmente na adsorção e no sombreamento.

3.4 Microplásticos em produtos

Liu *et al.* (2022) relataram que MPs foram detectadas em ovos, um alimento muito importante para os seres humanos, sendo a existência e distribuição dos MPs estudadas e analisadas pelos autores. Foram coletadas amostras de ovos de cinco fabricantes diferentes e os resultados mostraram que as MPs foram comumente encontradas nas amostras de ovos sendo sua forma principal pellet, com tamanho de partícula de 50–100 μm e uma concentração de cerca de $11,67 \pm 3,98$ partículas por ovo. Houve mais MPs nas gemas do que nas claras. Os autores acreditam que possam despertar mais a atenção das pessoas para a presença dos MPs na alimentação.

Quarenta e quatro amostras de água engarrafada de 18 marcas foram testadas por Parveen *et al.* (2022). As partículas de MP de tamanho de 1 a 30 μm , foram encontrada em todas as amostras testadas e foram identificadas como polipropileno ou tereftalato de polietileno. A contagem e o peso correspondente de MPs variaram entre 20 ± 5 a 127 ± 35 partículas/L e 56 ± 14 a $355,6 \pm 98$ mg/L, respectivamente. Simulações de Monte Carlo (50.000 iterações) foram feitas para estimar a ingestão diária crônica (CDI) MPs. O CDI para MPs foi de $7 \pm 2,61$ mg/(kg·dia), resultando em uma ingestão anual de 153,3 g. No geral, as informações quantitativas fornecidas por meio deste estudo têm grandes implicações para o consumo de água engarrafada com embalagens plásticas.



A análise 14 leites embalados de várias marcas vendidos no mercado de Turquia foram examinados por Basaran *et al.* (2023). Microplásticos foram encontrados em amostras de leite em duas formas diferentes (fibra e fragmento), cinco polímeros diferentes (acetato de vinil etileno, tereftalato de polietileno, polipropileno, poliuretano e nylon-6) e seis cores diferentes (preto, vermelho, verde, azul, marrom e cinza). O número médio de microplásticos nas amostras de leite analisadas foi de 6 ± 5 partículas/L. A exposição alimentar média para maiores de 15 anos foi de 0,21 partículas/mL/dia e 5289 partículas/mL/70 anos. Todas as amostras de leite têm um índice médio de risco de polímero microplástico de 255 ± 733 . O resultado deste estudo forneceu evidências de que os leites estão sendo contaminados por microplásticos principalmente durante o processo de produção, e não na embalagem, e sugere que para reduzir a contaminação por microplásticos no leite, todas as etapas devem ser aprimoradas, começando pela produção básica.

A presença e distribuição de microplásticos em dez marcas de refrigerantes na Turquia foram analisados por Altunışık (2023). De acordo com o fator de contaminação microplástica, 80% das amostras de refrigerantes indicaram alto nível de contaminação com microplásticos. As descobertas do estudo mostraram que cada litro de refrigerante consumido expõe as pessoas a cerca de nove partículas de microplástico, o que é uma dose moderada quando comparada aos níveis de exposição em pesquisas anteriores. Foi determinado que os processos de produção de garrafas e os substratos usados para a produção de alimentos podem ser as principais fontes desses microplásticos. Os componentes químicos desses polímeros microplásticos eram poliamida (PA), tereftalato de polietileno (PET) e polietileno (PE), e as fibras foram a forma dominante. Em comparação com os adultos, as crianças foram submetidas a cargas microplásticas maiores.

A análise de 15 marcas comerciais mais populares de cubos de gelo para alimentos embalados na Cidade do México em busca de microplásticos foi o objetivo da pesquisa de Shruti *et al.*, (2023). Microplásticos foram detectados em 100% das amostras avaliadas, com concentrações variando de 19 ± 4 a 178 ± 78 L, sendo os principais tipos polipropileno, polietileno, álcool polivinílico, polímero tygon, anel de vedação gardena 2824 grande, poliamida 6 e celofane. Os microplásticos que são fibrosos (87%), não coloridos (54%) e com menos de 300 μm de tamanho (63%) foram os mais prevalentes. Além disso, estimamos que o consumo de cubos de gelo na Cidade do México pode resultar na ingestão inadvertida de $4,9\times 10^2 \pm 3$, microplásticos anualmente. Os resultados do estudo revelaram que os



microplásticos foram identificados em cubos de gelo e podem ser transmitidos aos seres humanos, enfatizando a necessidade de gerenciar e erradicar essa contaminação dos alimentos.

