Microplásticos na alimentação na área de alimentação coletiva: fontes e implicações na saúde humana – Revisão Temática

Microplastics in Food within the Context of Collective Catering: Sources and Implications for Human Health – Literature Review

Andreia Cristina Delgado Costa

ORIENTADO POR: DRA. ÂNGELA ALMEIDA (GERTAL-DSA)

REVISÃO TEMÁTICA
1.º CICLO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO | UNIDADE CURRICULAR ESTÁGIO
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO

TC

PORTO, 2026

Resumo

Microplásticos são contaminantes emergentes originados da degradação de materiais plásticos, com evidência crescente de exposição humana ao mesmos, através da cadeia alimentar. Esta revisão teve como objetivo resumir o conhecimento atual sobre a sua ocorrência, fontes e potenciais efeitos na saúde humana, com foco na exposição dietética e toxicidade sistémica.

A evidência mostra que os microplásticos estão amplamente presentes em produtos alimentares, incluindo marisco, sal, bebidas e alimentos de origem vegetal, bem como em materiais de processamento e embalagem alimentar. A ingestão é considerada a principal via de exposição, particularmente na preparação alimentar com uso intensivo de materiais plásticos.

Estudos experimentais sugerem que os microplásticos podem induzir toxicidade através de stress oxidativo, inflamação, disfunção mitocondrial e desregulação metabólica, afetando múltiplos sistemas biológicos, incluindo digestivo, imunitário, endócrino, reprodutor, cardiovascular e nervoso.

Embora a evidência em humanos ainda seja limitada, foram reportadas associações com efeitos metabólicos, reprodutivos e neurocognitivos. Os microplásticos também foram detetados em tecidos e fluidos humanos, indicando exposição sistémica.

No entanto, as relações causais em humanos permanecem não confirmadas devido a limitações metodológicas e heterogeneidade entre estudos.

Palavras-Chave: Microplásticos; Saúde; Contaminação Alimentar; Efeitos adversos; Toxicidade

Abstract

Microplastics are emerging contaminants originating from the degradation of plastic materials, with increasing evidence of human exposure through the food chain. This review aimed to summarize current knowledge on their occurrence, sources, and potential health effects in humans, focusing on dietary exposure and systemic toxicity.

Evidence shows that microplastics are widely present in environmental compartments and food products, including seafood, salt, beverages, and plant-based foods, as well as in food processing and packaging materials. Ingestion is considered the main exposure route, particularly in food preparation with extensive use of plastic materials.

Experimental studies suggest that microplastics may induce toxicity through oxidative stress, inflammation, mitochondrial dysfunction, and metabolic disruption, affecting multiple biological systems, including digestive, immune, endocrine, reproductive, cardiovascular, and nervous systems. Although human evidence is still limited, associations have been reported with metabolic, reproductive, and neurocognitive effects. Microplastics have also been detected in human tissues and fluids, indicating systemic exposure.

However, causal relationships in humans remain unconfirmed due to methodological limitations and heterogeneity across studies.

Keywords: Microplastics; Health; Food Contamination; Adverses effects; Toxicity

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

EA- Exposição Alimentar

MPs- Microplásticos

PI3K/AKT – fosfatidilinositol 3-quinase

ROS- Espécies Reativas de Oxigénio

Sumário

Resumo i

Abstract ii

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos iii

Introdução 1

Metodologia 2

Fontes de MPs na cadeia alimentar 2

Contaminação por MPs durante o processamento e preparação dos alimentos. 4

Destino dos MPs no organismo humano 7

Mecanismos de toxicidade dos MPs 7

Riscos potenciais à saúde associados à exposição a MPs 8

Estratégias futuras para a redução da exposição a MPs 14

Análise crítica 14

Conclusões 15

Referências 16

Introdução

A produção e utilização de plásticos aumentaram significativamente desde a sua comercialização em larga escala na década de 1950. As suas características, nomeadamente a versatilidade, resistência, baixo peso e baixo custo de fabrico, favoreceram a sua ampla aplicação em diversos setores e contribuíram para o aumento da produção global [(1)].

Os microplásticos (MPs) são partículas de plástico microscópicas, geralmente formadas pela fragmentação de objetos plásticos de maiores dimensões sob a ação de processos físicos, químicos, mecânicos e biológicos. A sua persistência, associada à baixa biodegradabilidade dos polímeros plásticos e ao aumento contínuo da produção mundial de plástico, tem contribuído para a sua acumulação e ampla distribuição nos diferentes compartimentos ambientais [(2)].

