



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde

MARCELO HENRIQUE RAMOS TEOTÔNIO

**PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM ÁGUA DE TORNEIRA NO
PLANO PILOTO UMA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE BRASÍLIA**

Brasília-DF

2020



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde

MARCELO HENRIQUE RAMOS TEOTÔNIO

**PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM ÁGUA DE TORNEIRA NO
PLANO PILOTO UMA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE BRASÍLIA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde pelo programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Riccardo Pratesi

Brasília-DF

2020

MARCELO HENRIQUE RAMOS TEOTÔNIO

**PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM ÁGUA DE TORNEIRA NO
PLANO PILOTO UMA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE BRASÍLIA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Aprovado em 27 de fevereiro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Riccardo Pratesi. (Presidente)

Professor Emérito, Departamento de Pediatria, Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília (DF)

Prof. Dr. Felipe Mendes dos Santos Cardia (Membro)

Secretaria de estado e Educação do Distrito Federal – Professor Especialista em área de Biologia.

Dr^a. Rosa Haruni Uenishi (Membro)

Pesquisadora Colaboradora, Laboratório Interdisciplinar de Biociências, Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília (DF)

Profa Dr^a.Lenora Gandolfi (Suplente)

Professora Emérita, Departamento de Pediatria, Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília (DF)

DEDICATÓRIA

À minha amada avó Valdete (*in memoriam*) pela confiança, por todo amor e paciência depositada em mim ao longo de sua vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório Interdisciplinar de Biociências da Universidade de Brasília por toda infraestrutura.

Ao meu orientador Prof. Dr. Riccardo Pratesi por toda orientação, confiança e paciência.

Agradeço a todos os professores do Laboratório Interdisciplinar de Biociências.

Aos professores Dra. Cláudia Pratesi e Prof. Dr. Felipe Mendes dos Santos Cardia por toda contribuição e sugestões nesse trabalho.

À mestrandia Geisa Stéfany muito obrigado por todo envolvimento e grande ajuda nas etapas experimentais e pelas boas risadas.

Agradeço muito a minha família, que está sempre ao meu lado. Obrigado por todo o amor, incentivo e apoio incondicional.

Agradeço também a Deus que apesar de ser tão pequeno ele me enxerga, e derrama sobre mim suas graças e me dá força e sentido para continuar.

Agradeço também a minha amada esposa que esteve sempre ao meu lado, que por diversas vezes quando eu desanimava me incentivava a continuar, obrigado pela paciência e pelo grande auxílio na neste trabalho.

"Tu que habitas sob a proteção do Altíssimo, que moras à sombra do Onipotente, dize ao Senhor: "Sois meu refúgio e minha cidadela, meu Deus, em quem eu confio". É ele quem te livrará do laço do caçador, e da peste perniciososa. Ele te cobrirá com suas plumas, sob suas asas encontrarás refúgio. Sua fidelidade te será um escudo de proteção. Tu não temerás os terrores noturnos, nem a flecha que voa à luz do dia, nem a peste que se propaga nas trevas, nem o mal que grassa ao meio-dia. Caiam mil homens à tua esquerda e dez mil à tua direita: tu não serás atingido. Porém, verás com teus próprios olhos, contemplarás o castigo dos pecadores, porque o Senhor é teu refúgio. Escolheste, por asilo, o Altíssimo. Nenhum mal te atingirá, nenhum flagelo chegará à tua tenda, porque aos seus anjos ele mandou que te guardem em todos os teus caminhos. Eles te sustentarão em suas mãos, para que não tropeces em alguma pedra. Sobre serpente e víbora andarás, calcarás aos pés o leão e o dragão. Pois que se uniu a mim, eu o livrarei; e o protegerei, pois conhece o meu nome. Quando me invocar, eu o atenderei; na tribulação estarei com ele. Hei de livrá-lo e o cobrirei de glória. Será favorecido de longos dias, e eu lhe mostrarei a minha salvação."Salmo,90 1-16.

