



EFEITOS DOS MICRO E NANOPLÁSTICOS NA IMUNOMODULAÇÃO HUMANA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Jamily Izabel Alves dos Santos (Universidade Federal do Cariri - UFCA – family.izabel@aluno.ufca.edu.br)

Valéria dos Santos Turbano (Universidade Federal do Cariri - UFCA – valeria.turbano@aluno.ufca.edu.br)

Lorena Carla Dantas de Amorim (Universidade Federal do Cariri - UFCA – lorenaamorim@doctor.com)

RESUMO: Plásticos são polímeros sintéticos amplamente presentes em diversos materiais do cotidiano humano, cuja produção tem aumentado progressivamente nas últimas décadas. Microplásticos (MPs) e nanoplásticos (NPs) são resíduos plásticos disseminados no meio ambiente, com estimativas indicando que, até 2020, foram produzidas 8,3 bilhões de toneladas métricas de plásticos e que cerca de 51 trilhões de MPs flutuam nos oceanos. Evidências recentes apontam que esses fragmentos podem interagir com células humanas, afetando processos biológicos e potencialmente comprometendo a saúde, além de poderem exacerbar ou potencializar doenças imunomediadas, como lúpus eritematoso sistêmico (LES), artrite reumatoide (AR), psoríase e doenças inflamatórias intestinais (DII). Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar, com base na literatura atual, os efeitos de MPs e NPs na imunomodulação de células humanas. Para isso, realizou-se uma revisão sistemática seguindo as diretrizes do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), nas bases de dados PubMed, Web of Science, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e Scopus, abrangendo o período de 22 de maio de 2017 a 29 de julho de 2025. Foram utilizados os termos dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): “Microplastics”, “Plastic Nanoparticles”, “Immune Response”, “Immune System” e “Human Health”. Incluíram-se estudos experimentais *in vivo* e *in vitro*, em inglês, português e espanhol, que investigassem o impacto de MPs e NPs na imunomodulação de células humanas, sendo excluídos trabalhos não originais ou fora do escopo temático. Foram recuperados 879 estudos, dos quais 17 atenderam aos critérios de inclusão, sendo 94% *in vitro* e 6% com abordagem *in vivo* complementar, utilizando modelos humanos, incluindo células intestinais, hepáticas, cutâneas, imunológicas e sangue periférico. O poliestireno (PS) foi o polímero mais investigado (71%), seguido por polipropileno (PP, 12%), politereftalato de etileno (PET, 9%) e polimetilmetacrilato (PMMA, 8%), com tamanhos variando de 25 nm a 10 µm. Aproximadamente 65% dos trabalhos relataram efeitos dependentes do tamanho, sendo que partículas menores apresentaram maior taxa de internalização, enquanto partículas maiores induziram respostas inflamatórias mais intensas. Entre as respostas celulares observadas, 76% dos estudos relataram aumento de citocinas pró-inflamatórias, principalmente IL-6, TNF- α e IL-1 β ; 53% demonstraram estresse oxidativo, incluindo aumento de espécies reativas de oxigênio (EROs) e disfunção mitocondrial; e 41% relataram alterações estruturais ou metabólicas, como acúmulo de lipídios e ativação autofágica. Observou-se ainda que NPs entre 100 e 500 nm induziram ativação de monócitos e células dendríticas, enquanto partículas menores que 50 nm apresentaram efeitos mais moduladores. Em conclusão, MPs e NPs, mesmo em baixas concentrações, podem interagir com diferentes tipos celulares e desencadear respostas inflamatórias, oxidativas e imunológicas, sugerindo potenciais efeitos cumulativos à saúde humana, incluindo alterações nas funções das respostas imunes. Esses achados reforçam a necessidade de estudos mais prolongados e abrangentes, bem como de estratégias para mitigação de riscos e de políticas de proteção ambiental e da saúde.

Palavras-chave: Plásticos; Inflamação; Doenças Autoimunes; Saúde Humana; Meio Ambiente.

EFFECTS OF MICRO- AND NANOPLASTICS ON HUMAN IMMUNOMODULATION: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT: Plastics are synthetic polymers widely present in various materials of daily human use, and their production has increased progressively over recent decades. Microplastics (MPs) and nanoplastics (NPs) are plastic residues dispersed in the environment, with estimates indicating that by 2020, 8.3 billion metric tons of plastics had been produced and approximately 51 trillion MPs were floating in the oceans. Recent evidence suggests that these fragments can interact with human cells, affecting biological processes and potentially compromising health, as well as exacerbating or promoting immune-mediated diseases such as systemic lupus erythematosus (SLE), rheumatoid arthritis (RA), psoriasis, and inflammatory bowel diseases (IBD). In this context, the present study aimed to evaluate, based on current literature, the effects of MPs and NPs on the immunomodulation of human cells. A systematic review was conducted following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines in the PubMed, Web of Science, Virtual Health Library (BVS), and Scopus databases, covering the period from May 22, 2017, to July 29, 2025. The following Health Science Descriptors (DeCS) terms were used: “Microplastics,” “Plastic Nanoparticles,” “Immune Response,” “Immune System,” and “Human Health.” Experimental *in vivo* and *in vitro* studies in English, Portuguese, and Spanish that investigated the impact of MPs and NPs on the immunomodulation of human cells were included, while non-original works or studies outside the thematic scope were excluded. A total of 879 studies were retrieved, of which 17 met the inclusion criteria, with 94% *in vitro* and 6% using complementary *in vivo* approaches, employing human models including intestinal, hepatic, cutaneous, immune cells, and peripheral blood. Polystyrene (PS) was the most investigated polymer (71%), followed by polypropylene (PP, 12%), polyethylene terephthalate (PET, 9%), and polymethyl methacrylate (PMMA, 8%), with sizes ranging from 25 nm to 10 μm . Approximately 65% of the studies reported size-dependent effects, with smaller particles showing higher internalization rates, while larger particles induced stronger inflammatory responses. Among the observed cellular responses, 76% of studies reported increased pro-inflammatory cytokines, mainly IL-6, TNF- α , and IL-1 β ; 53% demonstrated oxidative stress, including increased reactive oxygen species (ROS) and mitochondrial dysfunction; and 41% reported structural or metabolic alterations, such as lipid accumulation and autophagic activation. Furthermore, NPs between 100 and 500 nm induced activation of monocytes and dendritic cells, whereas particles smaller than 50 nm showed more modulatory effects. In conclusion, MPs and NPs, even at low concentrations, can interact with different cell types and trigger inflammatory, oxidative, and immunological responses, suggesting potential cumulative effects on human health, including alterations in immune response functions. These findings highlight the need for longer and more comprehensive studies, as well as strategies for risk mitigation and policies for environmental and public health protection.

Keywords: Plastics; Inflammation; Autoimmune Diseases; Human Health; Environment.