A presença de MPs no ambiente favorece a sua entrada na cadeia alimentar, tendo sido detetados em diversas fontes alimentares, incluindo produtos de origem marinha e alimentos de consumo frequente. Para além da contaminação ambiental das matérias-primas, materiais em contacto com alimentos podem constituir uma via adicional de exposição, através da libertação de partículas durante a utilização de produtos como embalagens e utensílios plásticos [(3)].

A alimentação coletiva constitui um contexto relevante na avaliação da exposição a MPs, devido à preparação diária de um elevado número de refeições em unidades como escolas, hospitais e cantinas. Ao longo do processo produtivo, os alimentos entram em contacto com diversos materiais e utensílios, incluindo tábuas de corte, recipientes de armazenamento, embalagens e equipamentos utilizados na confeção das refeições. A utilização intensiva destes materiais, particularmente

os de origem plástica, pode aumentar o potencial de desgaste e a possibilidade de transferência de partículas para os alimentos, sendo este aspeto reconhecido como uma possível via de exposição alimentar (EA) [4]. Esta revisão tem como objetivo analisar as principais fontes de MPs na alimentação, com particular destaque para o contexto da alimentação coletiva, e explorar as potenciais implicações da exposição aos MPs na saúde humana.

Metodologia

Para a realização desta revisão temática foi efetuada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed e Scopus. A pesquisa foi realizada utilizando combinações dos seguintes termos: ("microplastics") AND ("food" OR "food contamination" OR "food contact materials" OR "food service" OR "collective catering" OR " Kitchen Utensils") AND ("health" OR "human health" OR "health effects").

Foi priorizado o uso de revisões sistemáticas e meta-análises, tendo sido também incluídos artigos identificados nas referências das revisões, publicados nos últimos 10 anos, de forma a garantir a atualidade da evidência científica. No total, foram selecionados 33 artigos para análise e desenvolvimento da presente revisão.

Fontes de MPs na cadeia alimentar

Desde que o conceito de MPs foi introduzido em 2004, estas partículas têm sido identificadas em diversos compartimentos ambientais e organismos em todo o mundo. Como consequência da sua ampla distribuição, a exposição humana a MPs tem sido amplamente documentada, sendo as fontes alimentares consideradas uma das principais vias de entrada destas partículas no organismo[3, 5].

Já foi reportada a presença de MPs em mais de 690 espécies marinhas, incluindo peixes, moluscos, crustáceos, equinodermes e mamíferos marinhos. A ingestão destas partículas pelos organismos aquáticos favorece a sua acumulação nos tecidos e a sua transferência ao longo da cadeia trófica, permitindo que espécies destinadas ao consumo humano, como peixes, bivalves e crustáceos, constituam uma potencial via de EA a MPs [6].

Também foram encontrados MPs, em diversos produtos alimentares, nomeadamente mel, leite, cerveja, produtos da pesca, sal de cozinha e água potável. Embora seja possível limitar o consumo de alguns alimentos, como mel, cerveja ou produtos da pesca, a exposição através do sal de cozinha, da água potável permanece praticamente inevitável [5].

A presença de MPs na cadeia alimentar terrestre tem sido identificada como uma possível via de entrada destas partículas nos alimentos de origem animal. Estes podem ser detetados em matérias-primas utilizadas na alimentação animal, como farinha de peixe e farinha de soja, sugerindo a sua transferência para a cadeia de produção pecuária. Os animais podem ainda ser expostos a MPs através da ingestão de ração contaminada, do consumo de plantas ou invertebrados contaminados e do contacto com partículas presentes no ambiente, incluindo resíduos plásticos. Em animais de produção, a presença de MPs tem sido maioritariamente observada no trato gastrointestinal, incluindo em bovinos, ovinos e caprinos, indicando uma exposição ambiental relevante. Contudo, a evidência sobre a sua presença em tecidos musculares, mais frequentemente consumidos pelo ser humano, permanece limitada, com alguns estudos a não detetarem MPs nestes tecidos,

sugerindo possível baixa transferência ou limitações metodológicas na sua deteção[7, 8].

A presença de MPs tem sido reportada em frutas e vegetais de consumo comum, como maçãs, peras, cenouras, alface, tomate e brócolos, constituindo uma potencial via de exposição alimentar. Entre estes alimentos, **a maçã tem sido identificada como a fruta com as concentrações mais elevadas de MPs**. A contaminação poderá ocorrer através do solo, da água de rega, do ar e de práticas agrícolas, sendo a lavagem dos alimentos uma medida que pode contribuir para reduzir a exposição aos MPs[9, 10].