RESUMO

Os microplásticos são caracterizados por serem partículas de plásticos com tamanho inferior a 5 mm. Atualmente os microplásticos estão onipresentes no meio ambiente, sendo encontrados dentro de nossos lares, no ambiente externo de nossas casas, em nosso trabalho, alimentos, água, no ar que respiramos e no interior dos organismos vivos terrestres e aquáticos. Devido à sua ampla distribuição no meio ambiente, à capacidade de adsorção e dispersão de contaminantes orgânicos e químicos (alguns próprios de sua constituição e outros adsorvidos no ambiente), sua ingestão por organismos na base da cadeia trófica que sofrem bioacumulação e biomagnificação, os efeitos provocados na saúde dos seres vivos como inflamação, obstrução e intoxicação crônica dos organismos afetados e os efeitos ainda desconhecidos para saúde humana. Buscamos assim, neste contexto, identificar a presença de microplásticos na água de torneira destinada para consumo, sendo este o primeiro trabalho realizado em Brasília que aborda esse tema, e que traz também como objetivo levantar a discussão do microplásticos e suas implicações para o meio ambiente e para saúde humana. Assim avaliamos a ocorrência desses resíduos em amostras de água de torneira coletadas nas quadras do Plano Piloto uma Região Administrativa de Brasília – Distrito Federal. Amostras de microplásticos foram coletadas em todas as quadras do Plano Piloto, em frascos de cor âmbar previamente higienizados. As partículas menores que 5 mm foram isoladas por flotação. A análise qualitativa e quantitativa foi determinada por contagem manual em câmara de Sedgewick Rafter, após adição do corante Vermelho Nilo, utilizando microscopia de fluorescência. Os resultados obtidos apontaram para a presença de microplásticos em todas as amostra de água de torneira da região do Plano Piloto, evidenciando assim a consequência do alto consumo de material plástico, principalmente de uso único e seu descarte inadequado pela população, problemas nas estações de tratamento de água que não goza de estratégias modernas para retirada dos microplásticos da água destinada a consumo e de legislações que atuem nesse tema protegendo a comunidade no consumo, na produção e no descarte do material plástico.

Palavras-chave

Microplásticos; Água de torneira; Vermelho Nilo, Microscopia de fluorescência; Saúde humana; Meio ambiente.

ABSTRACT

Microplastics are characterized by being plastic particles less than 5 mm in size. Currently microplastics are ubiquitous in the environment, being found inside our homes, in the external environment of our homes, in our work, food, water, in the air we breathe and inside living terrestrial and aquatic organisms. Due to its wide distribution in the environment, the capacity for adsorption and dispersion of organic and chemical contaminants (some typical of its constitution and others adsorbed in the environment), its ingestion by organisms at the base of the food chain that undergo bioaccumulation and biomagnification, the effects caused in the health of living beings such as inflammation, obstruction and chronic intoxication of the affected organisms and the effects still unknown for human health. Thus, we seek, in this context, to identify the presence of microplastics in tap water intended for consumption, this being the first work carried out in Brasilia that addresses this theme, and which also aims to raise the discussion of microplastics and its implications for the environment. and for human health. Thus, we evaluated the occurrence of these residues in tap water samples collected in the blocks of the Plano Piloto an Administrative Region of Brasília - Federal District. Samples of microplastics were collected in all blocks of the Plano Piloto, in amber bottles previously cleaned. Particles smaller than 5 mm were isolated by flotation. The qualitative and quantitative analysis was determined by manual counting in a Sedgewick Rafter chamber, after adding the Nile Red dye, using fluorescence microscopy. The results obtained pointed to the presence of microplastics in all tap water samples in the Plano Piloto region, thus showing the consequence of the high consumption of plastic material, mainly for single use and its inadequate disposal by the population, problems in the treatment plants of water that does not enjoy modern strategies for removing microplastics from water intended for consumption and legislation that act on this topic protecting the community in the consumption, production and disposal of plastic material.

Key words

Microplastics; Tap water; Nile Red, Fluorescence Microscopy; Human health; Environment.

