REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

Microplásticos.

Pequenos Poluentes, Grandes Problemas.

Catarina Guimarães, Ivo Pinto, Sara Rodrigues, Sara C. Antunes
U. Porto

CATEGORIA
Artigo

CITAÇÃO
Guimarães, C. *et al.* (2025) Microplásticos, *Rev. Ciência Elem.*, V13(03):000. doi.org/10.24927/rce2025.000

EDITOR
João Nuno Tavares
Universidade do Porto

EDITOR CONVIDADO
Jorge Canhoto
Universidade de Coimbra

RECEBIDO EM
12 de março de 2025

ACEITE EM
31 de julho de 2025

PUBLICADO EM

COPYRIGHT
© Casa das Ciências 2025. Este artigo é de acesso livre, distribuído sob licença Creative Commons com a designação CC-BY-NC-SA 4.0, que permite a utilização e a partilha para fins não comerciais, desde que citado o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org

Os microplásticos são pequenas partículas plásticas que podem resultar da fragmentação de plásticos maiores ou serem produzidas intencionalmente para uso comercial. O descarte inadequado, aliado à ineficácia dos sistemas convencionais de tratamento da água na remoção destes poluentes, contribui para a sua acumulação no ambiente, sobretudo nos ecossistemas aquáticos. Devido à sua ampla distribuição e persistência, os microplásticos podem causar impactes negativos nos ecossistemas e na biodiversidade, além de representar um potencial risco para a saúde humana, tornando-se assim uma preocupação ambiental emergente.

A poluição, nas suas diversas formas, é um problema ambiental que afeta ecossistemas terrestres e aquáticos em todo o mundo[1]. Entre os poluentes mais preocupantes da atualidade destacam-se os plásticos[2]. Estes apresentam características particulares como versatilidade, flexibilidade, resistência e baixo custo, o que leva a que sejam produzidos e utilizados diariamente em grandes quantidades em todo o mundo[3]. A produção em massa dos plásticos teve início em 1950, tendo sido produzidas mundialmente 1,5 milhões de toneladas nesse ano[4]. Porém, com o crescente aumento populacional e consequente procura por estes materiais, também a sua produção sofreu um crescimento exponencial, tendo-se atingido, em 2023, 413,8 milhões de toneladas de produção de plástico a nível mundial[5]. No entanto, esta crescente produção e utilização não foram acompanhadas de estratégias sustentáveis de reutilização e reciclagem. Estima-se que de todo o plástico produzido até hoje, apenas cerca de 9% tenha sido reciclado[6]. O restante plástico, uma vez descartado, tem vindo a acumular-se no ambiente, passando por diferentes processos de degradação (por exemplo, mecânica, química e/ou biológica)[7]. Destes processos de degradação e fragmentação resultam partículas plásticas cada vez mais pequenas, denominadas microplásticos, com tamanho entre 0,001 e 5 mm[8] (FIGURA 1). Como a quantidade de plástico descartada no ambiente é muito superior à capacidade de eliminação, os resíduos plásticos, especialmente na forma de microplásticos, têm vindo a acumular-se, sobretudo nos ecossistemas aquáticos, produzindo um tipo de poluição irreversível[9,10].

Os microplásticos que resultam da fragmentação de plásticos de maiores dimensões podem ser classificados como secundários quanto à sua origem (FIGURA 1). No entanto, também existem microplásticos produzidos intencionalmente com tamanho entre 0,001 e 5 mm para fins comerciais, como os utilizados em abrasivos de produtos de limpeza, esfoliantes e pellets, sendo estes classificados como primários[11]. Os microplásticos podem ainda ser classificados com base na sua tipologia e cor (FIGURAS 1 e 2). Em relação à tipologia, esta refere-se ao formato das partículas que podem ser classificadas como fibras, fragmentos, filmes, pellets, espumas ou tintas (FIGURAS 1 e 2). Quanto à cor, os microplásticos podem ser de uma cor (por exemplo, preto, azul, vermelho, verde, branco, entre outras), transparentes ou multicoloridos[12] (FIGURA 1).