Os produtos de panificação constituem outra potencial fonte de exposição alimentar a MPs. A contaminação pode ocorrer tanto através das matérias-primas utilizadas, como farinha, sal e açúcar, nas quais já foi reportada a presença destas partículas, como durante o próprio processo de fabrico. A utilização de utensílios e equipamentos de panificação contendo materiais plásticos, incluindo formas e revestimentos antiaderentes, pode favorecer a libertação de MPs, sobretudo quando sujeitos a temperaturas elevadas e a utilizações repetidas [11].

Contaminação por MPs durante o processamento e preparação dos alimentos

Para além da contaminação das matérias-primas, o processamento e a preparação dos alimentos constituem importantes fontes de exposição a MPs. Durante estas etapas, os alimentos entram em contacto com diversos materiais plásticos, incluindo utensílios, recipientes, embalagens, equipamentos, panelas com revestimento antiaderente, tábuas de corte e colheres de plástico, cuja degradação pode favorecer a libertação e subsequente transferência de MPs para os alimentos. A libertação de MPs resulta sobretudo da ação de forças mecânicas, do desgaste provocado pela utilização repetida e da exposição a temperaturas

elevadas, fatores que aceleram o envelhecimento dos materiais plásticos. Este envelhecimento promove alterações na estrutura do polímero, como a formação de poros, fissuras e microfraturas, aumentando a sua área superficial e tornando-o mais suscetível à fragmentação, à libertação de partículas e à adsorção de compostos químicos [12]. Em unidades de alimentação coletiva, este fenómeno pode ser particularmente relevante devido à elevada frequência de utilização dos utensílios e equipamentos plásticos, à sua reutilização contínua, aos ciclos repetidos de lavagem. Estas condições potenciam a degradação dos materiais ao longo do tempo e podem aumentar a libertação de MPs, favorecendo a sua transferência para os alimentos e, consequentemente, a exposição dos consumidores [12]. Entre as fontes mais estudadas de libertação de MPs durante a preparação dos alimentos destacam-se as tábuas de corte plásticas. A libertação destas partículas ocorre principalmente devido à interação física entre a faca e a superfície da tábua, sendo intensificada pela aplicação de força durante o corte, sobretudo de alimentos mais rígidos, o que acelera o desgaste e a fragmentação do polímero. Esta relação foi demonstrada em estudos realizados no setor alimentar, nos quais a contaminação por MPs em carne de frango (0,03 ± 0,04 a 1,19 ± 0,72 partículas/g) e em peixe (0,014 ± 0,024 a 2,6 ± 2,8 partículas/g) aumentou em função do grau de desgaste das tábuas de corte.[13]

Estudos mostraram que através de microscopia eletrónica de varrimento, estimou-se que uma única passagem de corte pode libertar entre 100 e 300 MPs por milímetro do sulco formado, atingindo cerca de 3000 partículas por mm^2 nas áreas mais desgastadas[14].Nos alimentos, os polímeros mais frequentemente identificados são o polietileno (PE), o polietileno tereftalato (PET) e o

polipropileno (PP), materiais amplamente utilizados no fabrico de embalagens alimentares e tábuas de corte[11, 15]. Este aspeto assume particular relevância em contextos de alimentação coletiva, onde a utilização intensiva e repetida destes materiais ao longo da preparação, confeção e distribuição das refeições poderá aumentar o potencial de transferência de MPs para os alimentos[11, 12, 16].

A interação entre as práticas culinárias e os níveis de MPs nos alimentos é uma questão multifacetada e complexa. Para além das fontes de contaminação associadas ao processamento, os métodos de confeção desempenham igualmente um papel importante na presença de MPs nos alimentos finais, influenciando tanto a sua quantidade como as suas características físicas, nomeadamente o tamanho e a morfologia. Estudos demonstram que diferentes métodos de confeção podem influenciar significativamente a quantidade de MPs presentes nos alimentos. Observou-se ainda que a fritura pode reduzir o teor de MPs no peixe, enquanto o cozimento a vácuo tende a aumentá-lo. Em produtos como vieiras, verificou-se uma diminuição dos MPs após cozedura a vapor e fervura, mas um aumento após fritura, sugerindo que o método de confeção desempenha um papel determinante no conteúdo final de MPs dos alimentos. Além disso, o processo de confeção pode alterar as características físicas destas partículas. Em peixes frescos, o tamanho médio dos MPs foi de 192,0 ± 89,1 µm, aumentando para 316,7 ± 116,4 µm após a assadura. Em mexilhões cozidos, ao vapor e fritos, observou-se um aumento da proporção de MPs fibrosos de 45% para 75%, 75% e 84,6%, respetivamente, enquanto a proporção de fragmentos diminuiu de 50% para 25%, 25% e 15,4%, respetivamente. Estes resultados indicam que a escolha do método de confeção pode influenciar não apenas a quantidade, mas também as características dos MPs presentes no alimento final [12].

