

DISPONIBILIDADE E INFLUÊNCIA DOS MICROPLÁSTICOS NOS SERES VIVOS E AMBIENTE: UMA REVISÃO

Availability and influence of microplastics on living organisms and environment: a review.

Fabiola Terra Lucio¹; Diane Marques Magnoni¹; Veronica Elisa Pimenta Vicentini¹; Helio Conte¹.

¹ Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil.

Resumo

Introdução: Microplásticos (MPCs) são fragmentos plásticos menores do que 5mm de diâmetro. Eles podem ser formados pela indústria (MPCs primários) ou de detritos gerados a partir dos macroplásticos (MPCs secundários). **Objetivo:** Essa revisão objetiva explorar a disponibilidade e os danos dos MPCs no ambiente, nos seres vivos e principalmente na saúde humana. **Metodologia:** Coleta de dados foi realizada no período de Outubro a Dezembro de 2017, nas bases eletrônicas: Scielo, Pubmed, Science Direct, Periódicos CAPES e Google Acadêmico, publicadas no período de 2008 à 2018. **Resultados:** Nos últimos anos essas partículas tiveram um aumento significativo no ambiente, no Brasil e em diversas partes do mundo, conduzindo os estudiosos a realizarem diversos experimentos com intuito de verificar a abrangência, disponibilidade e impacto dos MPCs no meio-ambiente. Os seres-vivos têm se mostrado suscetíveis à absorção de MPCs, levando ao acúmulo destas partículas plásticas ao longo da cadeia alimentar podendo gerar consequências no ambiente. Várias pesquisas têm sido desenvolvidas em animais, entretanto, em humanos há uma grande escassez de trabalhos, necessitando de análises que visam entender a interação entre MPCs e o ser humano. Devido à dimensão que os MPCs alcançaram, alguns países criaram leis que proibiram o uso das microesferas em cosméticos. **Conclusão:** O Brasil ainda não possui leis que limitem o uso de microplásticos pelas indústrias e nem alternativas para a retirada desses fragmentos pelo tratamento da água, visto que eles já estão presentes nas águas brasileiras, assim é necessário o desenvolvimento de políticas públicas e alternativas sustentáveis para este problema.

Palavras-Chave: Partículas plásticas; Micropartícula; Contaminação; Água; Ser humano.

Autor correspondente:

Fabiola Terra Lucio

*Endereço: Av. Colombo, n.5790, Bloco H67, Sala 11, Jardim
Universitário*

*Departamento de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular,
Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87020-900.*

Recebido em: 26/03/2018

Revisado em: 13/12/2018

Aceito em: 22/03/2019

Publicado em: 29/03/2019

Abstract

Introduction: Microplastics (MPCs) are plastic fragments smaller than 5mm diameter. They can be formed by industry (primary MPCs) or debris generated from macroplastic (secondary MPCs). **Objective:** This review aims to explore the availability of MPCs in the environment, live organisms and especially in human health. **Methodology:** Data from the presente study was carried out from October to December 2017 in the electronic databases: Scielo, Pubmed, Science Direct, CAPES Periodicals and Google Scholar, published from 2008 to 2018. **Results:** These particles have had a significant increase in the environment in the last years, in Brazil and in various parts of the world leading the the researchers on several experiments in order to verify the scope, availability and the impact of MPCs in the environment. MPCs have proved to be susceptible of being absorbed by living organisms, leading to accumulation along the food chain and it might have consequences in the environment. Although several surveys have been conducted in animals, in humans there are few studies, so is necessary analyzing and understand the interaction between MPCs and human organism. Due to this problem size with MPCs, some countries created laws that prohibit the use of microspheres in cosmetics. **Conclusion:** Actually, Brazil does not have laws limiting the use of MPCs by industries and doesn't have any alternatives for water treatment, since MPCs are already present in Brazilian waters, hence is necessary the development of public services and sustainable alternatives to this problem.

Keywords: Plastic particles; Microparticle; Contamination; Water; Human.

Introdução

O termo plástico é derivado da palavra grega “plastikos”, que significa moldagem, e atualmente é um termo geral utilizado para uma gama de polímeros sintéticos ou semi-sintéticos¹.

O plástico é um material utilizado em indústrias de embalagens, construção civil, automotivas, têxteis, eletrônicos, agricultura, aplicações domésticas, saúde e equipamentos de segurança, presente abundantemente em vários materiais utilizados pelo ser humano em seu dia-a-dia².

A produção mundial de plásticos é crescente e somente em 2016 foram produzidos cerca de 300 milhões de toneladas desse material³. Já em 2015, a produção foi de 260 milhões, onde a América Latina representa 5% da produção mundial, o Brasil é responsável por quase a metade desta produção, com 6,3 milhões de toneladas concentradas nos macroplásticos: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poli (cloreto de vinila) (PVC), Poli (tereftalato de etileno) (PET) e os Plásticos de engenharia⁴.

Uma outra classe que vem se destacando nos últimos anos, é a dos microplásticos (MPCs), conhecidos como pedaços de fragmentos de plásticos menores do que 5 mm de diâmetro. A primeira evidência de fragmentos de micropartículas plásticas no meio ambiente foi relatada em 1970 por Carpenter e Smith⁵ desde então, vários estudos sobre o impacto negativo dos MPCs foram relatados⁶.

Sua origem pode ser primária, na qual as partículas largamente utilizadas na indústria de produtos

personais e de cosméticos, em creme dental, esfoliantes, sabonetes, além de roupas e de fluidos de perfuração, ou secundária, advinda da fragmentação dos macroplásticos por meio da radiação UV, aumento de temperatura e/ou do atrito, e ainda quanto mais persistência dos MPCs no meio ambiente significa que eles se tornarão menores e mais tóxicos ao longo do tempo^{3,7,6,8,9}.