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico

ANA - Agência Nacional de Águas

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BPA - Bisfenol A

BPS - Bisfenol S

BPF - Bisfenol F

BPAF - Bisfenol AF

CEN - Center for Earth System Research and Sustainability

CLDF - Câmara Legislativa do Distrito Federal

DDT - Diclorodifeniltricloroetano

DDE - Diclorodifenildicloroetileno

DDD - Diclorodifeniltricloroetano

ECHA - Agência Europeia de Substâncias e Misturas Químicas

EDC - Desreguladores endócrinos

HBCD - Hexabromociclododecano

HCB- Hexaclorobenzeno

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

ONU - Organização das Nações Unidas

PA - Poliamida

PAHs - Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

PBDEs - Éter difenílicos polibromados

PCDD - Dibenzodioxinas policloradas

PE - Polietileno

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PCB - Bifenilpoliclorado

PEBD - Polietileno de Baixa Densidade

PCDF - Dibenzofuranos policlorados

PET - Tereftalato de polietileno

POPs - Poluentes orgânicos persistentes

PP - Polipropileno

PS - Poliestireno

PUR - Poliuretano

PVC - Cloreto de polivinil

RA's - Regiões Administrativas

UNB - Universidade de Brasília

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plásticos de fonte renovável e de fonte fóssil, que podem ser ou não biodegradáveis. (Adaptado de Abiplast Perfil, 2018).

Figura 2. Diferentes rotas de exposição aos microplásticos e possíveis efeitos na saúde humana (Adaptado de Chang et al., 2020).

Figura 3. Maiores fontes de microplásticos primários e secundários. (Adaptado de Orgunola,2018).

Figura 4. Tipo, estrutura, densidade e morfologia dos microplásticos mais frequentemente encontrados em ambientes aquáticos e terrestres. Adaptado de (Andrady 2011; Zhu et al., 2019).

Figura 5. Produção de plástico no mundo. Adaptado de (Plastic Facts, 2019).

Figura 6. Imagem com os pontos de coleta (círculos vermelhos), nas entrequadras da Asa Sul e Asa Norte.

Figura 7- Imagem da câmara de Sedgewick Rafter utilizada para verificar a presença de microplásticos nas amostras de água das entrequadras e caso tenha também é utilizada para quantificar as mesmas.

Figura 8- Microscópio de imunofluorescência Nikon Eclipse Ni-U utilizado para para pesquisa quantitativa e qualitativa de microplásticos na câmara Sedgewick Rafter.

Figura 9-Câmara de Sedgwick Rafter – amostra controle negativo (Água ultrapura com Vermelho Nilo).

Figura 10-Câmara de Sedgwick Rafter com amostras de água das entrequadras contendo microplásticos marcados com Vermelho Nilo visualizado no microscópio de imunofluorescência Nikon Eclipse Ni-U.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultado da pesquisa quantitativa de microplásticos na água de torneiras dos restaurantes e lanchonetes das entrequodras do Plano Piloto – DF.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	II
EPÍGRAFE	III
RESUMO.....	IV
LISTA DE ABREVIACÕES.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Plásticos.....	14
1.2. Produção de plástico	16
1.3. Microplásticos	19
1.4. Tipos e Fontes de Microplásticos.....	22
1.5. Microplásticos e o meio ambiente.....	26
1.6 Microplásticos e a saúde humana.....	29
1.7 Microplásticos nos alimentos e bebidas.....	30
1.8 Justificativa do trabalho.....	31
2. OBJETIVOS.....	33
2.1 Objetivo geral.....	33
2.2 Objetivos secundário.....	33
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 Área de estudo, amostragem e coleta do material.....	34
3.2 Método de análise das amostras de água de torneira.....	35

4. RESULTADOS.....	37
5. DISCUSSÃO.....	39
5.1 Microplásticos qualitativo (coloração com vermelho Nilo)	39
5.2 Microplásticos quantitativo.....	39
5.3 Microplásticos e a saúde humana.....	40
5.4 Microplásticos políticas públicas e possíveis resoluções	45
6. CONCLUSÃO.....	48
7. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	48
8. REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