Destino dos MPs no organismo humano

A evidência disponível indica que os MPs podem ser detetados em diferentes tecidos e fluidos biológicos humanos, sugerindo a sua potencial translocação para além do trato gastrointestinal. Estudos reportam a sua presença em órgãos associados ao sistema respiratório e digestivo, bem como em fluidos como leite materno e sémen. A figura 2, baseada em dados previamente publicados, resume os principais locais de deteção e as características das partículas identificadas.

Samples	Abundâncias	Tipos de polímero	Tamanho, formato e cor	Árbitro
Pulmão	1420 ± 1500 itens/kg	PP, PET, PE, PS, resina, PTFE	comprimento (223,10 ± 436,16 µm), largura (22,21 ± 20,32 µm); fibras, fragmentos e filmes; branco, cinza, transparente, bege, marrom, preto e amarelo	(Jenner et al., 2022, Amato-Lourenço et al., 2021)
Trato respiratório inferior	91,8 ± 24,5 itens/L	raíon, algodão, poliéster, celulose, poliacrílico	1,73 ± 0,15 mm; fibras; branco, azul, vermelho, preto e marrom	(Baeza-Martínez et al., 2022)
Fígado Baço	4600 itens/kg 1100 itens/kg	PET, PS, PVC, PP, PMMA, POM	0–30 µm; fragmentos; NA	(Horvatits et al., 2022)
Cólon	28100 ± 15400 itens/kg	PC, PA, PP	0,8–1,6 mm; filamentos e fibras; transparente, preto, vermelho, verde, azul, marrom, roxo e amarelo	(Ibrahim et al., 2021)
Placenta	3 itens/amostra	PP	5–10 µm; NA; vermelho, rosa, azul, violeta e laranja	(Ragusa et al., 2021)
Sangue	1,6 mg/L	PMMA, PP, PS, PE, PET	700–500.000 milhas náuticas; NA; NA	(Leslie et al., 2022)
Leite materno	0–2720 itens/kg	PP, PE, PVC, PS, PA, PC, PES	2–12 µm; peças e esferas irregulares; azul, amarelo, vermelho, branco, marrom e preto	(Ragusa et al., 2022)
Fezes	2000 itens/kg	PP, PET, PS, PE	50–500 µm; fragmentos, filmes, esferas e fibras; NA	(Schwabl et al., 2019)
Catarro	1875–9175 itens/L	PU, CPE, PET, PVC	20–500 µm; NA; NA	(Huang et al., 2022)
Testis	11600 ± 15520 itens/kg	PS, PVC, PP, PE	83,15 ± 56,25 µm; fragmentos, fibras, membranas, subesféricas;	(Zhao et al., 2023)

Figura 1:Microplásticos encontrados em diferentes partes do corpo humano. Adaptado de [12]

Mecanismos de toxicidade dos MPs

A toxicidade dos MPs tem sido principalmente associada a três grandes mecanismos interligados: stress oxidativo, inflamação e alterações metabólicas. O stress oxidativo ocorre quando existe um desequilíbrio entre a produção de

espécies reativas de oxigénio (ROS) e os sistemas antioxidantes celulares, conduzindo a danos em estruturas celulares, disfunção mitocondrial e ativação de processos de morte celular programada. Este mecanismo é amplamente reportado em diferentes modelos experimentais, sugerindo ser uma via central na toxicidade induzida por MPs. Paralelamente, a exposição a MPs pode ativar respostas inflamatórias, com aumento da libertação de citocinas pró-inflamatórias e ativação de vias de sinalização associadas ao sistema imunitário. Estas respostas contribuem para lesão tecidular e disfunção funcional em diferentes órgãos, reforçando o papel da inflamação como um mecanismo-chave na toxicidade destas partículas [17].

Além disso, evidências indicam que os MPs podem interferir com processos metabólicos essenciais, incluindo o metabolismo da glucose, dos lípidos e da energia. Estas alterações estão associadas a fenómenos como resistência à insulina, disfunção hepática e desequilíbrios energéticos. Importa salientar que estes mecanismos não atuam de forma isolada, uma vez que o stress oxidativo e a inflamação tendem a potenciar as alterações metabólicas observadas, contribuindo para efeitos sistémicos mais amplos descritos em estudos experimentais [3].

