

## Microplásticos e Nanoplásticos e sua relevância na saúde humana: uma revisão de literatura

Microplastics and Nanoplastic and their relevance in human health: literature review

Microplásticos y nanoplásticos y su relevancia en la salud humana: una revisión de la literatura

Recebido: 13/12/2022 | Revisado: 28/12/2022 | Aceitado: 29/12/2022 | Publicado: 01/01/2023

**Cauê Bugatti**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4198-9284>

Centro Universitário de Patos de Minas, Brasil

E-mail: [caue.bugatti@hotmail.com](mailto:caue.bugatti@hotmail.com)

**Karine Cristine de Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1758-3957>

Centro Universitário de Patos de Minas, Brasil

E-mail: [karineca@unipam.edu.br](mailto:karineca@unipam.edu.br)

**Mônica Soares de Araújo Guimarães**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0324-4273>

Centro Universitário de Patos de Minas, Brasil

E-mail: [monica@unipam.edu.br](mailto:monica@unipam.edu.br)

**Natália de Fátima Gonçalves Amâncio**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4006-8619>

Centro Universitário de Patos de Minas, Brasil

E-mail: [nataliafga@unipam.edu.br](mailto:nataliafga@unipam.edu.br)

### Resumo

Os fragmentos plásticos, mais especificamente os microplásticos (MPS) e nanoplásticos (NPS), estão presentes e são produzidos em grandes quantidades e em escalas mundiais. São encontrados em praticamente todos os lugares como na água do mar, nos alimentos e no ar. Desse modo, visto as formas de contato humano como o próprio consumo ou a respiração e efeitos biológicos, efeitos químicos e efeitos físicos desses fragmentos, torna-se necessária a discussão acerca da relevância e dos possíveis efeitos desse material no corpo dos indivíduos. Assim, este estudo se propõe a entender a possível relação entre efeitos danosos ao organismo causados pelo contato com tais fragmentos plásticos, observando seus efeitos. Utilizando a revisão exploratória integrativa de literatura foram utilizados 22 artigos, sendo excluídos oito artigos devido ao não pertencimento aos critérios de inclusão. O consumo de MPS e NPS pode induzir a efeitos danosos nos organismos seja por meio de fenômenos físicos com químicos ou biológicos. No primeiro, nota-se a associação a barreiras físicas que induzem processos de inflamação. Já o papel biológico aborda a associação de Microplásticos (MPS) com alguns seres possivelmente patogênicos ao ser humano. Por fim, o papel químico relacionado com o fenômeno da adsorção de substâncias nocivas mostra-se gerador de possível malefício. Logo, revela-se essencial a realização de novos estudos sobre os efeitos dos MPS e dos NPS nos seres humano, decorrentes de sua elevada abrangência em escala mundial e o relato de que embora haja poucos estudos realizados recentemente, estes apresentam quadros alarmantes sobre a ação danosa desses compostos para o ser humano.

**Palavras-chave:** Microplástico; Nanoplástico; Saúde.

### Abstract

Plastic fragments, more specifically microplastics (MPS) and nanoplastics (NPS) are present and produced in large quantities and on global scales. They are found virtually everywhere in seawater, food and air. Thus, considering the forms of human contact such as consumption itself or breathing and biological effects, chemical effects of these fragments, it becomes necessary to discuss the relevance and possible effects of this material on the individuals' bodies. This study aims to understand the possible relationship between harmful effects to the body related to contact with such plastic fragments, observing their effects. Using the integrative exploratory literature review, 22 articles were used, with eight articles being excluded due to non-compliance with the inclusion criteria. The consumption of MPS and NPS can induce harmful effects on organisms either through physical, chemical or biological phenomena. In the first, there is an association with physical barriers that induce inflammation processes. The biological role addresses the association of MPS with some possibly pathogenic beings to humans. Finally, the chemical role related to the phenomenon of adsorption of harmful proves to be a generation of possible harm. Therefore, it is essential to carry out new studies on the effects of MPS and NPS in human, due to their high coverage on a worldwide scale and the report that, although there are few studies carried out recently, they present alarming pictures about the action harmful of these compounds to humans.

**Keywords:** Microplastic; Nanoplastic; Health.

## Resumen

Por lo tanto, es fundamental realizar nuevos estudios sobre los efectos de MPS y NPS en humanos, debido a su alta cobertura a escala mundial y al reporte de que, si bien son pocos los estudios realizados recientemente, presentan cuadros alarmantes sobre la acción. efectos nocivos de estos compuestos para los seres humanos. Se encuentran en casi todas partes, incluyendo agua de mar, comida y aire. Así, considerando las formas de contacto humano como el consumo mismo o la respiración y los efectos biológicos, químicos y físicos de esos fragmentos, se hace necesario discutir la relevancia y los posibles efectos de este material en los cuerpos de los individuos. Por lo tanto, este estudio se propone comprender la posible relación entre los efectos nocivos para el cuerpo causados por el contacto con tales fragmentos de plástico, observando sus efectos. Utilizando la revisión integrativa exploratoria de la literatura, se utilizaron 22 artículos, siendo ocho artículos excluidos por incumplimiento de los criterios de inclusión. El consumo de MPS y NPS puede inducir efectos nocivos en los organismos ya sea a través de fenómenos físicos, químicos o biológicos. En el primero, existe una asociación con barreras físicas que inducen procesos inflamatorios. El rol biológico aborda la asociación de los Microplásticos (MPS) con algunos seres posiblemente patógenos para los humanos. Finalmente, el papel químico relacionado con el fenómeno de adsorción de sustancias nocivas resulta ser un generador de posibles daños. Por lo tanto, es fundamental realizar nuevos estudios sobre los efectos de MPS y NPS en humanos, debido a su alta cobertura a escala mundial y al reporte de que, si bien son pocos los estudios realizados recientemente, presentan cuadros alarmantes sobre la acción. efectos nocivos de estos compuestos para los humanos.