Um produto comercial considerado microplástico primário que merece destaque são os brocais e glitters, formados de PVC e PET, materiais utilizados em pré-escolas e largamente pelas escolas de samba nos festivais carnavalescos (festa de tradição cultural do cristianismo ocidental) em roupas, fantasias, adereços e alegorias. A proibição da utilização do glitter tem gerado debates entre autoridades, ambientalistas e a comunidade industrial. Embora haja especulações sobre o comércio de um glitter biodegradável, no entanto não há registros oficiais em relação aos mesmos¹⁰.

Todavia, a grande produção plástica acaba se fragmentando, sofrendo o processo de lixiviação e propagação em toda a biosfera, tornando-se uma ameaça global inclusive dos poluentes que se acumulam principalmente, nos oceanos, ambientes aquáticos continentais e no solo, todo esse processo expõe os organismos à partículas de plástico e aditivos químicos liberados dos detritos plásticos resultantes dos produtos consumidos pela sociedade^{8,11}.

O objetivo desta revisão é explorar a disponibilidade dos MCPs no ambiente, nos seres vivos e principalmente em humanos, tendo em vista que as partículas plásticas podem alterar potencialmente o ecossistema de forma a comprometer a qualidade de vida dos seres humanos.

Metodologia

Este estudo constituiu-se de uma revisão bibliográfica, realizada no período de Outubro a Dezembro de 2017, na qual a coleta de dados baseou-se em consultas de leis, livros, diretrizes e artigos originais disponíveis em língua portuguesa e inglesa, nas bases eletrônicas, Scielo, Pubmed, Science Direct, Periódicos CAPES e Google Acadêmico, no período de 2008 à 2018. A estratégia utilizada para a seleção dos artigos foi a consulta manual em listas de referências, com base na leitura do título e do resumo que abordassem o tema proposto (microplásticos), e como palavras-chave para a pesquisa foram utilizadas: microplásticos, partículas plásticas, microplásticos no ambiente, microplásticos e saúde humana.

Resultados e Discussões

Microplásticos no ambiente

Os MCPs estão presentes em diversos ambientes abrangendo praticamente todos os continentes do globo terrestre. Conforme mostram duas pesquisas, em andamento, de Boske, Behrens e Vijver¹² o projeto “Ciência cidadã” abrange pessoas de diversos lugares do planeta que contribuem e participam com o mesmo fotografando, informando a localização exata, por meio das coordenadas geográficas, e coletando amostras dos sedimentos para posterior análise no laboratório central da Universidade de Leiden na Holanda. E a outra pesquisa, consiste em estudos de casos ao redor da costa holandesa e nas pequenas Antilhas no Caribe. Os resultados desses experimentos poderão ser comparados com os dados do projeto anterior. Os autores salientaram a importância da participação da sociedade em propagar o conhecimento adquirido sobre o assunto em questão, bem como a busca pela conscientização das pessoas sobre a presença dos MCPs por toda a Terra.

A distribuição de partículas plásticas, também foi avaliada por pesquisadores indianos, na orla das praias do Chennai durante os eventos de pré e pós-inundações, e constatada a abundância de materiais compostos de PE e PP. As amostras coletadas no mês de novembro eram compostas de partículas brancas, recém formadas e com maior quantidade em relação às amostras do mês de março do ano seguinte, que apresentavam coloração branca-amarelada, mostrando indícios de envelhecimento, degradação e adsorção de poluentes à superfície plástica¹³. Em um outro estudo, ingleses realizaram um levantamento em quatro complexos estuários em Solent no Reino Unido e encontraram uma quantidade considerável de partículas plásticas na coluna de água, com

predomínio de fibras, seguido de microesferas, distribuídas em diversos lugares¹⁴.

No trabalho desenvolvido por Nel et al.¹⁵ ao longo do litoral da África do Sul foi possível observar o equilíbrio na quantidade de MPCs em regiões com densidades populacionais diferentes, indicando que a urbanização contribuiu para a poluição microplástica, e além disso, nos portos do litoral africano também há o descarte de partículas plásticas, colaborando com a contaminação aquática da região. Outra análise foi realizada por pesquisadores japoneses no Oceano Antártico em uma expedição para o recolhimento amostral, e esta indicou uma densa poluição plástica na região sul em relação ao Oceano do Hemisfério Norte. Estes resultados preocupam os cientistas sobre a ampla distribuição de MPCs nas águas marinhas¹⁶.

Os detritos microplásticos estão dispersos na América conforme identificaram Zbyszewski et al.¹⁷ em uma avaliação nas águas dos Grandes Lagos no Canadá. A amostragem abrangeu os lagos Erie, St Clair e Huron, totalizando 5602 partículas plásticas analisadas, predominando PE e PP. Foi verificado que os tipos e variedades de partículas plásticas dos lagos são análogos aos detritos plásticos marinhos.

Algumas pesquisas desenvolvidas no Brasil demonstraram como um todo que a poluição microplástica já é uma realidade nos sedimentos, nas águas das praias e rios, e no país. Os pesquisadores brasileiros da Universidade Fluminense investigaram diversas praias da Baía de Guanabara no Rio de Janeiro, em duas estações distintas, e observaram que os MCPs foram as partículas mais abundantes entre todos os sedimentos. Durante o verão, a praia do Galeão se destacou contendo 50% de todas as partículas plásticas da Baía de Guanabara, e no inverno a praia do São Francisco apresentou cerca de 35%, onde a origem dessa poluição pode ser advinda dos rios de água doce, da pesca e das atividades portuárias¹⁸.