3.5 Microplásticos nos humanos

A inalação de microplásticos também é uma preocupação, sendo assim Amato-Lourenço *et al.* (2021) analisaram a presença de microplásticos em tecidos pulmonares humanos obtidos em autópsias. Partículas poliméricas (n=33) e fibras (n=4) foram observadas em 13 das 20 amostras de tecido. Todas as partículas poliméricas eram menores que 5,5 μm e as fibras variavam de 8,12 a 16,8 μm . Os polímeros mais frequentemente determinados foram o polietileno e o polipropileno.

Um estudo realizado por Ragusa *et al.* (2022) analisou amostras de leite materno humano coletados em 34 mulheres, que foram analisadas por microespectroscopia Raman e, pela primeira vez, a contaminação por MP foi encontrada em 26 das 34 amostras. As micropartículas detectadas foram classificadas de acordo com sua forma, cor, dimensões e composição química. As MPs mais abundantes foram compostas por polietileno, policloreto de vinila e polipropileno, com tamanhos variando de 2 a 12 μm . Os dados do MP foram analisados estatisticamente em relação aos dados específicos dos pacientes (idade, uso de produtos de higiene pessoal contendo compostos plásticos e consumo de peixes/mariscos, bebidas e alimentos em embalagens plásticas), mas não foi encontrada relação significativa, sugerindo que a presença onipresente de MP torna a exposição humana inevitável.

A presença de microplásticos no escarro humano e a determinação se os humanos os inalavam involuntariamente foi alvo do estudo de Huang *et al.* (2022). Um total de 22 pacientes que sofrem de diferentes doenças respiratórias foram recrutados. Usamos um espectrômetro de imagem infravermelha a laser Agilent 8700 e um microscópio infravermelho com transformada de Fourier para analisar amostras de escarro e avaliar microplásticos no trato respiratório. Notavelmente, a faixa de tamanho do método para detectar microplásticos em neste estudo é de 20 a 500 μm . Os resultados mostraram que foram identificados 21 tipos de microplásticos, sendo o poliuretano o dominante, seguido do poliéster, polietileno clorado e verniz alquídico, representando 78,36% do total de microplásticos. A maioria dos microplásticos aspirados detectados tem tamanho menor que 500 μm (mediana: 75,43 μm ; intervalo interquartil: 44,67–210,64 μm). Os microplásticos são onipresentes em todo o escarro, indicando que a inalação é uma maneira potencial de os plásticos entrarem no corpo humano.



O estudo de Zhu *et al.* (2023) avaliou a presença e as características de microplásticos em 17 placentas usando espectroscopia de infravermelho direto a laser (LD-IR). Microplásticos foram detectados em todas as amostras de placenta, com abundância média de $2,70 \pm 2,65$ partículas/g, variando de 0,28 a 9,55 partículas/g. Entre esses microplásticos, foram identificados 11 tipos de polímeros. Os microplásticos eram compostos principalmente por cloreto de polivinila (PVC, 43,27%), polipropileno (PP, 14,55%) e succinato de polibutileno (PBS, 10,90%). Os tamanhos desses microplásticos variaram de 20,34 a 307,29 μm , e a maioria (80,29%) era menor que 100 μm . A maioria dos microplásticos menores eram fragmentos, mas as fibras dominaram os microplásticos maiores (200-307,29 μm). Curiosamente, a maioria do PVC e PP eram menores que 200 μm . O estudo forneceu uma compreensão mais clara da forma, tamanho e natureza dos microplásticos na placenta humana. É importante ressaltar que esses dados também fornecem informações cruciais para a realização de avaliações de risco da exposição de fetos a microplásticos no futuro.

Amostras de sêmen coletadas de homens que vivem em uma área poluída da região da Campânia (sul da Itália) foram analisadas por Montano *et al.* (2023), para avaliar a presença de MPs. Um total de 16 fragmentos microplásticos pigmentados (variando de 2 a 6 μm de tamanho) com formas esféricas ou irregulares foram encontrados em seis das dez amostras. A composição química mostrou a presença de polipropileno (PP), polietileno (PE), polietileno tereftalato (PET), poliestireno (PS), policloreto de vinila (PVC), policarbonato (PC), polioximetileno (POM) e acrílico, sugerindo ingestão e/ou inalação como via de exposição a MPs ambientais. Os autores trazem pela primeira vez um mecanismo pelo qual as MPs passam para o sêmen provavelmente através do epidídimo e das vesículas seminais, que são as mais suscetíveis à inflamação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É evidente que o plástico é amplamente utilizado e representa graves perigos para o ecossistema. É possível dizer facilmente que a vida de hoje depende de produtos de plástico e é impossível remover ou eliminar o plástico da vida.