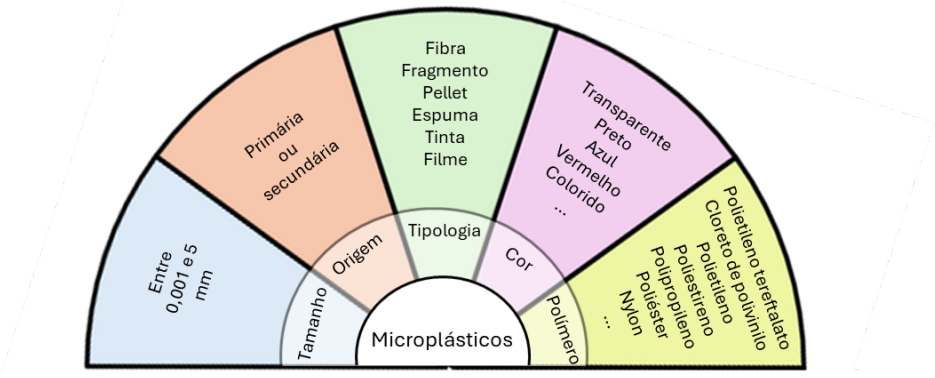


FIGURA 1. Classificação de microplásticos conforme o tamanho, origem, tipologia, cor e tipo de polímero. (Adaptado de Rani-Borges *et al.*[13]).

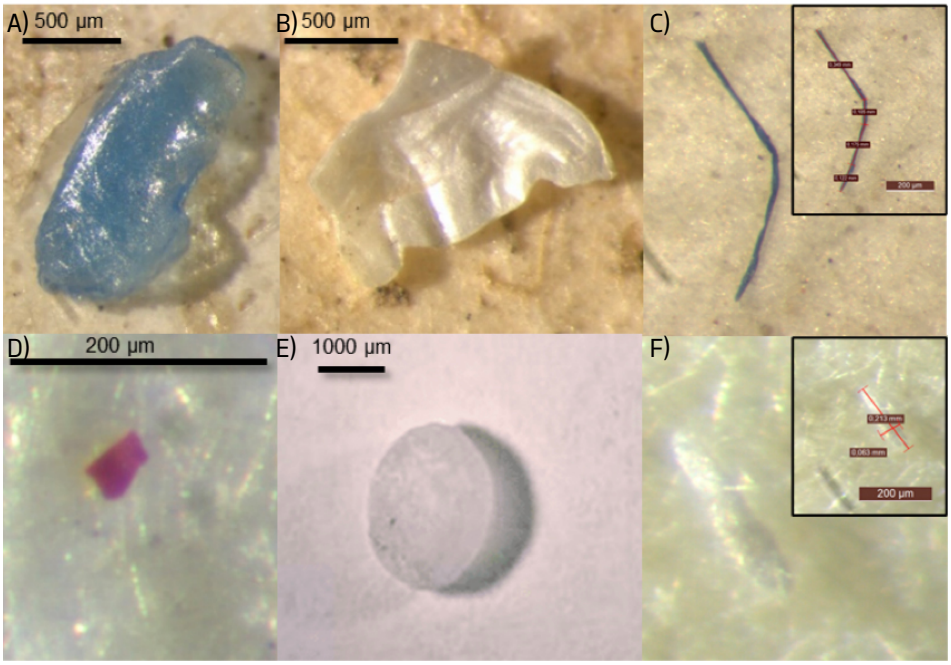


FIGURA 2. Diversidade de microplásticos. A) Fragmento azul. B) Filme branco. C) Fibra azul. D) Fragmento de tinta vermelho. E) Pellet branca. F) Espuma branca, e diferentes formas de medição das partículas com *software* de análise de imagem.