A praia de Paranapuã, localizada na Baía de Santos, no Brasil, também mostrou acúmulo de MCPs nos resultados da pesquisa feita por Silva²⁰. Segundo o autor, os meses de maio e julho apresentaram acúmulo maior na região da linha de maré, enquanto que no verão o acúmulo representativo ficou entre a linha de maré alta e o supralitoral. Este dado caracteriza um quadro de preocupação devido a presença de banhistas no local e em contato com estas partículas plásticas. A composição dos MCPs indicou o predomínio de PP e poliestireno (PS), no qual aproximadamente 70% eram pellets plásticos de coloração branca em condição de degradação. A poluição da praia de Paranapuã pode ser atribuída à direção dos ventos e águas marinhas.

Nas praias os MCPs estão presentes na areia, na coluna de água doce e salgada conforme demonstram diversos trabalhos. Além destes locais, foi comprovado a presença de fragmentos plásticos no ar atmosférico da França, conforme resultados do experimento desenvolvido por Dris et al.²⁰. Para este

experimento, foram coletadas amostras do ar em dois locais com diferentes densidades populacionais e observaram grande quantidade de micropartículas em formato de fibra principalmente em regiões urbanas, indicando que elas provêm das residências. O fluxo de queda dessas partículas é influenciado pelo índice pluviométrico; quando a precipitação da chuva é maior, ocorre um aumento no fluxo de queda. Este estudo demonstra que as análises de MPCs no ar não podem ser ignoradas, uma vez que há uma estimativa que 29% dessas microfibras contém polímeros plásticos.

Corroborando com esses dados, Cai et al.²¹ observaram MPCs de PE, PP e PS na precipitação atmosférica na cidade de Dongguan (China). O ar presente no interior de ambientes fechados, também não está livre dessa contaminação, todavia, purificadores de ar podem ser uma alternativa para reduzir significativamente o nível dessas micropartículas suspensas²².

Microplásticos e os seres vivos

O desenvolvimento de equipamentos mais sofisticados e aprimorados permitiram a identificação de MPCs nos seres vivos. Conforme estudos realizados no maior mercado pesqueiro de Xangai na China, em nove espécies de bivalves, a contaminação por micropartículas plásticas foi positiva em 100% das espécies analisadas²³. Na costa portuguesa foram estudadas 26 espécies de peixes comerciais e destes, 17 estavam contaminados com MPCs²⁴.

A ampla distribuição microplástica tem motivado cientistas a investigar a incidência destas partículas em animais marinhos. Murphy et al.²⁵ exploraram peixes das regiões costeiras e afastadas da costa escocesa e constataram que 29,7% dos animais continham MPCs no organismo, a poliamida (Nylon) é o polímero mais abundante. Caso semelhante foi identificado nos Estados Unidos por Peters et al.²⁶ em seis espécies de peixes marinhos da costa do Texas. Após as análises eles concluíram que 42% dos animais possuíam MPCs no estômago. As fibras representaram 86,4% dos fragmentos plásticos encontrados no sistema digestório desses animais.

Em geral o crescente número de trabalhos envolvendo MPCs, conduziram alguns pesquisadores a investigarem as causas, consequências e respostas de organismos vivos, na presença desses materiais plásticos de pequeno tamanho. Mediante este panorama ambiental, Kalčíková et al.²⁷ coordenaram um experimento com vários exemplares da espécie *Lemna minor*, lentilha aquática. No qual as mesmas foram expostas por um período de sete dias, às microesferas extraídas de dois produtos cosméticos. Os resultados demonstraram uma redução considerável no comprimento da raiz da planta e inviabilidade da membrana celular devido ao contato com as microesferas.

As interações entre seres vivos e micropartículas plásticas têm sido amplamente avaliadas por

estudiosos, por exemplo, Lagarde et al.²⁸ conduziram um experimento com algas da espécie *Chlamydomonas reinhardtii* expostas a MPCs de PP e HDPE (PE com alta densidade), e verificaram a formação de heteroagregados entre as algas e PP após 20 dias de contato. E ainda, houve uma sobre expressão dos genes da biossíntese de açúcar nas algas expostas ao PP e HDPE, indicando um aumento na quantidade da produção de açúcar. Estes dados corroboram com estudos de Espinosa, Cuesta e Esteban²⁹, que expuseram o peixe comercial *Sparus aurata* L. a MPCs e quantificaram diversos parâmetros relacionados a expressão gênica. Os resultados dessa pesquisa não comprovaram alterações consideráveis na imunidade humoral e celular dos animais, entretanto, houve stress celular e oxidativo, além de danos no fígado e rim, demonstrando que estes resultados remetem a ação dos MPCs sobre os organismos.

Em relação às formas de absorção dos MPCs pelos animais, além da via oral, estes fragmentos podem alcançar outros órgãos por via cutânea, conforme pesquisas recentes desenvolvidas em mexilhões, uma vez que foi comprovado que os tecidos moles não relacionados ao sistema digestório, como pé e tecido adutor, continham micro fragmentos plásticos. Estes resultados sugerem que a toxicidade das partículas plásticas podem ser maior, pois os MPCs ingeridos são eliminados pelo intestino, enquanto que outros ficam retidos no organismo por um período prolongado³⁰.