Riscos potenciais à saúde associados à exposição a MPs

Sistema digestivo

Evidências experimentais sugerem que os MPs podem interferir no sistema digestivo, afetando a absorção de nutrientes, nomeadamente lípidos e vitamina D, através da interação com nutrientes e possível redução da sua biodisponibilidade, bem como da alteração da atividade enzimática intestinal[18, 19]. Alterações da microbiota intestinal têm sido observadas em modelos animais,

com mudanças na abundância e diversidade bacteriana associadas à exposição a diferentes tipos e concentrações de MPs [19, 20]. Em modelos celulares humanos, a exposição a MPs tem sido relacionada com stress oxidativo, disfunção mitocondrial e comprometimento da barreira intestinal, o que pode contribuir para processos inflamatórios e disfunção gastrointestinal. Adicionalmente, os MPs podem atuar como vetores de contaminantes químicos, como metais pesados, embora a sua libertação dependa das características das partículas e das condições do meio digestivo [19, 21]. Um estudo que analisou fezes de indivíduos com doença inflamatória intestinal (DII) e de indivíduos saudáveis encontrou concentrações significativamente mais elevadas de MPs nos pacientes com DII. Foram identificados vários tipos de MPs nas fezes, predominando o polietileno tereftalato e a poliamida, principalmente sob a forma de fibras e fragmentos. Os resultados sugerem uma possível associação entre a concentração fecal de MPs e a gravidade da DII, embora não estabeleçam causalidade [22].

Sistema Imunológico

Evidências experimentais sugerem que a exposição a MPs pode interferir na função do sistema imunitário, sendo reconhecida pelo organismo como uma fonte de estímulo inflamatório. Estes efeitos incluem ativação de respostas imunes anómalas, com alterações em marcadores inflamatórios e possíveis fenómenos de imunossupressão. Em modelos animais, a exposição a MPs tem sido associada a alterações na atividade de células imunes, incluindo modulação de linfócitos, macrófagos e neutrófilos, bem como desequilíbrios na resposta inflamatória. Alguns estudos também indicam efeitos sistémicos, com impacto em órgãos imunitários como o baço e alterações na proporção de subpopulações celulares.

Adicionalmente, há evidências de efeitos em fases precoces de desenvolvimento, sugerindo possíveis alterações imunológicas em descendentes após exposição parental, embora estes resultados sejam ainda limitados a modelos experimentais [12, 23].

Sistema endócrino

A presença de aditivos associados aos plásticos, alguns dos quais com atividade de desregulação endócrina, pode interferir na síntese, secreção e metabolismo hormonal, afetando o equilíbrio do sistema endócrino. Evidências experimentais indicam que a exposição a MPs pode induzir alterações em hormonas tiroideias e em outros eixos hormonais reguladores. Em modelos animais, foram observadas alterações nos níveis de hormonas da tiroide, bem como disfunções no eixo hipotálamo–hipófise–gonadal, com impactos na função reprodutiva, incluindo alterações na produção de hormonas sexuais, na maturação gonadal e na qualidade dos gâmetas. Estas alterações sugerem um potencial efeito dos MPs na fertilidade e na regulação hormonal [24].

Além disso, estudos em organismos modelo indicam que a exposição a MPs pode afetar vias hormonais associadas ao metabolismo e à resposta ao stress oxidativo, sugerindo impactos sistémicos mais amplos para além da função reprodutiva [25].

Sistema reprodutor

Foi reportada a presença de MPs e nanoplásticos em diferentes tecidos e fluidos associados ao sistema reprodutor humano, incluindo sémen, líquido folicular ovariano e placenta [26]. Em termos gerais, observa-se uma possível redução da qualidade reprodutiva, incluindo diminuição da qualidade do esperma, alterações na espermatogénese e perturbações na função testicular [26].

No sistema reprodutor feminino, a exposição a estas partículas pode interferir com a função ovariana e com a regulação hormonal, afetando processos essenciais como a maturação folicular, a ovulação e a capacidade de implantação embrionária. Estas alterações podem contribuir para uma diminuição da fertilidade e maior risco de disfunções reprodutivas [21, 27].

Adicionalmente, evidências em estudos clínicos sugerem uma possível associação entre a exposição a MPs e desfechos adversos na gravidez, incluindo alterações no tempo gestacional e aumento do risco de restrição de crescimento intrauterino. Estes achados reforçam a hipótese de que a exposição materna pode estar relacionada com efeitos no desenvolvimento fetal, embora os mecanismos envolvidos ainda não estejam completamente esclarecidos [28].

Sistema Cardiovascular

Embora a evidência em humanos ainda seja limitada, estudos in vitro sugerem que os MPs podem ter efeitos adversos no sistema cardiovascular, incluindo stress oxidativo, disfunção mitocondrial, inflamação, apoptose e alterações na função de células cardíacas e vasculares.