**Palabras clave:** Microplástico; Nanoplástico; Salud.

## 1. Introdução

O termo “plástico” é derivado da palavra grega “plastikos”, que significa moldagem (Sindplast, 2022) sendo essencial na vida humana por possuir características como leveza durabilidade, maleabilidade e relativo custo baixo (Boucher & Friot, 2017). No Brasil, há uma elevada produção desse material sendo, de acordo com o Banco Mundial (2019), o país considerado o quarto maior produtor de lixo plástico no mundo, com 11,3 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. A Onu (2022) aponta que, no país, são 3,44 milhões de toneladas desse material, propenso ao escape para o ambiente, sendo que 1/3 do plástico produzido em todo o continente corre o risco de chegar aos oceanos todos os anos. Dessa forma, o potencial de dano dessas substâncias, amplamente utilizadas, mostra-se ignorado por autoridades e, apesar da ampla gama de usos e de sua relevância, revela-se necessário uma ação mundial conjunta para impedir a fragmentação dos derivados de petróleo, uma vez que os recursos naturais mundiais e recursos humanos podem ser amplamente afetados.

Os microplásticos, de acordo com Massos e Turner (2017), podem estar presentes no ambiente de duas formas-primária e secundária sendo, respectivamente, a primária que representa os resíduos plásticos em seu formato de fabricação, isto é, sem alterações e a secundária, que representa as pequenas partículas desse material, resultantes do processo de fragmentação de plásticos primários decorrente da degradação química ou da abrasão física. Nesse sentido, partículas de plástico com tamanho menor ou igual a 5 mm são denominadas microplásticos (Thompson, 2004 apud Revista Fapesp, 2021) e os nanoplásticos podem ser constituídos por partículas inferiores a 1 µm (Kershaw *et al.*, 2019). Os microplásticos (MPS) podem estar presentes em vários locais tanto em corpos marinhos como em água doce (Gesamp, 2015), em alimentos como cerveja, bebidas energéticas e refrigerantes (Kosuth *et al.*, 2018 & Shruti *et al.*, 2020). Sua ampla detecção em variados locais revela a abrangência e a facilidade da disseminação de MPS e nanoplásticos (NPS), fato que agrava a situação.

Da mesma forma, observou-se a presença de microplásticos na placenta (Ragussa, 2021) e no leite materno (Ragussa, 2022) que, segundo a Dra. Valentina Notarstefano, da Universidade politécnica de Marche, em Ancona, Itália em entrevista à *British Broadcasting Corporation* (Bbc) em 2022: “Nesse viés, a comprovação da presença de microplásticos no leite materno aumenta nossa grande preocupação com a população extremamente vulnerável de bebês”, fato que também pode comprometer toda uma geração futura, visto o pouco conhecimento acerca do problema e a possibilidade de grandes danos como pode ser notado pelo fato de que estes compostos podem ser transferidos ao longo da cadeia alimentar (Nelms *et al.*, 2018), demonstrando que quanto mais cedo o contato com tal material, mais elevado pode ser o acúmulo dessa substância no organismo, assim como seu efeito sobre a saúde das futuras gerações. Tais riscos são descritos pelo *World Health*

*Organization* (Who) (2019), que relata o risco para o humano em três frentes: a biológica, devido à produção de biofilme; uma química, visto a capacidade de adsorção do plástico e uma física, com a criação de uma barreira.

Desse modo, um maior entendimento acerca da relação entre tais fragmentos plásticos na saúde humana, ainda são pouco conhecidos e a realização de novos estudos mostra-se necessária para um maior conhecimento no que diz respeito ao impacto dos MPS e dos NPS para a saúde.

Nesse viés, o presente estudo busca, por meio de uma revisão de literatura, correlacionar os novos achados sobre os microplásticos com a ocorrência de alterações nos seres humanos e como as recentes pesquisas demonstram ou buscam demonstrar os efeitos da presença de fragmentos plásticos na saúde humana.

## 2. Metodologia

O presente estudo consiste em uma revisão exploratória integrativa de literatura. A revisão integrativa visa, por meio da análise de vários estudos, chegar a conclusões gerais mantendo o rigor metodológico (Galvão; Silveira & Mendes 2008). Ela foi realizada em seis etapas: 1) identificação do tema e seleção da questão norteadora da pesquisa; 2) estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos e busca na literatura; 3) definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados; 4) categorização dos estudos; 5) avaliação dos estudos incluídos na revisão integrativa e interpretação dos textos e 6) apresentação da revisão de literatura.

Na etapa inicial, para definição da questão de pesquisa utilizou-se da estratégia PICO (Acrônimo para *Patient, Intervention, Comparison* e *Outcome*). (Santos; Pimenta & Nobre, 2007) Assim, definiu-se a seguinte questão central que orientou o estudo: “Quais são os efeitos dos microplásticos na saúde humana?” Nela, observa-se o P: Não especificado; I: contato com microplásticos; C: Não se aplica; O: Efeito dos microplásticos na saúde humana.

Para responder a essa pergunta, foi realizada a busca de artigos envolvendo o desfecho pretendido utilizando as terminologias cadastradas nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCs) criados pela Biblioteca Virtual em Saúde, desenvolvido a partir do *Medical Subject Headings* da *U.S. National Library of Medicine*, que permite o uso da terminologia comum em português, inglês e espanhol. Os descritores utilizados foram: “microplásticos”, “saúde”, “inflamação”, “leite materno”, “placenta”, “estresse”, “oxidativo”, “saúde”, “nanoplásticos” e alguns termos em inglês como “bodies”, “placenta”, “nanoplastics”, “breastmilk” e “microplastic”. Para o cruzamento das palavras chaves utilizou-se os operadores booleanos “and”, “or” e/ou “not”.