Microplásticos e a saúde humana

Em termos de contaminantes, os MPCs representam uma grande preocupação, visto que os animais aquáticos utilizados na alimentação humana possuem em seu organismo micropartículas plásticas. Aliado a este fator há um grande problema como a capacidade de bioacumulação destas partículas na cadeia alimentar, afetando negativamente a ingestão de alimentos, reduzindo a quantidade de energia disponível para o crescimento e sucesso reprodutivo³¹⁻³⁴. Além disso, a capacidade destas micropartículas plásticas adsorverem poluidores químicos do ambiente ressalta a preocupação quanto ao seu papel no movimento desses poluentes por meio da cadeia alimentar, uma vez que podem ser transferidos do microplástico para o corpo³⁴.

A grande superfície dos MPCs associada a sua propriedade de hidrofobicidade permite que uma variedade de compostos hidrofóbicos (HOCs) se liguem à superfície, como os bifenilos policlorados (PCB), diclorodifeniltricloroetano (DDT), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH), ácido perfluoro-octanóico (PFOA) e ftalato de di-2-etil-hexilo (DEHP)³⁵⁻³⁸.

Em estudo realizado por Napper et al.³⁷, as micropartículas plásticas de PE advindas de produtos cosméticos demonstraram a capacidade de adsorverem DDT e Fenantreno (FE) da água do mar, e ainda estimaram que cada pessoa emite para o ambiente

cerca de 40.5 a 215 mg de PE ou 16 e 86 toneladas/ano somente com o uso de esfoliantes, considerando a população do Reino Unido em 2013 (64.1 bilhões). Wright e Kelly³⁹ alertam que muitos dos HOCs são altamente tóxicos, resultando em perturbações endócrinas, efeitos cancerígenos, mutagênicos e imunotóxicos no organismo humano.

Entretanto, os HOCs não são os únicos compostos adsorvíveis aos MPCs, metais pesados aniônicos também possuem esta propriedade, como o ferro, alumínio, cádmio, manganês, cobre e zinco encontrados nos sedimentos de praias do Estado de São Paulo (Brasil), principalmente o ferro e o alumínio, apresentaram as maiores quantidades ligadas as micropartículas plásticas⁴⁰. Também foram encontrados cádmio, chumbo e bromo ligados aos MPCs nas águas das praias inglesas; e na China pesquisadores constataram que o níquel, cádmio, chumbo, cobre, zinco e telúrio advindos do ambiente interagem e se ligam com partículas plásticas na areia da região litorânea^{41,21}.

Os MPCs podem alterar a via de biodisponibilidade e absorção de um contaminante metálico, fato constatado em espécies de peixe-modelo zebrafish (*Danio rerio*) que tiveram proporções elevadas de prata em seu intestino, e quando expostos à prata adsorvida em micropartículas de PE, apresentaram uma baixa absorção desse metal⁴². Já Kim et al.⁴³ testaram dois tipos de MPCs, um com grupos carboxila e outro sem, ambos adsorvidos com níquel em *Daphnia magna*, e observaram uma maior imobilização do animal em partículas com grupos carboxilas, indicando que os efeitos tóxicos variam de acordo com as propriedades da estrutura química das micropartículas plásticas. Até o momento, há poucos estudos sobre os efeitos dos MPCs associados a metais, *in vivo*.

As micropartículas plásticas possuem a capacidade de adsorverem substâncias presentes no meio ambiente, conforme já relatado sobre os metais. Recentemente foi descoberto que as drogas comerciais também podem ser adsorvidas à superfície dos MPCs, como a substância 17 α -etinilestradiol, principal componente utilizado em formulações de contraceptivos orais, no entanto não foram observadas alterações em sua biodisponibilidade em *D. rerio* quando ligada aos MPCs^{44,45}.

Outra situação que pode ocorrer é a presença de componentes aditivos nos próprios plásticos, por exemplo, o bisfenol A, [2,2-bis(4-hidroxifenil)] propano, utilizado na produção de policarbonato, presente em garrafas, recipientes e utensílios, vernizes epóxi e também no revestimento de embalagens metálicas de alimentos, isso permite uma maior exposição aos humanos pela via oral⁴⁶. Vários estudos relataram que esta substância está ligada ao desenvolvimento de disfunções reprodutivas, obesidade, problemas cardíacos, risco de câncer, alteração nos hormônios tireoidianos e ainda influência no desenvolvimento neurológico e fetal⁴⁷⁻⁴⁹. Atualmente a Agência Nacional de Vigilância

Sanitária, estabelece pela Resolução RDC nº17, de 17 de março de 2008 que o limite de migração específico do bisfenol A (BFA) em embalagem de alimentos e bebidas é de 0,6 mg/Kg, ou seja, refere-se à quantidade máxima admissível do BFA presente em algum material em contato com alimento⁵⁰. Em 2012, pela Resolução RDC nº41 de 16 Setembro de 2011, houve a proibição de importação e fabricação de mamadeiras para lactentes que contenham BFA, considerando que essa substância possui potencial cancerígeno e pode causar problemas hormonais e cardíacos, além do mais o sistema de eliminação dessa substância não é muito desenvolvido, em crianças (zero a doze meses)^{51,52}.

Infelizmente, substâncias químicas adsorvidas aos MPCs também podem ser liberadas ao entrarem em contato com o organismo causando efeitos prejudiciais. Bakir, Rowland e Thompson³⁵, ao simularem a liberação *in vitro* de FE, DDT, PFOA e DEHP adsorvidos as micropartículas plásticas de PVE e PE no intestino mediante o uso de um componente dos sais biliares, o taurocolato de sódio e concluíram que a taxa de liberação em organismos de sangue quente ocorre mais em: FE-PE > DDT-PE = DEHP-PVC = PhFE-PVC = DEHP-PE > DDT-PVC, a 38° C.