Adicionalmente, conforme a sua composição química, as partículas podem corresponder a diferentes tipos de polímeros (FIGURAS 1 e 3). Atualmente, a técnica *Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (ATR-FTIR) é uma das mais utilizadas para identificar o tipo de polímero em macro e microplásticos[14,15]. Esta técnica consiste em direcionar radiação infravermelha através de um cristal com alto índice de refração, como o diamante, que está em contato direto com o plástico. Quando a luz infravermelha incide no cristal, gera uma onda evanescente que penetra na superfície do plástico, interagindo com as vibrações atómicas das moléculas e produz um espectro de absorção/transmitância[15,16] (FIGURA 3). Observando os polímeros, cada tipo possui um espectro único, o que permite a sua identificação por comparação de espectros[17]. No entanto, é preciso garantir que o cristal ATR cobre completamente o plástico a analisar, sendo importante considerar o tamanho das partículas de plástico para garantir a produção de um espectro sem interferências[15]. A identificação do tipo de polímero

permite relacioná-lo com as suas possíveis fontes, uma vez que diferentes polímeros são utilizados para fabricar diferentes materiais (FIGURA 3). Além disso, o tipo de polímero influencia a densidade das partículas, o que pode afetar o seu destino e distribuição no ambiente (por exemplo, no meio aquático, influencia se ocorrerá deposição nos sedimentos ou se as partículas permanecerão suspensas na coluna de água)[18].

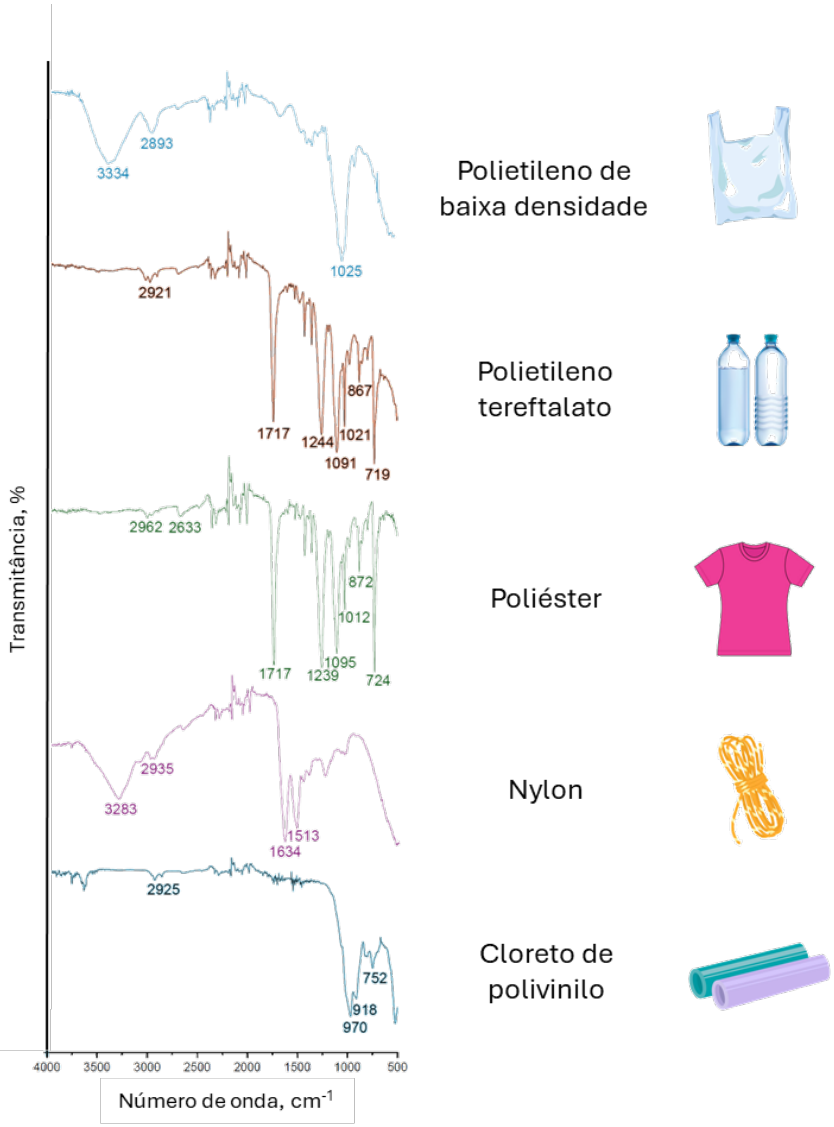


FIGURA 3. Espectro ATR-FTIR de diferentes polímeros de plástico e exemplos de algumas aplicações.