Realizou-se um levantamento bibliográfico por meio de buscas eletrônicas nas seguintes bases de dados: Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), *Scientif Eletronic Library Online* (SciELO), *National Library of Medicine* (PubMed), EbscoHoste, e em alguns outros bancos de dados como publicações em revistas científicas como na revista Fapesp e alguns endereços eletrônicos como o do WHO.

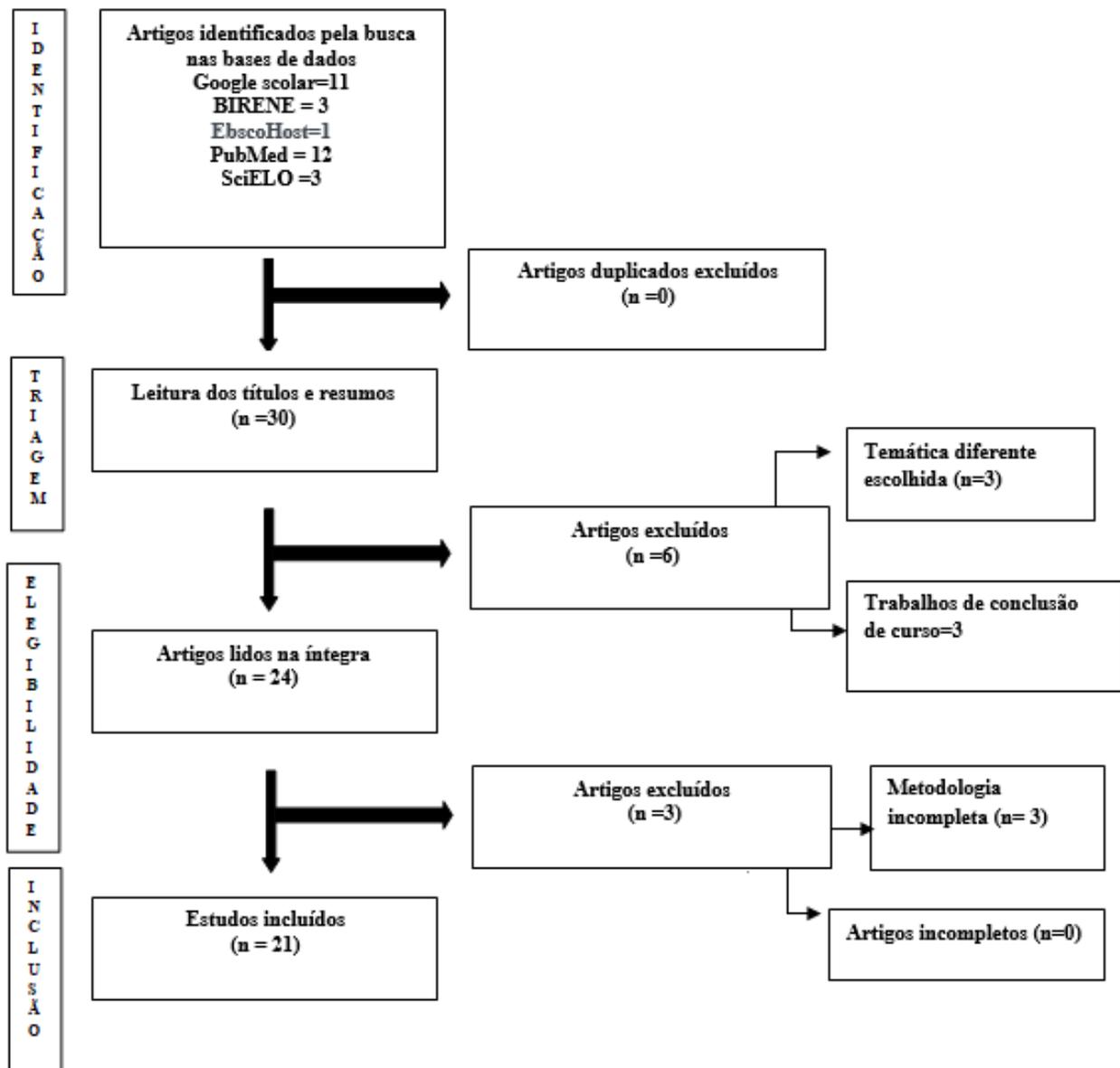
A busca foi realizada nos meses de setembro e outubro de 2022. Como critério de inclusão, utilizou-se artigos publicados no período de 2018 a 2022, que abordassem o tema pesquisado e que estivessem disponíveis eletronicamente em seu formato integral; foram excluídos os artigos que não obedeceram aos critérios de inclusão (artigos repetidos nas bases de dados; não se enquadram na temática da pesquisa) e aqueles que não possuíam uma boa metodologia e os que estavam incompletos além dos artigos que eram trabalhos de conclusão de curso.

Após a etapa de levantamento das publicações, encontraram-se 30 artigos, sendo realizada a leitura do título e do resumo das publicações considerando o critério de inclusão e de exclusão definidos. Em seguida, realizou-se a leitura na íntegra das publicações, atentando-se novamente aos critérios de inclusão e exclusão, sendo que 9 artigos não foram utilizados devido aos critérios de exclusão. Foram selecionados 22 artigos para análise final e construção da revisão de literatura.

A análise dos estudos selecionados baseou-se em Bardin (2011) que aborda a divisão em três etapas das quais a primeira aborda a pré-análise com a realização de uma leitura superficial e escolha dos documentos; uma segunda com a exploração do material, categorização ou codificação; com a observação sobre o conteúdo em si dos documentos e em uma última análise o tratamento dos resultados, inferências e interpretação, visando à reunião de conhecimento produzido acerca do tema a ser explorado na revisão de literatura.

A Figura 1 demonstra o processo de seleção dos artigos por meio das palavras-chaves de busca e da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão citados na metodologia. O fluxograma leva em consideração os critérios elencados pela estratégia PRISMA.

**Figura 1** - Fluxograma do processo de seleção dos estudos primários adaptado do Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analyses (PRISMA) Page (2021).