Estudos *in vitro* em micropartículas de PS confirmaram que um dos mecanismos de citotoxicidade celular dos MPCs é o aumento do stress oxidativo, ocorrência verificada em células cerebrais (T98G) e epiteliais humanas (HELA) e, quando expostas a PE, T98G também apresentou toxicidade celular⁵³. Este fato chama a atenção, uma vez que nos últimos anos vários estudos apontam que espécies reativas de oxigênio possuem importância significativa no desenvolvimento do câncer⁵⁴.

Apesar da ingestão e/ou inalação das micropartículas plásticas por humanos, seus efeitos nesse organismo não foram investigados até o momento, mesmo elas estando em contato diário com o Homem, principalmente pela ingestão de água e alimentos contaminados. Segundo, Liebezeit e Liebezeit⁵⁵ 24 marcas de cervejas alemãs estão contaminadas com MPCs. Os autores definem a origem desta contaminação como variável, podendo ser advinda da atmosfera, de máquinas, do ar externo, roupas dos trabalhadores, do próprio material de produção usado no processo de fabricação, através das peneiras, ou até das próprias garrafas.

Também foram encontradas microfibras plásticas em 19 amostras de mel de origem alemã, francesa, italiana, espanhola e mexicana, tendo uma média de 166 fibras/Kg do produto, carregados para dentro da colmeia pelas das abelhas ou introduzidas durante o processamento do mel. Neste mesmo estudo foram analisadas cinco amostras de açúcar refinado e não refinado, e obtiveram uma média de 217 fibras/kg e 560 fibras/kg, respectivamente⁵⁶.

Há evidências de contaminação em diversos tipos de marcas de sal vendidos comercialmente na China; além de bivalves e peixes o que leva a uma incógnita do volume de MPCs presentes em alimentos

contaminados que têm sido ingeridos pelo ser humano diariamente^{23,24,57}.

Políticas públicas

Os MPCs estão presentes em todo ambiente, são necessárias medidas que controlem a produção primária e secundária, bem como o uso abusivo pela indústria e consumidores. Alguns países, como Estados Unidos (EUA), Canadá e Reino Unido, já adotaram medidas para banir produtos com micropartículas plásticas⁵⁸. Em 2015, os EUA criaram o *Microbead-Free water acts* (Micropartículas- Ato da água livre), proibindo a fabricação, acondicionamento e enxágue de produtos cosméticos com MPCs⁵⁹.

No Brasil algumas leis proíbem a distribuição gratuita ou a venda de sacolas plásticas a consumidores em todos os estabelecimentos comerciais. A primeira cidade a abolir a distribuição das sacolas foi a cidade de Belo Horizonte, conforme a lei municipal nº 9.529 de 2008, incentivando à troca por sacolas retornáveis, posteriormente implantada na cidade de São Paulo pela lei municipal 15.374, de 18 de maio de 2011^{60,61}. Em 2015, foi aprovada a resolução 55/15 - AMLURB (Autoridade Municipal de Limpeza Urbana), dispondo as especificações técnicas das sacolas bioplásticas reutilizáveis a serem empregadas pelos estabelecimentos comerciais no município de São Paulo, visando alavancar a coleta seletiva e reduzir a quantidade de resíduos encaminhados para os aterros sanitários⁶². Com isso, houve redução em cerca de 70% do uso das sacolas plásticas em supermercados, reduzindo os resíduos gerados e a poluição ambiental⁶³.

Atualmente, tramita no senado Brasileiro o Projeto de Lei 322/2011 que propõe a proibição da utilização, fabricação, importação, comercialização e distribuição de sacolas plásticas que contenham PE, PP e propileno, essa é uma alternativa que poderia reduzir os resíduos de MPCs, já que o produto de degradação dos macroplásticos resulta em micropartículas plásticas⁶⁴.

Apesar da legislação criada para minimizar indiretamente os MPCs, no Brasil não existe, até o momento, legislação proibindo o uso de micropartículas plásticas em produtos de uso pessoal, bem como à sua retirada durante o tratamento de água realizados pelas companhias de saneamento, uma vez que a portaria nº 2.914, de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde não dispõe sobre nenhum procedimento de controle e vigilância, nem padrão de potabilidade para água contaminadas com essas partículas⁶⁵.

Conclusão

A contaminação do meio ambiente por partículas microplásticas é evidente em diversos trabalhos desenvolvidos por pesquisadores. Esta situação é alarmante ao considerar que a água potável pode

conter MPCs, além do próprio ar inalado e dos alimentos preparados à base de frutos do mar. Por isso, existe a necessidade de pesquisas para verificar quais os potenciais riscos que esta exposição oferece à saúde coletiva e as consequências que estes plásticos pequenos podem causar no corpo humano, e compreender os mecanismos e as possíveis vias de biodisponibilidade dos MPCs.

Em alguns países, já existem leis que baniram o uso desenfreado de MPCs em produtos de higiene pessoal. No entanto, o Brasil ainda são necessárias de algumas medidas para que esse uso seja limitado por meio do estabelecimento de uma legislação que controle o emprego das microesferas, além disso, determinar a análise desses componentes para manter as boas práticas de fabricação em produtos alimentícios, e minimizar ao máximo a circulação de sacolas plásticas no comércio, incentivando a utilização de sacolas retornáveis. Desta forma, é importante desenvolver programas de conscientização quanto aos processos de reutilização e reciclagem e sua importância para uma adequada destinação desses resíduos.

Assim, são necessários estudos dos efeitos não elucidados dos MPCs em humanos e a elaboração de alternativas sustentáveis acerca desse problema que está tomando proporções cada vez maiores, podendo se tornar um problema de saúde pública.