Existem diversos tipos de MPs, variam muito, têm origens e cores diferentes, várias formas, muitos tipos de componentes e uma mistura de diferentes produtos químicos.

Os MPs contaminam a natureza de várias maneiras e têm diferentes efeitos sobre os seres vivos e os ecossistemas sendo mais perigoso que o plástico porque tem um tamanho



menor, podendo ser facilmente absorvidos por qualquer superfície e entrar facilmente na cadeia alimentar através de muitas formas.

Esta pesquisa apresentou a presença de microplástico em diferentes ambientes, contaminando animais, plantas e até mesmo os seres humanos, sendo um material perigoso e já considerado um contaminante de preocupação emergente.

A abundância generalizada de microplásticos e a ingestão por peixes, por exemplo, apontam para uma poluição em grande escala e generalizada nos ecossistemas aquáticos, sendo que as pessoas que consomem esses peixes poderão acumular este material no seu organismo.

Se o uso descontrolado de plástico permanecer por mais algum tempo, os danos poderão ser irreversíveis, uma vez que os estudos, recursos e tecnologias não serão suficientes para reparar uma contaminação que está se alastrando há anos por todo o mundo.

REFERÊNCIAS

ALTUNĐşđK, A. Prevalence of microplastics in commercially sold soft drinks and human risk assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 336, p. 117720, jun. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117720>. Acessado em: Jul. 2023.

AMATO-LOURENÇO, L. F. *et al.* Presence of airborne microplastics in human lung tissue. **Journal of Hazardous Materials**, v. 416, p. 126124, ago. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126124>. Acessado em: Jul. 2023.

BASARAN, B. *et al.* Microplastics in branded milk: dietary exposure and risk assessment. **Journal of Food Composition And Analysis**, p. 105611, ago. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105611>. Acessado em: Jul. 2023.

BRUZACA, D. N.A. *et al.* Occurrence of microplastics in bivalve molluscs *Anomalocardia flexuosa* captured in Pernambuco, Northeast Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 179, p. 113659, jun. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113659>. Acessado em: Jul. 2023.

HASAN, M. M.; JHO, E. H. Effect of different types and shapes of microplastics on the growth of lettuce. **Chemosphere**, v. 339, p. 139660, out. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139660>. Acessado em: Jul. 2023.

HASENMUELLER, E. A. *et al.* Cave sediment sequesters anthropogenic microparticles (including microplastics and modified cellulose) in subsurface environments. **Science of the Total Environment**, v. 893, p. 164690, out. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164690>. Acessado em: Jul. 2023.

HARIPRIYAN, U. *et al.* Bioremediation of organic pollutants: a mini review on current and critical strategies for wastewater treatment. **Archives Of Microbiology**, v. 204, n. 5, p. 1, 28



abr. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00203-022-02907-9>. Acessado em: Jul. 2023.

HUANG, S. *et al.* Detection and Analysis of Microplastics in Human Sputum. **Environmental Science & Technology**, v. 56, n. 4, p. 2476-2486, 24 jan. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.1c03859>. Acessado em: Jul. 2023.

KIM, D. *et al.* Translocation and chronic effects of microplastics on pea plants (*Pisum sativum*) in copper-contaminated soil. **Journal of Hazardous Materials**, v. 436, p. 129194, ago. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129194>. Acessado em: Jul. 2023.

LEE, J. *et al.* Detection of microplastic traces in four different types of municipal wastewater treatment plants through FT-IR and TED-GC-MS. **Environmental Pollution**, v. 333, p. 122017, set. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122017>. Acessado em: Jul. 2023.

LI, J. *et al.* Vertical distribution and characteristics of soil microplastics under different land use patterns: a case study of shouguang city, china. **Science of the Total Environment**, v. 903, p. 166154, dez. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166154>. Acessado em: Jul. 2023.

LIAO, Ba. *et al.* Effects of acute microplastic exposure on physiological parameters in *Tubastrea aurea* corals. **Marine Pollution Bulletin**, v. 165, p. 112173, abr. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112173>. Acessado em: Jul. 2023.

LIAO, Y.; TANG, Q.; YANG, J. Microplastic characteristics and microplastic-heavy metal synergistic contamination in agricultural soil under different cultivation modes in Chengdu, China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 459, p. 132270, out. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132270>. Acessado em: Jul. 2023.