Fonte: Adaptado do Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analyses (PRISMA). Page, (2021).

### 3. Resultados

Após a seleção dos artigos por meio dos critérios de inclusão e de exclusão, elaborou-se um quadro (Tabela 1) contendo as principais informações sobre os microplásticos e nanoplásticos e os seus efeitos sobre os humanos. A análise permitiu relacionar os fragmentos plásticos e os riscos à saúde.

**Tabela 1** - Estudos utilizados na revisão integrativa e achados principais

AUTOR	ANO	NOME DO ARTIGO	PRINCIPAIS ACHADOS
Lucio, F.T.	2019	Disponibilidade e influência dos microplásticos nos seres vivos e ambiente: uma revisão	Ligação com compostos hidrofóbicos (HOCs) e metais pesados. Capacidade de adsorção de compostos pelos MPS.
Valente, J. V. et al	2020	Avaliação do potencial citotóxico de microplásticos em linhas celulares intestinais, hepáticas e neuronais	Toxicidade: tamanho e composição do material. Esponja química. Ensaio com HepG2, Caco-2, HepG2, N27 Teste de viabilidade celular.
Park, J.W., et al	2020	Recent Purification Technologies and Human Health Risk Assessment of Microplastics	Efeitos de algum micro e nanoplásticos no ser humano.
Ryan, P. G. et al	2020	Monitoring marine plastics – will we know if we are authors: making a difference?	Monitoramento deve se concentrar em uma classe de tamanho de detritos. Estimar fluxos de materiais em vez de estoques permanentes.
Outram, Lily, et al	2020	No evidence of microplastic consumption by the copepod, <i>Temora longicornis</i> (Müller, 1785) in Chichester Harbour, United Kingdom	Análise da água do mar.
Ragusa, A. et al	2021	Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta	Primeira evidência de microplásticos na placenta.
Nor N. H. M. Kooi M.; Diepens N.J. & Koelmans A. A.	2021	Lifetime Accumulation of Microplastic in Children and Adults	Estimativas das taxas de ingestão de MP representam aproximadamente 20% em massa do total de alimentos consumidos diariamente em média.
Domenech J., et al	2021	Long-Term Effects of Polystyrene Nanoplastics in Human Intestinal Caco-2 Cells	Efeitos dos micro e nanoplásticos nas células intestinais.
Blackburn, K. & Green D.	2021	The potential effects of microplastics on human health: What is known and what is unknown	Efeitos físico, químico e biológico dos microplásticos nos seres humanos.
Yee, M. S. L., et al	2021	Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health	Métodos de exposição.
Montagner, C. C. et al	2021	Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos	Amostragem Desafios na coleta.
Liang, B., et al	2021	Underestimated health risks: polystyrene micro- and nanoplastics jointly induce intestinal barrier dysfunction by ROS mediated epithelial cell apoptosis	Permeabilidade intestinal causada pela apoptose de células epiteliais mediada por ROS Fatores que afetam a absorção de partículas. Geração de ROS causada por micro e nanoplásticos
Vilca-quispe. V. et al	2021	Resíduos Biocontaminantes, otro Legado del COVID-19	Aumento dos resíduos plásticos no período da pandemia da Covid 19
Visalli, G. et al	2021	Acute and Sub-Chronic Effects of Microplastics (3 and 10 µm) on the Human Intestinal Cells HT-29	Via de captação de MPS via MALT associado a Células microfold (M) das placas de Peyer Efeitos dos MPS no intestino e no fígado.
Caixeta, D. S., et al	2022	Microplásticos como indicadores de poluição ambiental e seus efeitos sobre os organismos	Estresse oxidativo Efeitos nos seres humanos.
López-vázquez, J.J., et al	2022	Mimicking human ingestion of microplastics: Oral bioaccessibility tests of bisphenol A and phthalate esters under fed and fasted states	Microplásticos relacionados ao bisfenol.
Zhang, E. et al	2022	Association of zoonotic protozoan parasites with microplastics in seawater and implications for human and wildlife health	A biodisponibilidade de patógenos.
Ragusa, A. et al	2022	Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk	Primeira evidência de microplásticos no leite materno.
Yang, D. et al	2022	Polystyrene micro- and nano-particle coexposure injures fetal thalamus by inducing ROS-mediated cell apoptosis	MPS podem atravessar o trato intestinal. NPS no tálamo fetal, e as progênies apresentaram comportamento semelhante à ansiedade. Partículas de PS aumentam o risco potencial de distúrbios neurobiológicos.
Jenner, L. C., et al	2022	Detection of microplastics in human lung tissue using µFTIR spectroscopy	Inalação de microplásticos. Uso espectroscopia µFTIR para detecção de MPS.
Horvatits T., et al	2022	Microplastics detected in cirrhotic liver tissue	Acúmulo de microplásticos em tecidos cirrótico Possível rota de entrada de MPS no fígado.

Fonte: Autores.

#### 4. Discussão

De início, torna-se importante discutir métodos de detecção de fragmentos plásticos. Segundo Kershaw e colaboradores (2019), pode ser realizada a detecção com a filtragem de amostras de água ou separados de amostras de sedimentos usando extrações de gradiente de densidade, uma vez que, estudos de acumulação proveniente do mar são mais complexos, visto a dificuldade de obtenção de uma praia limpa ou a garantia de que os microplásticos que chegarão são novos (Ryan *et al.*, 2020). De modo geral, há um apelo internacional para a utilização de mexilhões como bioindicadores de poluição microplástica visto que são facilmente coletados e amplamente distribuídos. (Li *et al.*, 2018). Em 2022, a técnica de espectroscopia  $\mu$ FTIR utilizada por Jenner *et al.* mostrou-se promissora para a análise de pulmões humanos. Entretanto, apesar da realização de inúmeros estudos sobre a presença de MPS e NPS, ainda não existem métodos oficiais para a determinação de MPs em cada compartimento ambiental, fato que dificulta a comparação dos resultados (Montagner *et al.*, 2021).