Os microplásticos podem ser libertados para o ambiente através de diversas fontes, tanto terrestres como aquáticas, sendo que, na maioria dos casos acabam por acumular-se nos ecossistemas aquáticos (FIGURA 4). Entre as fontes terrestres, a indústria cosmética e a indústria de produtos de higiene destacam-se como setores que mais utilizam microplásticos (por exemplo, cremes, esfoliantes faciais e pastas de dentes). Também a indústria têxtil utiliza fibras sintéticas, como poliéster, nylon e acrílico, que são continuamente libertadas durante as lavagens do vestuário[19, 20]. Uma vez que as estações de tratamento de água residuais (ETARs) convencionais não conseguem reter na totalidade estes poluentes, uma percentagem de microplásticos acaba por ser descarregada juntamente com os efluentes nos

ecoreceptores ambientais, nomeadamente em rios[11, 21]. Além disso, a limpeza de navios, realizada com abrasivos que contêm partículas plásticas, promove também a libertação de fragmentos de tinta, classificados também como partículas de microplásticos, especialmente em ecossistemas aquáticos de transição. O desgaste de pneus dos meios de transporte representa um exemplo de libertação de microplásticos no meio terrestre, que por escoamento superficial ou pelo vento acabam por ser observados também nos ecossistemas aquáticos[22]. Adicionalmente, a utilização de plásticos em algumas práticas agrícolas é também uma importante fonte de microplásticos no ambiente[23]. No que diz respeito às fontes aquáticas, atividades como a pesca comercial ou desportiva, a aquacultura, o transporte e turismo naval, além da indústria offshore, estão entre as principais responsáveis pela libertação de microplásticos para os ecossistemas aquáticos[24]. Destas atividades podem resultar diversos tipos de microplásticos através da libertação de fragmentos de tinta dos barcos, de fibras de redes de pesca, de partículas de esferovite de embalagens, de resíduos plásticos utilizados em embarcações, entre outros[24, 25].

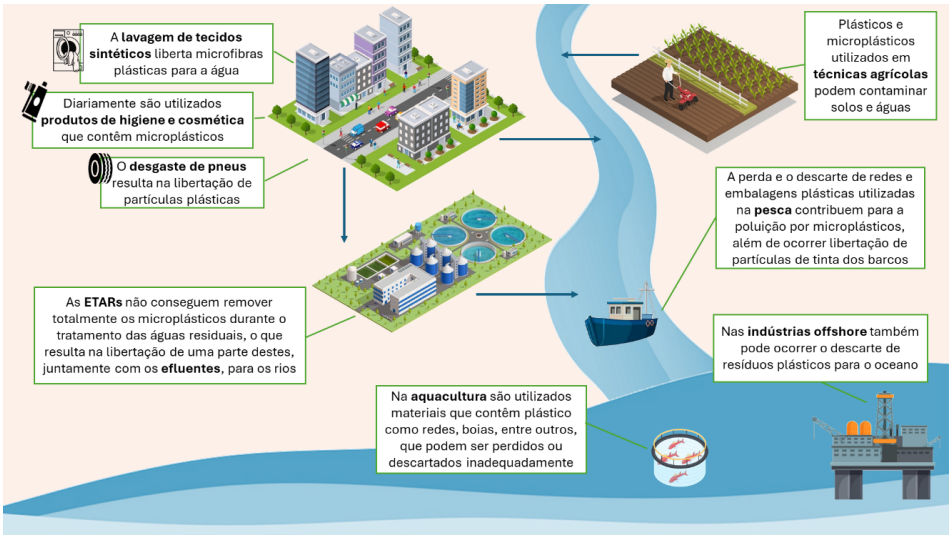


FIGURA 4. Diferentes fontes de microplásticos no meio terrestre e no meio aquático.

