

CAPÍTULO 3

Ingestão de microplásticos: uma perspectiva ambiental e da saúde

Ana Luiza Carvalho Vieira

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-43-5.c3>

Resumo

Os microplásticos (MPs) são partículas de polímeros com dimensões inferiores a 5 mm, presentes no ambiente devido à fragmentação de resíduos plásticos e à fabricação industrial. A contaminação global por esses materiais rompeu a barreira ecológica e consolidou-se como uma emergência de saúde pública, dada a confirmação de sua presença nos alimentos e na água potável. Este capítulo examina a trajetória dos microplásticos desde a exposição ambiental até a interação com as células do corpo humano. É importante frisar a perspectiva bioquímica e molecular, detalhando como a ingestão dessas partículas desencadeia mecanismos de toxicidade celular, incluindo a ruptura da barreira epitelial intestinal, a indução de estresse oxidativo via espécies reativas de oxigênio (ROS) e a ativação de cascatas inflamatórias. Discute-se também o fenômeno das mudanças na flora intestinal e as consequências sistêmicas, que incluem riscos aos sistemas reprodutivo, respiratório e neurológico. O texto busca traduzir a complexidade das interações do corpo para uma linguagem acessível, alertando para os impactos crônicos desse poluente invisível.

Palavras chave: Microplásticos. Estresse Oxidativo. Barreira Intestinal.

Abstract

Microplastics (MPs) are polymer particles smaller than 5 mm in size, present in the environment due to the fragmentation of plastic waste and industrial manufacturing. Global contamination by these materials has broken the ecological barrier and become a public health emergency, given the confirmation of their presence in food and drinking water. This chapter examines the trajectory of microplastics from environmental exposure to interaction with human body cells. It is important to emphasize the biochemical and molecular perspective, detailing how the ingestion of these particles triggers mechanisms of cellular toxicity, including the disruption of the intestinal barrier, the induction of oxidative stress via reactive oxygen species (ROS), and the activation of inflammatory cascades. The phenomenon of changes in the intestinal flora and the systemic consequences, which include risks to the reproductive, respiratory, and neurological systems, are also discussed. The text seeks to translate the complexity of the body's interactions into accessible language, warning of the chronic impacts of this invisible pollutant.

Keywords: Microplastics. Oxidative Stress. Intestinal Barrier.

1. Introdução: o invisível que nos habita

A era moderna é frequentemente definida pela conveniência e durabilidade dos polímeros sintéticos. No entanto, o que foi projetado para ser indestrutível tornou-se um dos maiores passivos ambientais da história. Estudos recentes estimam que o ser humano médio pode ingerir quantidades alarmantes de plástico semanalmente, uma realidade que transforma a poluição ambiental em uma questão de toxicologia interna.

MPs são partículas com diâmetro entre 0,1µm e 5 mm. Eles podem ser classificados como primários, quando fabricados intencionalmente em tamanhos microscópicos (como em cosméticos e fármacos), ou secundários, resultantes da degradação física, química e biológica de objetos maiores, como garrafas plásticas, pneus e tecidos sintéticos.

A onipresença desses materiais é absoluta. Eles foram detectados desde as fossas oceânicas mais profundas até o topo de montanhas, permeando a água de torneira, o sal de cozinha, etc. O cenário atual não permite mais questionar "se" estamos expostos, mas sim, quais são as consequências dessa exposição crônica. Diferente de um objeto inerte que apenas atravessa o corpo, as evidências científicas apontam que os microplásticos interagem ativamente com nossas células, provocando reações bioquímicas que podem comprometer a homeostase do corpo.

Este capítulo propõe uma jornada pelo caminho que essas partículas percorrem, focando não apenas na ecologia, mas principalmente na biologia molecular e imunologia do processo, traduzindo como o corpo humano reage a essa invasão microscópica.

2. Rotas de exposição: do prato às células

A ingestão é a principal via de exposição humana aos microplásticos. Ocorre aqui o fenômeno da bioacumulação e biomagnificação trófica: organismos na base da cadeia alimentar ingerem as partículas, que se acumulam em seus tecidos; quando predadores maiores os consomem, a concentração de plástico aumenta progressivamente. As fontes comumente conhecidas incluem:

- a. Água e bebidas engarrafadas em plásticos:** mesmo que pareça paradoxal, a água engarrafada apresenta concentrações de MPs superiores à água da torneira, devido à liberação de partículas da própria embalagem e da tampa;
- b. Alimentos marinhos:** ostras, mexilhões e peixes pequenos, muitas vezes consumidos inteiros, são vetores diretos, pois filtram grandes volumes de água contendo partículas de MPs;
- c. Produtos processados:** a contaminação durante o processamento e empacotamento industrial introduz plásticos em alimentos como açúcar, sal e cerveja.