Em outro estudo, realizado em Chichester Harbour- Reino Unido- os cientistas observaram a ampla presença de MPS no mar, sendo observadas partículas em todas as amostras analisadas, provenientes de três locais diferentes de coleta, com uma concentração média de 8,2 partículas por m<sup>3</sup> de água do mar amostrada (Outram *et al.*, 2020). Da mesma forma, tais substâncias estavam presentes no maior lago do interior da China, o Lago Qinghai (Xiong *et al.*, 2018), sendo também encontrados em partes profundas do oceano, como as Fossas Marianas (Peng *et al.* 2018). Desse modo, observa-se a grande extensão de tal problemática, fato esse, agravado pela recente pandemia da COVID-19, em que a produção de resíduos tais como máscaras e luvas, bem como o descarte incorreto (Sanchez F., 2021), acarretou uma maior necessidade da adoção de medidas como programas de conscientização quanto aos processos de reutilização e reciclagem de produtos plásticos (Lucio *et al.*, 2019) e também a correta adoção de políticas públicas de manejo de biopoluentes especialmente da área da saúde. (Vilca-Quispe *et al.*, 2021).

Os microplásticos podem entrar na cadeia alimentar humana por vias como a predação; sendo que a presença de fragmentos plásticos varia (Santillo; Miller & Johnston 2017); decorrente de processos de produção de alimentos do mar (Karami *et al.* 2017 Pelo processo de lixiviação, a água engarrafada apresenta cerca de 2,5 vezes a mais de MPS do que os demais produtos engarrafados (Yee, *et al.*, 2021), fato que eleva a concentração dos fragmentos nos organismos podendo gerar consequências no decorrer dos níveis tróficos. Considerando que segundo os pesquisadores Nor *et al.*, (2021), as taxas de ingestão de MPS representam aproximadamente 20%, em massa de peso total de alimentos consumidos diariamente. Tal porcentagem pode ser alterada em função do alimento consumido, além de aspectos como idade, demografia, herança cultural, localização geográfica, natureza do desenvolvimento do ambiente que cerca o indivíduo e opções de estilo de vida (Rahman *et al.*, 2021). Outro estudo estimou uma média de ingestão semanal de 0,1 a 5 g de MPS por pessoa. (Senathirajah *et al.*, 2021, apud Montagner, *et al.*, 2021)

Segundo Prata e colaboradores (2020) os meios principais com que os MPS e NP entram no corpo humano, além da alimentação e a conseqüente entrada na cadeia alimentar, são a inalação e o contato com a pele. Além disso os NPS também podem entrar após a passagem por barreiras físicas enfraquecidas como no caso de feridas (Nor *et al.*, 2021).

No caso da ingestão oral, os MPS podem atravessar a barreira intestinal e atingir a circulação sistêmica, podendo sofrer variações de acordo com o tamanho e a composição química. A formação de “coroa de proteínas” após interação com proteínas, também podem aumentar essa translocação e, conseqüentemente, a biodisponibilidade de NPS. (Walczak *et al.*, 2015).

Em seguida, mostra-se essencial discutir os efeitos dos MPS E NPS na saúde humana de modo a abordar os seus efeitos químicos, físicos ou biológicos:

- **Efeitos químicos-** relacionado a composição química do próprio composto ou de compostos associados

Dentre os efeitos químicos causados pelos MPS, destacam-se: estresse e danos físicos, inflamação, estresse oxidativo, respostas imunes (Van raamsdonk; *et al* 2020 apud Nor, Diepens e Koelmans 2021). Dentre os efeitos citados, é tangível que o contato direto de MPs de polipropileno (PP) com células humanas poderia induzir a produção e secreção de histamina e de citocinas, tais como interleucinas 2 (IL-2) e 6 (IL-6), que aumentam de acordo com a elevação da substância utilizada (Hwang *et al.*, 2019) e também a toxicidade química (Groh *et al.*, 2019) via fenômeno da adsorção de poluentes químicos do ambiente. Esse fato foi demonstrado por Wardrop *et al.*, (2016) com o estudo sobre poluentes químicos sorvidos em microesferas de produtos de higiene pessoal ingeridas por peixes; compostos que podem ser liberados ao entrarem em contato com o organismo podendo gerar malefícios como relatado por Bakir.; Rowland & Thompson., (2014), que analisaram o fenômeno da sorção e da adsorção de diversos compostos como o DDT. Dentre os compostos que podem ser absorvíveis destacam-se os compostos hidrofóbicos como bifenilos policlorados, diclorodifeniltricloroetanos (DDT), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, ácido perfluoro-octanóico e ftalato de di-2-etilhexilo (Bakir; Rowland & Thompson, 2014; Endo; Yuyama, & Takada, H. 2013 e Napper, *et al* 2015) e metais pesados como cádmio, chumbo e bromo encontradas aderidas a microplásticos na areia de áreas litorâneas da Inglaterra (Massos & Turner, 2017).

Os pesquisadores Liang *et al.*, (2021) relataram os efeitos da interação de fragmentos plásticos de tamanho médio de 50,7 nm, 503,6 nm e 5047 nm para qual foram designados os nomes respectivos de PS50, PS500 e PS5000. Nesse viés, os mesmos autores observaram que a interação entre tais fragmentos, como também a biodisponibilidade, que aborda a taxa real de plástico que pode sofrer interação com o organismo do total disponível. Dentre os resultados observados por este estudo destacam-se que a interação desses fragmentos que são micro e nanoplásticos levou ao aumento da biodisponibilidade destes; também se relatou o aumento da permeabilidade intestinal causada pelo apoptose de células epiteliais mediada por espécies reativas de oxigênio (ROS) e o aumento da permeabilidade intestinal, causada pela apoptose de células epiteliais mediada por ROS. Já Ramspger e colaboradores (2020) verificaram que os MPS podem translocar do trato gastrointestinal para os tecidos provavelmente por internalização celular.