Declaração de conflitos de interesses

Os autores do artigo afirmam que não houve nenhuma situação de conflito de interesse, tais como propostas de financiamento, emissão de pareceres, promoções ou participação em comitês consultivos ou diretivos, entre outras, que pudessem influenciar no desenvolvimento do trabalho.

Referências

- 1 - PLASTIC EUROPEU. **What is plastic?**. Disponível em: <<http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic.aspx>>. Acesso em: 28 nov. 2017.
- 2 - GALLOWAY, T. S. Micro-and nano-plastics and human health. In: BERGMANN, M.; LARS GUTOW, L.; KLAGES, M. **Marine anthropogenic litter**. Editora Springer International Publishing, 2015. p. 343-366.
- 3 - CRESSEY, D. The plastic ocean scientists know that there is a colossal amount of plastic in the oceans. But they don't know where it all is, what it looks like or what damage it does. **Nature**. v. 536, p. 263-265, 2016.
- 4 - ABIPLAST- Associação brasileira da indústria do plástico. **Perfil 2015**, 2015. Disponível em: <http://file.sindioplast.org.br/download/2016/perfil_2015_ok.pdf>. Acesso em 07 nov. 2017.
- 5 - CARPENTER, E. J.; SMITH, K. L. Plastics on the Sargasso Sea surface. **Science**, v. 175, n. 4027, p. 1240-1241, 1972.

- 6 - CONNORS, K. A.; DYER, S. D.; BELANGER, S. E. Advancing the quality of environmental microplastic research. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 36, n. 7, p. 1697–1703, 2017.
- 7 - ANDERSON, A. G.; GROSE, J.; PAHL, S.; THOMPSON, R. C.; WYLES, K. J. Microplastics in personal care products: Exploring perceptions of environmentalists, beauticians and students. **Marine Pollution Bulletin**, v. 113, n. 1–2, p. 454–460, 2016.
- 8 - GEMSAP- Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. **Reports and Studies GESAMP**. n. 90, p.1-96, 2015.
- 9 - FENDALL, L. S.; SEWELL, M. A. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 8, p. 1225–1228, 2009.
- 10 - GABBATISS, J. Glitter should be banned over environmental impact, scientists warn. **Independent**, Reino Unido, 16 nov. 2017. Disponível em: < [independent.http://www.independent.co.uk/environment/glitter-ban-environment-microbead-impact-microplastics-scientists-warning-deep-ocean-a8056196.html](http://www.independent.co.uk/environment/glitter-ban-environment-microbead-impact-microplastics-scientists-warning-deep-ocean-a8056196.html)>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- 11 - VETHAAK, A. D.; LESLIE, H. A. Plastic Debris is a Human Health Issue. **Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 13, p. 6825–6826, 2016.
- 12 - BOSKER, T.; BEHRENS, P.; VIJVER, M. G. Determining global distribution of microplastics by combining citizen science and in-depth case studies. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 13, n. 3, p. 536–541, 2017.
- 13 - VEERASINGAM, S.; MUGILARASAN, M.; VENKATACHALAPATHY, R.; VETHAMONYA, P. Influence of 2015 flood on the distribution and occurrence of microplastic pellets along the Chennai coast, India. **Marine Pollution Bulletin** v. 109, p. 196-204, 2016.
- 14 - GALLANGHER, A.; REES, A.; ROWE, R.; STEVENS, J.; WRIGHT, P. Microplastics in the Solent estuarine complex, UK: An initial assessment. **Marine Pollution Bulletin**, v.102, p. 243-249, 2016
- 15 - NEL, H. A.; HEAN, J. W.; NOUNDOU, X. S.; FRONEMAN, P. W. Do microplastic loads reflect the population demographics along the southern African coastline? **Marine Pollution Bulletin**, v. 115, p. 115-119, 2017.
- 16 - ISOBE, A.; UCHIYAMA-MATSUMOTO, K.; UCHIDA, K.; TOKAI, T. Microplastics in the Southern Ocean. **Marine pollution bulletin**, v. 114, n. 1, p. 623-626, 2017.
- 17 - ZBYSZEWSKI, M.; CORCORAN, P. L.; HOCKIN, A. Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along shorelines of the Great Lakes. **North America. Journal of Great Lakes Research**, v. 40, n. 2, p. 288–299, 2014.
- 18 - CARVALHO, D. G.; BAPTISTA NETO, J. A. Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay, Southeast Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 128, p. 10–17, 2016.
- 19 - SILVA, P. P. G. **Contaminação e toxicidade de microplásticos em uma área de proteção marinha costeira**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.
- 20 - DRIS, R.; GASPERI, J.; SAAD, M.; MIRANDE, C.; TASSIN, B. Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment? **Marine Pollution Bulletin**, v. 104, n.1–2, p. 290–293, 2016.
- 21 - CAI, L.WANG, J.; PENG, J.; TAN, Z.; ZHAN, Z.; TAN, X.; CHEN, Q. Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: preliminary research and first evidence. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1–8, 2017.
- 22 - WESCH, C.; ELERT, A. M.; WÖRNER, M.; BRAUN, U.; KLEIN, R.; PAULUS, M. Assuring quality in microplastic monitoring: About the value of clean-air devices as essentials for verified data. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–8, 2017.
- 23 - LI, J.; YANG, D.; LI, L.; JABEEN, K.; SHI, H. Microplastics in commercial bivalves from China. **Environmental Pollution**, v. 207, p.190-195, 2015.
- 24 - NEVES, D.; SOBRAL, P.; FERREIRA, J. L.; PEREIRA, T. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 101, n. 1, p. 119–126, 2015.
- 25 - MURPHY, F.; RUSSELL, M.; EWINS, C.; QUINN, B. The uptake of macroplastic & microplastic by demersal & pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland. **Marine Pollution Bulletin**, v. 122, n. 1–2, p. 353–359, 2017.
- 26 - PETERS, C. A. THOMAS, A. P.; RIEPER, K. BRATTON, P. S. Foraging preferences influence microplastic ingestion by six marine fish species from the Texas Gulf Coast. **Marine pollution bulletin**, v. 124, n. 1, p. 82-88, 2017.
- 27 - KALČÍKOVÁ, G.; ŽGAJNAR GOTVAJN, A.; KLADNIK, A.; JEMEC, A. Impact of polyethylene microbeads on the floating freshwater plant duckweed *Lemma minor*. **Environmental Pollution**, v. 230, p. 1108–1115, 2017.
- 28 - LAGARDE, F.; OLIVIER, O.; ZANELLA, M.; DANIEL, P.; HIARD, S.; CARUSO, A. Microplastic interactions with freshwater microalgae: Hetero-aggregation and changes in plastic density appear strongly dependent on polymer type. **Environmental Pollution**, v. 215, p. 331–339, 2016.
- 29 - ESPINOSA, C.; CUESTA, A.; ESTEBAN, M. Á. Effects of dietary polyvinylchloride microparticles on general health, immune status and expression of several genes related to stress in gilthead seabream