Uma vez ingeridos, a estabilidade química do plástico torna-se um desafio para nosso corpo: o sistema digestório humano não possui proteínas capazes de degradar esses polímeros de forma eficiente. Consequentemente, eles persistem no organismo, podendo causar danos físicos diretos ou iniciar processos inflamatórios complexos.

3. A interação bioquímica: o fim da inércia

A visão de que o plástico é biologicamente inerte está ultrapassada. Especialmente o poliestireno (PS), amplamente utilizado em estudos, promove respostas defensivas que podem evoluir para doenças crônicas.

d. A disfunção da barreira intestinal:

O intestino funciona como uma barreira seletiva sofisticada, permitindo a absorção de nutrientes e bloqueando toxinas. Essa proteção é mantida por uma camada de muco natural e por estruturas biológicas chamadas junções de oclusão, que mantêm as células epiteliais unidas.

Estudos científicos demonstram que a exposição a microplásticos compromete severamente essa artimanha celular. Partículas de PS, por exemplo, demonstraram a capacidade de reduzir a secreção de mucina intestinal, afinando a camada protetora do muco natural do intestino. Além da redução do muco, ocorre uma regulação negativa na produção de proteínas cruciais das junções de oclusão.

Sem essas "colas" moleculares, o espaço entre as células aumenta, resultando no fenômeno de "intestino permeável". Isso permite que não apenas os microplásticos, mas também bactérias e toxinas, translocam do intestino para o sangue, ativando o sistema imunológico de forma perigosa.

e. O estresse oxidativo: a "ferrugem" celular

Um dos mecanismos centrais da toxicidade é o estresse oxidativo. Quando as células tentam processar essas partículas estranhas, ocorre um excesso de Espécies Reativas de Oxigênio, conhecidas popularmente como Radicais Livres. Esse processo funciona como uma "ferrugem" biológica:

- i. **Danos às membranas:** ocorre a peroxidação lipídica, destruindo as gorduras boas que protegem as células;
- ii. **Colapso energético:** as mitocôndrias, estruturas celulares que produzem energia, sofrem disfunção, aumentando ainda mais a produção de ROS em um ciclo vicioso de morte celular (apoptose).

f. A via inflamatória NF-κB/NLRP3: a gestão de crise

Do ponto de vista imunogenético, o corpo responde ao plástico através de um "botão" da inflamação: o fator nuclear kappa B (NF-κB):

- i. Ao ser ligado pelo estresse oxidativo, o NF-κB ordena a produção de moléculas específicas (citocinas inflamatórias);
- ii. Isso prepara o um complexo de proteínas (inflamassoma NLRP3) para liberar uma forte mensagem de inflamação (a IL-1β);
- iii. O aumento de IL-1β estimula a proteína MLCK, que altera o esqueleto da célula e força a abertura das junções de oclusão. Assim, a inflamação gera mais permeabilidade, que permite a entrada de mais plástico, retroalimentando o ciclo destrutivo do corpo.

4. O microbioma e a disbiose: um ecossistema em colapso

Nosso intestino abriga trilhões de microrganismos que desempenham papéis fundamentais na digestão, imunidade e metabolismo. A introdução de

microplásticos nesse ambiente causa uma perturbação ecológica conhecida como disbiose.

As partículas plásticas não são apenas inertes fisicamente; elas podem servir de alimento para o desenvolvimento de populações bacterianas seletivas. Estudos indicam que a presença de MPs altera a composição da microbiota, reduzindo a diversidade de bactérias benéficas (como os *Bacteroidetes*) e favorecendo a proliferação de patógenos e bactérias oportunistas (como *Proteobacteria* e *Staphylococcus*).