1.1. Plásticos

Plástico é um termo derivado do latim “*plasticus*”, que advém do grego “*plastikos*” usado para descrever algo capaz de ser moldado ou apto para ser moldado. Esta terminologia foi usada no século XVII, muito antes do primeiro material plástico. Em 1839 um americano chamado Charles Goodyear criou o processo chamado de vulcanização da borracha, que tornava o material natural mais durável, resistente às variações de temperatura e elástico, permitindo que fosse esticado e voltasse ao formato original. Em 1862 Alexandre Parkes apresentou a “parkesina”, precursora da matéria plástica (uma resina feita de celulose, flexível, impermeável à água, que podia ser moldada quando aquecida e mantinha a forma quando resfriada), uma boa substituta da borracha, porém devido ao seu alto custo de produção não prosperou. Com um propósito inicial de substituir o marfim nas bolas de bilhar, material que vinha se tornando escasso pela popularidade do esporte e ameaçava os elefantes, em 1870 o americano John Wesley Hyatt aperfeiçoou o celuloide, dando mais rigidez ao material. Em seguida, foi a vez do químico belga Leo Baekeland, em 1909, dar início à revolução dos plásticos modernos ao criar o primeiro plástico totalmente sintético e em escala comercial: a baquelite (considerada o primeiro plástico) ou resina fenólica, dura, rígida e resistente ao calor após ser moldada¹.

Hoje, "plásticos" ou "materiais plásticos" são os termos usados para descrever uma família extremamente grande de materiais com diversas características, propriedades e usos, sendo considerados essenciais em vários setores do cotidiano como automotivo, agrícola, saúde, construção, embalagens e têxteis².

Os plásticos apresentam como características o fato de serem baratos, leves, fortes, duráveis e resistentes à corrosão, com altas propriedades de isolamento térmico e elétrico³. Os plásticos derivados de petróleo são divididos em termoplásticos e termorrígidos, sendo, respectivamente, recicláveis e não recicláveis^{4, 5, 6, 7}. O plástico em sua maioria, é um polímero originado de uma fração do petróleo chamada nafta, mas também pode ser originado de fontes renováveis (bioplástico ou polímero biobaseado), significa que o material ou produto é total ou parcialmente derivado da biomassa (plantas)(Figura 1). A biomassa usada para bioplásticos decorre, por exemplo, de milho, cana de açúcar ou celulose^{5, 6, 7}.

O plástico convencional derivado do petróleo, pode ser reciclado, ou seja, depois de sua primeira aplicação ele pode voltar para a indústria e ser transformado em um outro produto para os segmentos de construção civil, automotivo, mobiliário, embalagens para produtos de limpeza, bebidas, etc^{5, 6, 7, 8}. Já o bioplástico pode ter as mesmas propriedades do plástico convencional,

inclusive também pode ser reciclado, porém embora tenha como base fontes renováveis o bioplástico não é necessariamente o bioplástico será biodegradável⁵.

O plástico biodegradável é aquele que ao término de seu ciclo de vida sofre processo de compostagem em até 180 dias pela ação de microrganismos, sob condições específicas de calor, umidade, luz, oxigênio e nutrientes orgânicos. Em geral, esse produto deriva de fontes vegetais tais como a celulose, amido, etc^{5,7}.