(*Sparus aurata* L.). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 68, p. 251–259, 2017.

30 - KOLANDHASAMY, P.; SU, L.; LI, J.; QU, X.; JABEEN, K.; SHI, H. Adherence of microplastics to soft tissue of mussels: A novel way to uptake microplastics beyond ingestion. **Science of the Total Environment**, 610–611, v. 635–640, 2018.

31 - BATEL, A. LINTI, F.; SCHERER, M.; ERDINGER, L.; BRAUNBECK, T. Transfer of benzo[a]pyrene from microplastics to *Artemia nauplii* and further to zebrafish via a trophic food web experiment: CYP1A induction and visual tracking of persistent organic pollutants. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 35, n. 7, p. 1656–1666, 2016.

32 - COLE, M.; LINDEQUE, P.K.; FILEMAN, E.; CLARK, J.; LEWIS, C.; HALSBAND, C.; GALLOWAY, T. S. Microplastics Alter the Properties and Sinking Rates of Zooplankton Faecal Pellets. **Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 6, p. 3239–3246, 2016.

33 - ROCHMAN, C. M.; HOH, E.; KUROBE, T.; TEH, S. J. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. **Scientific Reports**, v. 3, p. 1–7, 2013.

34 - WARDROP, P.; SHIMETA, J.; NUGEGODA, D.; MORRISON, P. D. MIRANDA, A.; TANG, M.; CLARKE, B. O. Chemical Pollutants Sorbed to Ingested Microbeads from Personal Care Products Accumulate in Fish. **Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 7, p. 4037–4044, 2016.

35 - BAKIR, A.; ROWLAND, S. J.; THOMPSON, R. C. Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions. **Environmental Pollution**, v. 185, p. 16–23, 2014.

36 - ENDO, S.; YUYAMA, M.; TAKADA, H. Desorption kinetics of hydrophobic organic contaminants from marine plastic pellets. **Marine Pollution Bulletin**, v. 74, n. 1, p. 125–131, 2013.

37 - NAPPER, I. E.; E.B.; ADIL R.; STEVEN J. T.; RICHARD C. Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. **Marine Pollution Bulletin**, v. 99, n. 1–2, p. 178–185, 2015.

38 - VAN CAUWENBERGHE, L. et al. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. **Marine Environmental Research**, v. 111, p. 5–17, 2015.

39 - WRIGHT, S. L.; KELLY, F. J. Plastic and human health: a micro issue? **Environmental Science & Technology**, 2017

40 - VEDOLIN, M. C.; TEOFILO, C. Y.S.; TURRA, A.; FIGUEIRA, R. C.L. Spatial variability in the concentrations of metals in beached microplastics. **Marine Pollution Bulletin**, n. October, p. 0–1, 2017.

41 - MASSOS, A.; TURNER, A. Cadmium, lead and bromine in beached microplastics. **Environmental Pollution**, v. 227, p. 139–145, 2017.

42 - KHAN, F. R. SYBERG, K.; SHASHOUA, Y.; BURY, N. R. Influence of polyethylene microplastic beads on the uptake and localization of silver in zebrafish (*Danio rerio*). **Environmental Pollution**, v. 206, p. 73–79, 2015.

43 - KIM, D.; CHAE, Y.; AN, Y. J. Mixture toxicity of nickel and microplastics with different functional groups on *Daphnia magna*. **Environmental Science & Technology**, p. acs.est.7b03732, 2017.

44 - CUNHA, D. L. DA.; SILVA, S. M. C. DA.; BILA, D. M.; OLIVEIRA, J. L. M.; SARCINELLI, P. N.; LARENTIS, A.L. Regulation of the synthetic estrogen 17 alpha-ethinylestradiol in water bodies in Europe, the United States, and Brazil. **Cadernos De Saúde Publica**, v. 32, n. 3, p. e00056715, 2016.

45 - SLEIGHT, V. A.; BAKIR, A.; THOMPSON, R.C.; HENRY, B.T. Assessment of microplastic-sorbed contaminant bioavailability through analysis of biomarker gene expression in larval zebrafish. **Marine pollution bulletin**, v. 116, n. 1-2, p. 291-297, 2017.

46 - ANVISA- Agência nacional de vigilância sanitária. **Bisfenol A**, 2017. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/embalagens/bisfenol-a>>, Acesso em 10 nov. 2017.