Além dos efeitos derivados pelo tamanho dos fragmentos plásticos em interação com o organismo, vê-se a própria constituição dos compostos como fator determinante para a ocorrência de efeitos danosos. Por exemplo, Yang e colaboradores (2022) relatam os efeitos de micro e nanopartículas de poliestireno em camundongos visando analisar os efeitos sobre o desenvolvimento fetal. Por meio de tratamentos experimentais e análise, o estudo observou a biodisposição dos elementos resultados e mostrou que NPS ou NPS-COOH foram distribuídos no útero, fígado, cérebro, rins, estômago e intestinos delgados e grossos em camundongos maternos e os MPS estavam restritos ao estômago e intestino delgado e intestino grosso. Além disso, os NPS induzem espécies reativas de oxigênio (ROS) excessivas e apoptose neuronal no tálamo fetal. A associação de diferentes tamanhos de fragmentos levou à redução da capacidade antioxidante total (TAC) no tálamo, dificultando a formação do cérebro fetal, provavelmente, pela indução da formação de ROS. Tal fato mostra-se potencialmente danoso pela descoberta recente da presença de microplásticos na placenta (Ragusa, *et al* 2021) e no leite materno humano (Ragusa *et al.*, 2022). Apesar de a Visalli e colaboradores (2021) terem observado a queda na produção de ROS em exposições subcrônicas de 48 dias a microplásticos de poliestireno.

O estudo realizado por Valente e colaboradores (2020) com células vivas e fragmentos plásticos: polietileno (PE), a poliamida (PA - nylon 12) e o policloreto de vinila (PVC), observou que apesar de não ocorrer mudança significativa na viabilidade celular para células epiteliais e hepáticas nos neurônios dopaminérgicos, que são mais sensíveis, ocorreu uma redução significativa da viabilidade celular, principalmente com a utilização de poliestireno em concentrações de 2000 mg/L e maior em de 4000 mg.L-1; e para linha celular do intestino (Caco-2) apenas o PE, induziu diminuições significativas da viabilidade celular.

Destaca-se ainda, a associação entre o composto bisfenol (BFA) e o tipo de MPS associado. O BFA é conhecido como agonista de estrogênio e antagonista de androgênio com uma ampla gama de efeitos no sistema reprodutivo humano (Park *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2020); como por exemplo resultados adversos no parto (Peretz *et al.*, 2014). Dessa forma, o tipo de MPS pode elevar a biodisponibilidade do BFA, como relatado por López-vázquez e colaboradores (2022) que verificaram que a biodisponibilidade oral de BFA corresponde a 65% da bioacessibilidade gástrica. Também se destaca a utilização de ftalatos, utilizados para dar flexibilidade aos plásticos e presentes em cerca de 80 % dos mesmos, que podem, segundo algumas pesquisas, induzir a ocorrência de asma e de alergias (Bamai *et al.*, 2014).

- **Efeitos físico**-relacionados a uma barreira física

São aqueles decorrentes da inalação dos fragmentos plásticos, fato que pode levar a reações alérgicas, resposta imunológica, danos celulares inclusive ao DNA, hipersensibilidade, inflamação (Prata *et al.*, 2020, apud Caixeta *et al.*, 2022) fenômenos nocivos que são derivados principalmente da inalação de MPS fibrosas, cujos fragmentos podem continuar a causar lesões no sistema respiratório. (Prata, 2018)

**Efeitos biológico**-associados a outros organismos vivos

Os MPS também podem estar associados à formação de biofilmes como observado em comunidades de bactérias apelidadas de “Plastisphere” (Zetter & Amaral-zetter, 2013); também foi relatado por Zhang e colaboradores (2022) que ocorre a associação com patógenos protozoários dentre eles o *Cryptosporidium*, *Giardia spp* e *oxoplasma gondii causa*, verificando portanto que patógenos derivados da terra como os patógenos citados podem se associar a poluentes microplásticos na água do mar, potencializando o dano aos seres humanos.

- **Potencial carcinogênico**

A exposição humana crônica a concentrações não citotóxicas de MNPLs ambientais pode levar a uma potencial indução de efeitos associados à transformação celular e ao início do processo carcinogênico, como uma maior incidência de danos ao DNA e um aumento no estresse oxidativo, entretanto, o estudo de Domenech *et al.* (2021) não demonstrou tal associação.

Em tecidos cirróticos do fígado, também foram encontrados MPS como PS, policloreto de vinila (PVC), politereftalo de etileno (PET), polimetilmetacrilato (PMMA), polioximetileno (POM) e polipropileno (PP), entretanto, são necessários mais estudos para a compreensão da real associação entre MPS e doença hepática (Horvatits *et al.*, 2022).

## 5. Conclusão

A análise das informações permite concluir que os fragmentos de plásticos sejam elas MPS OU NPS podem induzir a efeitos danosos nos organismos, fato que pode ser observado pelos fenômenos físicos, químicos e biológicos. No primeiro, nota-se a associação a barreiras físicas que induzem processos de inflamação. Já o papel biológico aborda a associação de MPS com alguns seres possivelmente patógenos ao ser humano. Por fim, o papel químico relacionado com o fenômeno da adsorção de substâncias nocivas mostra-se gerador de possível grande malefício.

Dessa forma, o presente artigo buscou analisar as correlações existentes sobre tais efeitos e o impacto que causam sobre a saúde, sendo observadas algumas lacunas que precisam ser melhor abordadas pela comunidade de pesquisadores.

Logo, ainda que exista a presença de estudos realizados recentemente, e que os mesmos apresentem quadros alarmantes sobre a ação danosa desses compostos no ser humano, revela-se essencial a realização de novos estudos sobre os efeitos dos MPS e dos NPS nos seres humanos, decorrentes de sua elevada abrangência em escala mundial.