Essa alteração na flora bacteriana tem consequências metabólicas profundas no organismo. Bactérias benéficas são responsáveis por produzir ácidos graxos que nutrem as células do intestino e regulam o sistema imune. Com a sua diminuição, o intestino torna-se mais vulnerável à inflamações e infecções. Além disso, os microplásticos podem atuar como vetores, ou "cavalos de Troia", transportando bactérias resistentes a antibióticos e outros contaminantes químicos absorvidos do ambiente diretamente para o intestino.

5. Além do intestino: impactos sistêmicos

Uma vez que a barreira intestinal é rompida, partículas menores (nanoplásticos) entram na corrente sanguínea. Estas já foram detectadas no fígado, placenta, leite materno e até no sangue humano.

5.1. O eixo intestino-cérebro:

A inflamação intestinal libera moléculas no sangue que podem atingir o sistema nervoso e comprometer a barreira hematoencefálica. No cérebro, essas partículas ou a inflamação sistêmica ativam a microglia (células de defesa cerebral), gerando uma neuroinflamação crônica, que é fator de risco para doenças como Alzheimer e Parkinson.

5.2. Riscos reprodutivos e respiratórios:

No sistema reprodutivo, o estresse oxidativo pode danificar células germinativas e reduzir a qualidade do esperma. Além disso, aditivos como bisfenol e ftalatos atuam como disruptores endócrinos, mimetizando hormônios e prejudicando a fertilidade e o desenvolvimento fetal.

Na via respiratória, partículas inaladas podem causar lesões pulmonares e inflamação crônica semelhantes às observadas no intestino, sendo muitas vezes deglutidas após a limpeza mucociliar.

6. Discussão e conclusão:

A ingestão de microplásticos representa um desafio contemporâneo que une a crise ambiental à biologia celular. O que antes era visto apenas como "sujeira" nos oceanos, agora é compreendido como um agente tóxico complexo capaz de interagir com a maquinaria molecular da vida.

A ciência demonstra que os microplásticos agem como estressores físicos e químicos. Eles desgastam o revestimento protetor do intestino, induzem as células a um estado de estresse oxidativo, ativam vias inflamatórias potentes e desequilibram a flora intestinal. As consequências não são locais, mas sistêmicas, com riscos potenciais para o cérebro, a reprodução e o metabolismo.

Entender esses mecanismos bioquímicos é o primeiro passo para mitigar os danos. No entanto, a solução definitiva reside na redução da produção e consumo de plásticos, no aprimoramento das tecnologias de filtragem de água e na biorremediação. A saúde humana é indissociável da saúde ambiental; proteger o meio ambiente de polímeros sintéticos é, em última análise, uma medida de medicina preventiva para preservar a integridade celular das futuras gerações.

7. Referências

BORA, S. S.; GOGOI, R.; SHARMA, M. R.; ANSHU; BORAH, M. P.; DEKA, P.; BORA, J.; NAOREM, R. S.; DAS, J.; TELI, A. B. *Microplastics and human health: unveiling the gut microbiome disruption and chronic disease risks*. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 14, 1492759, 2024.

CHARTRES, N.; COOPER, C. B.; BLAND, G.; PELCH, K. E.; GANDHI, S. A.; BAKENRA, A.; WOODRUFF, T. J. *Effects of Microplastic Exposure on Human Digestive, Reproductive, and Respiratory Health: A Rapid Systematic Review*. **Environmental Science & Technology**, v. 58, p. 22843–22864, 2024.

HUFNAGL, K.; SOFIELD, C. E.; ANDERTON, R. S.; GORECKI, A. M. *Mind over Microplastics: Exploring Microplastic-Induced Gut Disruption and Gut-Brain-Axis*

Consequences. **Current Issues in Molecular Biology**, v. 46, p. 4186–4202, 2024.

JOMOVA, K.; KADAC-CZAPSKA, K.; OŠKO, J.; KNEZ, E.; GREMBECKA, M. *Microplastics and Oxidative Stress - Current Problems and Prospects*. **Antioxidants**, v. 13, n. 5, 579, 2024.

WU, S.; ZENG, G.; LI, J.; WANG, Y.; SU, J.; LU, Z.; ZHANG, F.; DING, W. *Polystyrene microplastic-induced oxidative stress triggers intestinal barrier dysfunction via the NF- κ B/NLRP3/IL-1 β /MLCK pathway*. **Environmental Pollution**, v. 345, 123473, 2024.

Autores

Ana Luiza Carvalho Vieira

Programa de Pós graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Maringá