47 - DE PRADA, C. **La Epidemia Química**. 1ª edição. Editora Ediciones i, 2012. p.352.

48 - LEE, J. CHOI, K.; PARK, J.; MOON, H. B.; CHOI, G.; LEE, J. J.; SUH, E.; KIM, H. J.; EUN, S. H.; KIM, G. H.; CHO, G. J.; KIM, S. K.; KIM, S.; KIM, S. Y.; KIM, S.; EOM, S.; CHOI, S.; KIM, Y. D.; KIM, S. Bisphenol A distribution in serum, urine, placenta, breast milk, and umbilical cord serum in a birth panel of mother-neonate pairs. **Science of the Total Environment**, 2017.

49 - LEE, S. KIM, C.; YOUN, H.; CHOI, K. Thyroid hormone disrupting potentials of bisphenol A and its analogues - in vitro comparison study employing rat pituitary (GH3) and thyroid follicular (FRTL-5) cells. **Toxicology in Vitro**, v. 40, p. 297–304, 2017.

50 - BRASIL. Resolução - RDC nº 17, de 17 de março de 2008. Regulamento Técnico sobre lista positiva de aditivos para materiais plásticos destinados à elaboração de embalagens e equipamentos em contato com alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2008. Seção 1, n. 53, p. 42.

51 - BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 41, de 16 de setembro de 2011. Dispõe sobre a proibição de uso de bisfenol A em mamadeiras destinadas a alimentação de lactantes e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 set. 2011. Seção 1, nº 180. p. 54

52 - SBEM- Sociedade brasileira de endocrinologia e metabologia. **Bisfenol A**, 2015. Disponível em: <

<https://www.endocrino.org.br/bisfenol/>>, Acesso em 21 nov. 2017.

53 - SCHIRINZI, G. F.; PÉREZ-POMEDA, I.; SANCHÍS, J.; ROSSINI, C.; FARRÉ, M.; BARCELÓ, D. Cytotoxic effects of commonly used nanomaterials and microplastics on cerebral and epithelial human cells. **Environmental Research**, v. 159, p. 579–587, 2017.

54 - PRASAD, S.; GUPTA, S. C.; TYAGI, A. K. Reactive oxygen species (ROS) and cancer: Role of antioxidative nutraceuticals. **Cancer Letters**, v. 387, p. 95–105, 2017.

55 - LIEBEZEIT, G.; LIEBEZEIT, E. Synthetic particles as contaminants in German beers. **Food Additives and Contaminants: Part A**, v. 31, n. 9, p. 1574–1578, 2014.

56 - LIEBEZEIT, G.; LIEBEZEIT, E. Non-pollen particulates in honey and sugar. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 30, n. 12, p. 2136–2140, 1 dez. 2013.

57 - YANG, D.; SHI, H.; LI, L.; LI, J.; JABEEN, K.; KOLANDHASAMY, P. Microplastic Pollution in Table Salts from China. **Environmental Science and Technology**, v. 49, n. 22, p. 13622–13627, 2015.

58 - CONKLE, J. L.; BÁEZ DEL VALLE, C. D.; TURNER, J. W. Are We Underestimating Microplastic Contamination in Aquatic Environments? **Environmental Management**, p. 1–8, 2017.

59 - FDA- Food and Drug Administration. **The Microbead-Free Waters Act: FAQs, 2017**. Disponível em:<<https://www.fda.gov/Cosmetics/GuidanceRegulation/LawsRegulations/ucm531849.htm>> Acesso em 08 dez. 2017.

60 - BELO HORIZONTE. **Lei Municipal nº 9.529/2008, de 27 de fevereiro de 2008**. Dispõe sobre a substituição do uso de saco plástico de lixo e de sacola plástica por saco de lixo ecológico e sacola ecológica, e dá outras providências. Disponível em:<<https://www.cmbh.mg.gov.br/comunica%C3%A7%C3%A3o/not%C3%ADcias/2008/02/bh-%C3%A9-primeira-capital-brasileira-proibir-sacolas-pl%C3%A1sticas>>. Acesso em 07 nov. 2017.

61 - PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Lei Municipal nº 15.374 de 18 de maio de 2011**. Dispõe sobre a proibição da distribuição gratuita ou venda de sacolas plásticas a consumidores em todos os estabelecimentos comerciais do Município de São Paulo, e dá outras providências. Disponível em:<http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=19052011L%20153740000>. Acesso em 07 nov. 2017.

62 - PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Resolução Municipal nº55 de 2015**. Institui as especificações técnicas das sacolas bioplásticas reutilizáveis a serem utilizadas pelos estabelecimentos comerciais do Município de São Paulo. Disponível em:<<http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias>

[/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=15012015R%20000552015SES%20%20%20AMLURB](http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=15012015R%20000552015SES%20%20%20AMLURB)>. Acesso em 11 dez. 2017.

63 - APAS- Associação paulista de supermercados. **Paulistanos reduzem em 70% uso de sacolas plásticas em supermercados**, 2015. Disponível em:<<http://www.portalapas.org.br/paulistanos-reduzem-em-70-uso-de-sacolas-plasticas-em-supermercados/>>. Acesso em 11 dez. 2017.

64 - BRASIL. Assembleia Legislativa. **Projeto de Lei do Senado nº 322, de 2011**. Estabelece a proibição de utilização, fabricação, importação, comercialização e distribuição de sacolas plásticas que contenham polietileno, propileno e polipropileno. Disponível em:<<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/100634>>. Acesso em: 11 dez. 2017.

65 - BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, 2011.