Assim, a ação dos Microplásticos como possíveis teratógenos, seus efeitos sobre a indução de processos inflamatórios crônicos, a possibilidade de efeitos na cadeia alimentar e a possibilidade da existência de um papel carcinogênico revelam abordagens essenciais para o melhor entendimento do papel dos MPS e NPS são importantes sugestões para trabalhos futuros. Por outro lado a padronização de normas como o tamanho correto de cada fragmento, meios de coleta e preparação dos MPS e NPS das amostras a serem analisadas também são de importante relevância para permitir a comparação entre os estudos de modo a visar uma maior colaboração entre os pesquisadores com o compartilhamento de dados.

## Referências

- Bamai, Y. A., et al (2014). Associations of phthalate concentrations in floor dust and multi-surface dust with the interior materials in Japanese dwellings. *Science of the total environment*, 468, 147-157. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24012901/>.
- Bakir, A., et al (2014). Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions. *Environmental pollution*, 185, 16-23. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24212067/>.
- Banco mundial (2019) Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico do mundo e recicla apenas 1%. <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/brasil-e-o-4o-maior-produtor-de-lixo-plastico-do-mundo-e-recicla- apenas-1>.
- Bardin, L. (2011) Análise de conteúdo. *Edições 70*.
- Blackburn, K., & Green, D. (2021). The potential effects of microplastics on human health: What is known and what is unknown. *Ambio*, 1-13. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34185251/>.2021.
- Boucher, J. & Friot, D. (2017) .Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources Gland, Switzerland. *IUCN*, 43,21. <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>.
- BBC (2022) Microplastics found in human breast milk for the first time. *The guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2022/oct/07/microplastics-human-breast-milk-first-time>.
- Caixeta, D. et al (2022). Microplásticos como indicadores de poluição ambiental e seus efeitos sobre os organismos. *Enciclopedia biosfera*, 19(40). <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/5479>.
- Domenech, J. et al (2021). Long-term effects of polystyrene nanoplastics in human intestinal Caco-2 cells. *Biomolecules*, 11(10), 1442. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34680075/>.
- Endo, S.; Yuyama; M., & Takada, H. (2013). Desorption kinetics of hydrophobic organic contaminants from marine plastic pellets. *Marine pollution bulletin*, 74(1), 125-131. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X13003871>.
- Fapesp (2021). Respirando microplásticos. *Pesquisa FAPESP*, 63 ,305. [https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2021/06/062-063\\_microplasticos\\_305.pdf](https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2021/06/062-063_microplasticos_305.pdf).
- Galvão CM, Sawada NO & Mendes IA. (2003) A busca das melhores evidências. *Rev Esc Enferm USP*. ; 37(4): 43-50. <https://www.scielo.br/j/tce/a/XzFkq6tjWs4wHNqNjKJLkXQ/#>.
- Gesamp (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment. *international maritime organization*. 11. <http://www.gesamp.org/site/assets/files/1275/sources-fate-and-effects-of-microplastics-in-the-marine-environment-part-2-of-a-global-assessment-en.pdf>.
- Groh, K. J., et al (2019). Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of the total environment*, 651, 3253-3268. Overview of Known Plastic Packaging-Associated Chemicals and Their Hazards.
- Hwang, J., et al (2019). An assessment of the toxicity of polypropylene microplastics in human derived cells. *Science of the Total Environment*, 684, 657-669. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.05.071>.
- Horvatits, T et al (2022). Microplastics detected in cirrhotic liver tissue. *EBioMedicine*, 82, 104147. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35835713/#:~:text=Six%20different%20microplastic%20polymers%20ranging,those%20without%20underlying%20liver%20disease>.
- Jenner, L. C., et al (2022). Detection of microplastics in human lung tissue using  $\mu$ FTIR spectroscopy. *Science of The Total Environment*, 831, 154907. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722020009>.
- Karami, A., et al (2017). The presence of microplastics in commercial salts from different countries. *Scientific Reports*, 7(1), 1-11. <https://www.nature.com/articles/srep46173>.
- Kershaw, P. J., et al. (2019). Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean. <http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean>.
- Liang, B., et al (2021). Underestimated health risks: polystyrene micro-and nanoplastics jointly induce intestinal barrier dysfunction by ROS-mediated epithelial cell apoptosis. *Particle and fibre toxicology*, 18(1), 1-19. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12989-021-00414-1>.