Uma vez nos ecossistemas, os microplásticos contribuem para a perda de qualidade dos mesmos e para a redução da biodiversidade[26, 27]. Devido ao reduzido tamanho, os microplásticos são facilmente confundidos com alimento e, ingeridos por invertebrados e peixes, induzindo falsa sensação de saciedade, respostas inflamatórias, obstrução intestinal, intoxicação por substâncias químicas, entre outros[28]. Mais ainda, estas partículas podem acumular-se ao longo da teia alimentar, atingindo níveis tróficos superiores, incluindo os seres humanos, representando assim um potencial perigo para a saúde humana[29]. Adicionalmente, as características físicas e químicas dos microplásticos (por exemplo, elevada razão entre área superficial e volume; superfície apolar) propiciam a adsorção de contaminantes na sua superfície[30, 31]. Aliado a isto, na superfície dos microplásticos, tendem a formar-se camadas de biofilmes compostos por microrganismos (bactérias e algas), que funcionam como um novo ecossistema – a plastisfera. Estas camadas também facilitam a adsorção de substâncias, potencializando ainda mais o papel dos microplásticos como vetores de contaminantes e de substâncias tóxicas para os organismos que os ingerem, ou para o ecossistema[30, 32].

Assim, devido aos efeitos sobre a fauna e a flora e à elevada abundância em diversos ecossistemas, resultante da libertação contínua e da elevada resistência à degradação, os microplásticos são atualmente considerados poluentes emergentes[33, 34]. O interesse científico por estes poluentes tem sido exponencial, porém, este é um tópico ainda recente, e os seus impactes, sobretudo para a saúde humana, continuam sob investigação. Além disso, grande parte dos estudos existentes sobre microplásticos ainda se concentra em ambientes marinhos[35, 36], embora a sua presença já tenha sido detetada em locais remotos (por exemplo, desertos, Oceano Ártico)[9]. É fundamental continuar a aprofundar o estudo dos microplásticos por meio de diversas abordagens, tais como a análise de amostras ambientais para quantificação e caracterização das partículas, a realização de estudos ecotoxicológicos para avaliar os efeitos sobre os organismos, entre outras. Compreender melhor estes fatores contribuirá para a implementação e o reforço de medidas de prevenção e mitigação deste tipo de poluição, incluindo a substituição por materiais biodegradáveis, a melhoria dos processos de tratamento de águas residuais e a regulamentação do uso de plásticos e microplásticos em inúmeros produtos.

Agradecimentos.

Esta pesquisa foi financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (através do COMPETE2030 e do PT2030) através do projeto de investigação 2Qua (COMPETE2030-FEDER-00691700 n.º 015807), e pelo Programa Estratégico do CIIMAR (UIDB/04423/2020 e UIDP/04423/2020), UMIB (UIDB/00215/2020 e UIDP/00215/2020) e ITR (LA/P/0064/2020).

REFERÊNCIAS

[1] HÄDER, D. P., *et al.*, *Anthropogenic pollution of aquatic ecosystems: emerging problems with global implications*, *Science of the Total Environment*, 713. 2020.

[2] BORRELLE, S. B. *et al.*, *Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution*, *Science*, 369, 1515-1518. 2020.

[3] BERTOLDI, C. *et al.*, *First evidence of microplastic contamination in the freshwater of Lake Guaíba, Porto Alegre, Brazil*, *Science of the Total Environment*, 759, 143503. 2021.

[4] EUROPEAN COURT OF AUDITORS, *EU action to tackle the issue of plastic waste*, Review nº 4. 2020.

[5] PLASTICS EUROPE, *Plastics – the fast Facts*. 2024.

[6] OECD, *Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options*, *OECD Publishing*, Paris. 2022.

[7] BAJT, O., *From plastics to microplastics and organisms*, *FEBS Open Bio*, 11(4), 954–966. 2021.

[8] FRIAS, J. P. G. L., & NASH, R., *Microplastics: finding a consensus on the definition*, *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145–147. 2019.

[9] MACLEOD, M. *et al.*, *The global threat from plastic pollution*, *Science*, 373, 61-65. 2021.

[10] ZHANG, K. *et al.*, *Accumulation of floating microplastics behind the Three Gorges Dam*, *Environmental Pollution*, 204, 117–123. 2015.

[11] COLE, M. *et al.*, *Microplastics as contaminants in the marine environment: a review*, *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. 2011.

[12] GAGO, J. *et al.*, *Standardised protocol for monitoring microplastics in seawater*, *Deliverable 4.1. JPI-Oceans BASEMAN project*, 33pp. 2018.