Estudos observacionais também identificaram MPs em placas ateroscleróticas e trombos humanos, sugerindo possível translocação para a circulação e associação com maior inflamação, alterações da coagulação e maior gravidade de doença cardiovascular, incluindo eventos como enfarte e AVC. No entanto, apesar destas associações, ainda não é possível estabelecer uma relação causal, sendo necessários mais estudos para confirmar o impacto dos MPs na saúde cardiovascular[29] [30].

Sistema Nervoso Central

Estudos experimentais sugerem que a exposição a microplásticos (MPs) pode afetar o sistema nervoso central através de vários mecanismos de toxicidade, incluindo stress oxidativo, neuroinflamação, ativação da micróglia, aumento de citocinas pró-inflamatórias, disfunção mitocondrial e alterações no metabolismo energético neuronal. Um mecanismo importante é a possível capacidade dos MPs atravessarem ou comprometerem a barreira hematoencefálica, permitindo a sua entrada e acumulação no cérebro [31].

A acumulação tem sido observada sobretudo no córtex pré-frontal e no hipocampo, regiões associadas à memória e aprendizagem. Em modelos animais, isto está relacionado com défices cognitivos, alterações de memória e perturbações comportamentais, podendo também envolver processos inflamatórios e danos vasculares, embora estes efeitos ainda estejam pouco confirmados [32].

Em humanos, a evidência é limitada, mas alguns estudos observacionais associam maior exposição a microplásticos a pior desempenho cognitivo e a alterações neurológicas, especialmente quando encontrados em maior concentração. Também se têm descrito associações com maior prevalência de doenças neurodegenerativas, como demência e doença de Parkinson, sugerindo uma possível relação com processos neurodegenerativos. No entanto, a maioria dos dados provém de estudos in vitro e em modelos animais, não sendo ainda possível estabelecer causalidade. [31, 32].

Diabetes

Evidências recentes sugerem uma possível associação entre a exposição a MPs e alterações no metabolismo da glicose, com potencial impacto no desenvolvimento ou agravamento da diabetes tipo 2. Estudos experimentais indicam que os MPs

podem induzir stress oxidativo, levando ao aumento de ROS, o que contribui para resistência à insulina. Estas alterações parecem envolver a disfunção de vias de sinalização essenciais para o metabolismo da glicose, como a via PI3K/AKT, resultando em menor tolerância à glicose e aumento da glicemia. Além disso, a exposição a MPs pode afetar o eixo intestino–fígado, através de alterações na microbiota intestinal e processos inflamatórios sistémicos, agravando a resistência à insulina. Em modelos animais, indivíduos com diabetes mostraram maior suscetibilidade aos efeitos dos MPs, com agravamento de disfunções metabólicas e hepáticas. Embora estes dados sejam promissores, a evidência ainda se baseia sobretudo em estudos experimentais[12, 33].

Cancro

A evidência epidemiológica sobre a associação entre MPs e cancro ainda é limitada e inconclusiva, embora alguns estudos sugiram um possível aumento do risco de certas neoplasias. Os potenciais efeitos carcinogénicos podem estar relacionados com stress oxidativo, inflamação crónica e danos no ADN, que contribuem para a carcinogénese [28].

No trato gastrointestinal, os MPs podem alterar a microbiota, aumentar a permeabilidade intestinal e promover um ambiente inflamatório, o que pode favorecer especialmente o cancro colorretal. Também podem interferir com a sinalização celular e transportar contaminantes tóxicos, potenciando efeitos nocivos. Apesar destes mecanismos plausíveis, ainda são necessários mais estudos em humanos para confirmar a sua relevância clínica [34] [29].

Estratégias futuras para a redução da exposição a MPs

A redução da libertação de MPs provenientes de materiais em contacto com os alimentos requer uma abordagem integrada, combinando inovação em materiais, regulamentação e alterações comportamentais. Ao nível da indústria, destaca-se o desenvolvimento de materiais *"safe-by-design model "*, incluindo polímeros mais resistentes ao desgaste mecânico e à degradação térmica, a aplicação de revestimentos protetores e a substituição de aditivos convencionais por alternativas quimicamente ligadas ao polímero, reduzindo a libertação de partículas. Em paralelo, propõe-se a implementação de protocolos padronizados que simulem condições reais de utilização dos materiais em contacto com alimentos, bem como a criação de sistemas de rotulagem que informem sobre o potencial de libertação de MPs dos produtos. Estas estratégias poderão contribuir de forma significativa para a minimização da exposição humana a MPs[13].

Análise crítica

A presente revisão indica que a exposição a MPs no contexto da alimentação coletiva, apresenta ainda grandes limitações na literatura, sobretudo pela escassez de estudos específicos e de evidência em humanos. Predominam estudos in vitro e em modelos animais, o que dificulta a extrapolação dos resultados para a população.