LIU, Q. *et al.* Microplastics contamination in eggs: detection, occurrence and status. **Food Chemistry**, v. 397, p. 133771, dez. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133771>. Acessado em: Jul. 2023.

MONTANO, L. *et al.* Raman Microspectroscopy evidence of microplastics in human semen. **Science of The Total Environment**, v. 901, p. 165922, nov. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165922>. Acessado em: Jul. 2023.

PARVEEN, N. *et al.* Occurrence and Potential Health Risks Due to Trihalomethanes and Microplastics in Bottled Water. **Environmental Engineering Science**, v. 39, n. 6, p. 523-534, 1 jun. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1089/ees.2021.0295>. Acessado em: Jul. 2023.

RAGUSA, A. *et al.* Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk. **Polymers**, v. 14, n. 13, p. 2700, 30 jun. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/polym14132700>. Acessado em: Jul. 2023.

RAZEGHI, N. *et al.* Microplastic sampling techniques in freshwaters and sediments: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 19, n. 6, p. 4225-4252, 18 maio 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10311-021-01227-6>. Acessado em: Jul. 2023.



ROCHMAN, C. M. Microplastics research—from sink to source. **Science**, v. 360, n. 6384, p. 28-29, 6 abr. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aar7734>. Acessado em: Jul. 2023.

SANTOS, L. H. M. L. M.; RODRÍGUEZ-MOZAZ, S.; BARCELÓ, D. Microplastics as vectors of pharmaceuticals in aquatic organisms – An overview of their environmental implications. **Case Studies In Chemical And Environmental Engineering**, v. 3, p. 100079, jun. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100079>. Acessado em: Jul. 2023.

SCHUAB, J. M. *et al.* First record of microplastic in the Brazilian sea hare *Aplysia brasiliana* Rang, 1828 (*Mollusca: aplysiidae*). **Science of the Total Environment**, v. 895, p. 165156, out. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165156>. Acessado em: Jul. 2023.

SHOROBI, F. M. *et al.* Effect of polypropylene microplastics on seed germination and nutrient uptake of tomato and cherry tomato plants. **Chemosphere**, v. 329, p. 138679, jul. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138679>. Acessado em: Jul. 2023.

SHRUTI, V. C. *et al.* First evidence of microplastic contamination in ready-to-use packaged food ice cubes. **Environmental Pollution**, v. 318, p. 120905, fev. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120905>. Acessado em: Jul. 2023.

TAKAI, Y. *et al.* Size effect of polystyrene microplastics on the accumulation of anthracene for Java medaka (*Oryzias javanicus*). **Chemosphere**, v. 338, p. 139543, out. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139543>. Acessado em: Jul. 2023.

TANG, L. *et al.* Global occurrence, drivers, and environmental risks of microplastics in marine environments. **Journal of Environmental Management**, v. 329, p. 116961, mar. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116961>. Acessado em: Jul. 2023.

WANG, X. *et al.* Effects of microplastics on the growth, photosynthetic efficiency and nutrient composition in freshwater algae *Chlorella vulgaris* Beij. **Aquatic Toxicology**, v. 261, p. 106615, ago. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2023.106615>. Acessado em: Jul. 2023.

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, 22 dez. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.1c03924>. Acessado em: Jul. 2023.

YONG, C.; VALIYAVEETIL, S.; TANG, B. Toxicity of Microplastics and Nanoplastics in Mammalian Systems. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 5, p. 1509, 26 fev. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17051509>. Acessado em: Jul. 2023.

ZHOU, G. *et al.* Tracing microplastics in rural drinking water in Chongqing, China: their presence and pathways from source to tap. **Journal of Hazardous Materials**, v. 459, p. 132206, out. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132206>. Acessado em: Jul. 2023.



ZANTIS, L. J. *et al.* Species-dependent responses of crop plants to polystyrene microplastics. **Environmental Pollution**, v. 335, p. 122243, out. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122243>. Acessado em: Jul. 2023.

ZHU, J. *et al.* Microplastics in terrestrial insects, long-horned beetles (Coleoptera: *cerambycidae*), from china. **Science Of The Total Environment**, v. 888, p. 164197, ago. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164197>. Acessado em: Jul. 2023.

ZHU, L. *et al.* Identification of microplastics in human placenta using laser direct infrared spectroscopy. **Science of the Total Environment**, v. 856, p. 159060, jan. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159060>. Acessado em: Jul. 2023.