[13] RANI-BORGES, B. *et al.*, *Plásticos e microplásticos: poluição em reservatórios. In Aspectos da ecotoxicidade em ambientes aquáticos*, *São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo*. 2022.

[14] MISERLI, K. *et al.*, *Screening of Microplastics in Aquaculture Systems (Fish, Mussel, and Water Samples) by FTIR, Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive Spectroscopy and Micro-Raman Spectroscopies*, *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(17). 2023.

[15] XU, J. L. *et al.*, *FTIR and Raman imaging for microplastics analysis: state of the art, challenges and prospects. TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 119. 2019.

[16] NANDIYANTO, A. B. D. *et al.*, *How to read and interpret ftir spectroscope of organic material*, *Indonesian Journal of Science and Technology*, 4(1), 97–118. 2019.

[17] CHARLES, J., & RAMKUMAAR, G. R., *Qualitative Analysis of High Density Polyethylene Using FTIR Spectroscopy. Asian Journal of Chemistry*, 21(6). 2009.

[18] KHALID, N. *et al.*, *Linking effects of microplastics to ecological impacts in marine environments*, *Chemosphere*, 264. 2021.

[19] BROWNE, M. A., *Sources and Pathways of Microplastics to Habitats. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (eds) Marine Anthropogenic Litter*, *Springer, Cham*. 2015.

[20] Osman, A. I. *et al.*, *Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review*, *Environmental Chemistry Letters*, 21(4), 2129–2169. 2023.

[21] GOLWALA, H. *et al.*, *Solid waste: An overlooked source of microplastics to the environment*, *Science of the Total Environment*, 769. 2021.

[22] BOUCHER, J. & FRIOT, D., *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*, *IUCN*. 2017.

[23] KALLENBACH, E. M. F. *et al.*, *Microplastics in Terrestrial and Freshwater Environments. In: Bank, M.S. (ed) Microplastic in the Environment: Pattern and Process. Book series: Environmental Contamination Remediation and Management. 87-130*, Springer International Publishing, Cham. 2022.
[24] TAMBURRI, M. N. *et al.*, *Understanding the potential release of microplastics from coatings used on commercial ships*, Frontiers in Marine Science, 9. 2022.
[25] KURODA, M. *et al.*, *Abundance and potential sources of floating polystyrene foam macro- and microplastics around Japan*, Science of the Total Environment, 925. 2024.
[26] MA, H. *et al.*, *Microplastics in aquatic environments: Toxicity to trigger ecological consequences*, Environmental Pollution, 261. 2020.
[27] XU, S. *et al.*, *Microplastics in aquatic environments: occurrence, accumulation, and biological effects*, Science of the Total Environment, 703. 2020.
[28] WRIGHT, S. L. *et al.*, *The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review*, Environmental pollution, 178, 483–492. 2013.
[29] LI, C. *et al.*, *Assessment of microplastics in freshwater systems: a review*, Science of the Total Environment, 707. 2020.
[30] CARBERY, M. *et al.*, *Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health*, Environment International, 115, 400–409. 2018.
[31] LIU, L. *et al.*, *On the degradation of (micro)plastics: degradation methods, influencing factors, environmental impacts*, Science of the Total Environment, 806. 2022.
[32] LENOBLE, V. *et al.*, *Bioaccumulation of trace metals in the plastisphere: Awareness of environmental risk from a European perspective*, Environmental Pollution, 348. 2024.
[33] FU, L. *et al.*, *Adsorption behavior of organic pollutants on microplastics*, Ecotoxicology and Environmental Safety, 217. 2021.
[34] HUBE, S., & WU, B., *Mitigation of emerging pollutants and pathogens in decentralized wastewater treatment processes: a review*, Science of the Total Environment, 779. 2021.
[35] ALOMAR, C. *et al.*, *Monitoring microplastics in coastal waters of a biosphere reserve: a case study in Menorca (Spain)*, Environmental Science and Pollution Research International, 31(1), 882–894. 2024.
[36] FERREIRA, O. *et al.*, *Microplastics in marine mussels, biological effects and human risk of intake: a case study in a multi-stressor environment*, Marine Pollution Bulletin, 197. 2023.