Verifica-se também heterogeneidade metodológica, com dificuldades na comparação de resultados e na quantificação dos efeitos, além de muitos estudos se basearem em exposições laboratoriais que não refletem a exposição humana real, caracterizada por baixa dose, cronicidade e múltiplas fontes.

Apesar disso, os mecanismos biológicos identificados, como stress oxidativo, inflamação e alterações metabólicas, sugerem plausibilidade de efeitos adversos, reforçando a necessidade de mais estudos epidemiológicos em humanos com metodologias harmonizadas.

Conclusões

Esta revisão sugere que os MPs estão amplamente disseminados no ambiente e na cadeia alimentar, constituindo uma via de exposição humana praticamente inevitável no contexto da alimentação coletiva. A evidência disponível indica que estas partículas podem exercer efeitos adversos em múltiplos sistemas biológicos, através de mecanismos como stress oxidativo, inflamação crónica, disfunção mitocondrial e alterações hormonais e metabólicas.

Embora os estudos experimentais apontem para um potencial impacto significativo na saúde humana, sobretudo ao nível digestivo, endócrino, reprodutor, cardiovascular e neurológico, a evidência em humanos ainda é limitada e frequentemente inconclusiva. Assim, não é possível estabelecer uma relação causal direta entre a exposição a MPs e o desenvolvimento de patologias específicas.

Desta forma, os MPs devem ser considerados um potencial fator de risco emergente na alimentação coletiva, justificando a necessidade de investigação adicional, particularmente através de estudos epidemiológicos de longo prazo, bem como do desenvolvimento de metodologias analíticas padronizadas que permitam uma melhor caracterização da exposição e dos seus efeitos biológicos.

Referências

1. Hale RC, Seeley ME, La Guardia MJ, Mai L, Zeng EY. A Global Perspective on Microplastics. Journal of Geophysical Research: Oceans. 2020; 125(1):e2018JC014719.
2. Rose PK, Jain M, Kataria N, Sahoo PK, Garg VK, Yadav A. Microplastics in multimedia environment: A systematic review on its fate, transport, quantification, health risk, and remedial measures. Groundwater for Sustainable Development. 2023; 20:100889.
3. Xu JL, Lin X, Wang JJ, Gowen AA. A review of potential human health impacts of micro- and nanoplastics exposure. Sci Total Environ. 2022; 851(Pt 1):158111.
4. Comission E. Food contact materials. Disponível em: https://food.ec.europa.eu/food-safety/chemical-safety/food-contact-materials_en.
5. Zhang Q, Xu EG, Li J, Chen Q, Ma L, Zeng EY, et al. A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure. Environmental Science & Technology. 2020; 54(7):3740-51.
6. Carbery M, O'Connor W, Palanisami T. Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. Environment International. 2018; 115:400-09.
7. Prata JC, Dias-Pereira P. Microplastics in Terrestrial Domestic Animals and Human Health: Implications for Food Security and Food Safety and Their Role as Sentinels. Animals. 2023; 13(4):661.
8. Habib RZ, Kindi RA, Salem FA, Kittaneh WF, Poulose V, Iftikhar SH, et al. Microplastic Contamination of Chicken Meat and Fish through Plastic Cutting Boards. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022; 19(20):13442.
9. Oliveri Conti G, Ferrante M, Banni M, Favara C, Nicolosi I, Cristaldi A, et al. Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. Environmental Research. 2020; 187:109677.
10. Heo SJ, Moon N, Kim JH. A systematic review and quality assessment of estimated daily intake of microplastics through food. Rev Environ Health. 2025; 40(2):371-92.
11. Dangal A, Dahal S, Timsina P, Khan KI, Romano A, Giuffrè AM, et al. Microplastic Contamination of Dairy and Bakery Products: Sources and Effects on Human Health—A Review. Food Safety and Health. 2025; 3(4):535-46.
12. Liu Y, Cao Y, Li H, Liu H, Bi L, Chen Q, et al. A systematic review of microplastics emissions in kitchens: Understanding the links with diseases in daily life. Environment International. 2024; 188:108740.
13. Rehman ZU, Song J, Pastorino P, Wang C, Kazmi SS, Fan C, et al. From Kitchen to Cell: A Critical Review of Microplastic Release from Consumer Products and Its Health Implications. Toxics. 2026; 14(1):94.
14. Luo Y, Chuah C, Amin MA, Khoshyan A, Gibson CT, Tang Y, et al. Assessment of microplastics and nanoplastics released from a chopping board using Raman imaging in combination with three algorithms. Journal of Hazardous Materials. 2022; 431:128636.