- Li, J., et al (2019). Using mussel as a global bioindicator of coastal microplastic pollution. *Environmental pollution*, 244, 522-533. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.032>.
- López-vázquez, J., et al (2022). Mimicking human ingestion of microplastics: Oral bioaccessibility tests of bisphenol A and phthalate esters under fed and fasted states. *Science of the Total Environment*, 826, 154027. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722011196>.
- Lucio, F. T., et al (2019). Disponibilidade e influência dos microplásticos nos seres vivos e ambiente: uma revisão. *Conexão Ci. Formiga, Minas Gerais*, 14(1), 47-55. <https://www.science.org/doi/full/10.1126/sciadv.abd1211>.
- Massos, A., & Turner, A. (2017). Cadmium, lead and bromine in beached microplastics. *Environmental Pollution*, 227, 139-145. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28458244/>.
- Mason, S. A., et al (2018). Synthetic polymer contamination in bottled water. *Frontiers in chemistry*, 407. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30255015/>.
- Montagner, C. C., et al (2021). Microplásticos: Ocorrência Ambiental e Desafios Analíticos. *Química Nova*, 44, 1328-1352. <https://www.scielo.br/j/qn/a/VJ58TBjHVqDZsvWLcckFbTQ/>.
- Napper, I. E., et al (2015). Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Marine pollution bulletin*, 99(1-2), 178-185. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X1500449X>.
- Nelms, S. E., et al (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental pollution*, 238, 999-1007. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749117343294>.
- Mohamed Nor, N. H., Kooi, M., Diepens, N. J., & Koelmans, A. A. (2021). Lifetime Accumulation of Microplastic in Children and Adults. *Environmental science & technology*, 55(8), 5084–5096. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07384>.
- Outram, L., et al (2020). No evidence of microplastic consumption by the copepod, *Temora longicornis* (Müller, 1785) in Chichester Harbour, United Kingdom. *Nauplius*, 28. <https://www.scielo.br/j/nau/a/jzQBQqSmhFRcW59YQChzk4D/?lang=en>.
- ONU (2022). 1/3 do plástico produzido no Brasil pode chegar aos oceanos, mostra estudo. *Exame*. <https://exame.com/esg/1-3-do-plastico-produzido-no-brasil-pode-chegar-aos-oceanos-mostra-estudo/>
- Page, M. J., et al. (2021) The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Research Methods and Reporting*. BMJ: first published as 10.
- Park, C., et al (2020). The mixture effects of bisphenol derivatives on estrogen receptor and androgen receptor. *Environmental Pollution*, 260, 114036. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749119348511>.
- Peng, X., et al (2018). Microplastics contaminate the deepest part of the world's ocean. *Geochemical Perspectives Letters*, 9(1), 1-5. <https://doi.org/10.7185/geochemlet.1829>.
- Peretz, J., et al (2014). Bisphenol A and reproductive health: update of experimental and human evidence, 2007–2013. *Environmental health perspectives*, 122(8), 775-786. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24896072/>.
- Prata J.C. et al. (2018) Airborne microplastics: Consequences to human health. / *Environmental Pollution* 234. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117307686?via%3Dihub>.
- Prata, J. C., et al (2020). Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Science of the total environment*, 702, 134455. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719344468?Via%3Dihub>.
- Ragusa, A., (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, 106274. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020322297.2021>.
- Ragusa, A., et al (2022). Raman microspectroscopy detection and characterisation of microplastics in human breastmilk. *Polymers*, 14(13), 2700. <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/13/2700>.
- Rahman, A., et al (2021). Potential human health risks due to environmental exposure to nano-and microplastics and knowledge gaps: a scoping review. *Science of the Total Environment*, 757, 143872. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143872>.
- Ryan, P. G., et al (2020). Monitoring marine plastics-will we know if we are making a difference? *South African Journal of Science*, 116(5-6), 1-9. [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0038-23532020000300006](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0038-23532020000300006).
- Santillo, D., et al (2017). Microplastics as contaminants in commercially important seafood species. *Integrated environmental assessment and management*, 13(3), 516-521. <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ieam.1909>.
- Santos, C.M.D.C.; Pimenta, C.A.D.M. & Nobre, M.R.C. (2007). The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 15, 508-511.
- Sanchez-gutierrez, F. O. (2021). Retos pos pandemia en la gestión de residuos sólidos. *CienciaAmérica*, 10(1), 11-23. [dx.doi.org/10.33210/ca.v10i1.354](https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.354). Acesso em: 15 de novembro de 2022.
- Sindplast (2022). Os plásticos. <http://www.sindiplast.org.br/os-plasticos/#:~:text=Pl%C3%A1stico%2C%20tem%20seu%20nome%20origin%C3%A1rio,de%2Da%C3%A7%C3%BAcar%20o%20milho>.
- Shruti, VC, F. et al (2020). Primeiro estudo desse tipo sobre a contaminação microplástica de refrigerantes, chá frio e bebidas energéticas – pesquisas futuras e considerações ambientais. *Ciência do Meio Ambiente* Total726: 138580. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138580>.

- Valente, J. V., et al (2021). Avaliação do potencial citotóxico de microplásticos em linhas celulares intestinais, hepáticas e neuronais. *Revista Captar: Ciência e Ambiente para Todos*, 10, 4-4. <https://proa.ua.pt/index.php/captar/article/view/23950/18678>.
- Vilca-quispe, W., et al (2021). Residuos Biocontaminantes, otro Legado del COVID-19. *Producción+ Limpia*, 16(2), 197-211. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v16n2/1909-0455-pml-16-02-197.pdf>.
- Visalli, G., et al (2021). Acute and sub-chronic effects of microplastics (3 and 10  $\mu\text{m}$ ) on the human intestinal cells HT-29. *International journal of environmental research and public health*, 18(11), 5833. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8198674/>.
- Wardrop, P., et al (2016). Chemical pollutants sorbed to ingested microbeads from personal care products accumulate in fish. *Environmental science & technology*, 50(7), 4037-4044. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26963589/>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.
- Walczak, A. P., et al (2015). Translocation of differently sized and charged polystyrene nanoparticles in in vitro intestinal cell models of increasing complexity. *Nanotoxicology*, 9(4), 453-461. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25093449/>.
- W.h.o. Microplastics in drinking-water. .2019. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241516198>.
- Wu, P., et al (2020). Consequential fate of bisphenol-attached PVC microplastics in water and simulated intestinal fluids. *Environmental Science and Ecotechnology*, 2, 100027. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36160922/>.
- Xiong, X., et al (2018). Sources and distribution of microplastics in China's largest inland lake—Qinghai Lake. *Environmental pollution*, 235, 899-906. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2017.12.081>.
- Yang, D., et al (2022). Polystyrene micro-and nano-particle coexposure injures fetal thalamus by inducing ROS-mediated cell apoptosis. *Environment International*, 166, 107362. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35749991/>.
- Yee, M. S. L., et al (2021). Impact of microplastics and nanoplastics on human health. *Nanomaterials*, 11(2), 496. <https://www.mdpi.com/2079-4991/11/2/496>.
- Zettler, E. R., et al (2013). Life in the “plastisphere”: microbial communities on plastic marine debris. *Environmental science & technology*, 47(13), 7137-7146. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es401288x>.
- Zhang, E., et al (2022). Association of zoonotic protozoan parasites with microplastics in seawater and implications for human and wildlife health. *Scientific reports*, 12(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10485-5>.