15. Yadav H, Khan MRH, Quadir M, Rusch KA, Mondal PP, Orr M, et al. Cutting Boards: An Overlooked Source of Microplastics in Human Food? Environmental Science & Technology. 2023; 57(22):8225-35.
16. Yates J, Deeney M, Rolker HB, White H, Kalamatianou S, Kadiyala S. A systematic scoping review of environmental, food security and health impacts of food system plastics. Nature Food. 2021; 2(2):80-87.
17. Zhao B, Rehati P, Yang Z, Cai Z, Guo C, Li Y. The potential toxicity of microplastics on human health. Sci Total Environ. 2024; 912:168946.
18. Tan H, Yue T, Xu Y, Zhao J, Xing B. Microplastics Reduce Lipid Digestion in Simulated Human Gastrointestinal System. Environmental Science & Technology. 2020; 54(19):12285-94.
19. Feng Y, Tu C, Li R, Wu D, Yang J, Xia Y, et al. A systematic review of the impacts of exposure to micro- and nano-plastics on human tissue accumulation and health. Eco Environ Health. 2023; 2(4):195-207.
20. Li B, Ding Y, Cheng X, Sheng D, Xu Z, Rong Q, et al. Polyethylene microplastics affect the distribution of gut microbiota and inflammation development in mice. Chemosphere. 2020; 244:125492.
21. Chartres N, Cooper CB, Bland G, Pelch KE, Gandhi SA, BakenRa A, et al. Effects of Microplastic Exposure on Human Digestive, Reproductive, and Respiratory Health: A Rapid Systematic Review. Environ Sci Technol. 2024; 58(52):22843-64.
22. Yan Z, Liu Y, Zhang T, Zhang F, Ren H, Zhang Y. Analysis of Microplastics in Human Feces Reveals a Correlation between Fecal Microplastics and Inflammatory Bowel Disease Status. Environmental Science & Technology. 2022; 56(1):414-21.
23. Osman AI, Hosny M, Eltaweil AS, Omar S, Elgarahy AM, Farghali M, et al. Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review. Environmental Chemistry Letters. 2023; 21(4):2129-69.
24. Jahedi F, Frad NJH, Khaksar MA, Rashidi P, Safdari F, Mansouri Z. Nano and microplastics: unveiling their profound impact on endocrine health. Toxicol Mech Methods. 2025; 35(8):865-93.
25. Wei Z, Wang Y, Wang S, Xie J, Han Q, Chen M. Comparing the effects of polystyrene microplastics exposure on reproduction and fertility in male and female mice. Toxicology. 2022; 465:153059.
26. Braun T, Ehrlich L, Henrich W, Koeppel S, Lomako I, Schwabl P, et al. Detection of Microplastic in Human Placenta and Meconium in a Clinical Setting. Pharmaceutics. 2021; 13(7):921.
27. Zhang Z, Meng J, Tian J, Li N, Chen Z, Yun X, et al. Reproductive and developmental implications of micro- and nanoplastic internalization: Recent advances and perspectives. Ecotoxicol Environ Saf. 2024; 286:117245.
28. Ali-Hassanzadeh M, Arefinia N, Ghoreshi ZA, Askarpour H, Mashayekhi-Sardoo H. The effects of exposure to microplastics on female reproductive health and pregnancy outcomes: A systematic review and meta-analysis. Reprod Toxicol. 2025; 135:108932.
29. Wen J, Lin Y. Invisible invaders: unveiling the carcinogenic threat of microplastics and nanoplastics in colorectal cancer-a systematic review. Front Public Health. 2025; 13:1653245.

30. Tran HAA, Ng JJ, Tang DH, Yong CT, Ho AFW. Health impacts of micro- and nanoplastics in humans: systematic review of in vivo evidence. Environ Health. 2026; 25(1)
31. Kayhan S, Yilmaz E, Tehli O, Izci Y. Neurotoxicity of Microplastic Particles in the Human Brain: A Systematic Review. Turk Neurosurg. 2025; 35(6):817-29.
32. Alkhamees A, Salha D, Alfailat D, Malallah D, Alazemi D, Al Taharweh D, et al. Dental microplastics as emerging neurotoxicants: a systematic review on human data. PeerJ. 2026; 14:e20829.
33. Liu S, Wang Z, Xiang Q, Wu B, Lv W, Xu S. A comparative study in healthy and diabetic mice followed the exposure of polystyrene microplastics: Differential lipid metabolism and inflammation reaction. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2022; 244:114031.
34. Liu X, Wang L, Liu X, Yu P, Diao Y, Chen T, et al. Microplastics, plastics, and their products exposures and cancer: a pooled analysis. Int J Surg. 2025; 111(8):5593-605.