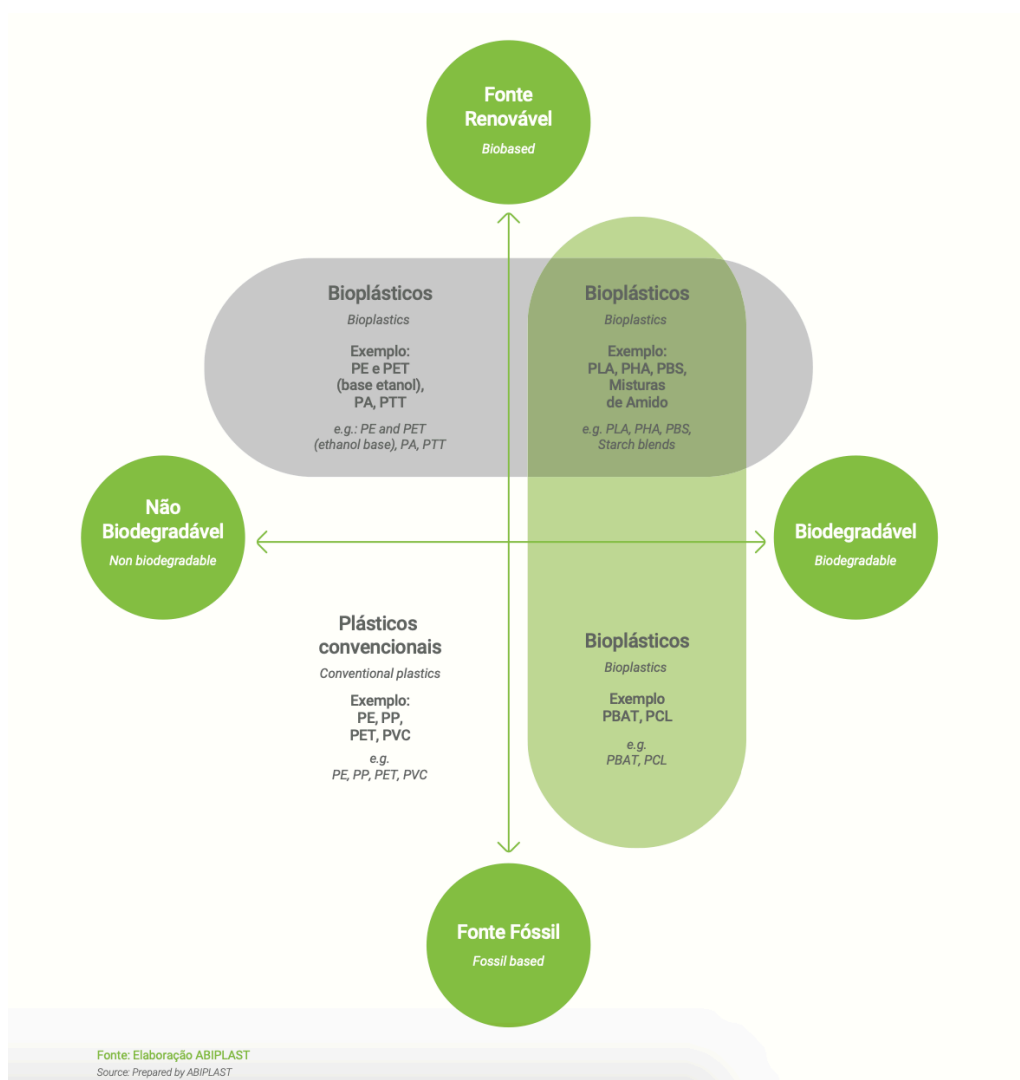


Figura 1. Plásticos de fonte renovável e de fonte fóssil, que podem ser ou não biodegradáveis. Fonte: Adaptado de Abiplast Perfil⁵.

O desenvolvimento de plásticos biodegradáveis é frequentemente visto como um substituto viável para os plásticos tradicionais. No entanto, eles também podem ser uma fonte de microplásticos (que são plásticos de tamanho inferior a 5 mm) pois alguns plásticos biodegradáveis que tem com base fontes fósseis, se descartados adequadamente irão se decompor em áreas de compostagem industrial em condições quentes, úmidas e bem arejadas (Figura 1)⁹.

No entanto essa decomposição é apenas parcial: enquanto os componentes de fontes renováveis se decompõem a outra parte que é fóssil gera uma abundância de polímeros sintéticos será deixada para trás (microplásticos)⁹.

Desta forma, frente a diversas características e baixo custo o plástico tem ganhado muito espaço no mercado e tem sido cada vez mais recorrente a substituição de materiais como vidro, metal e papel, por plásticos, o que pode ser considerado um grande problema pela quantidade de resíduos que são gerados¹⁰.

Uma vez que os plásticos se acumulam em diferentes ecossistemas, as condições ambientais favorecem os processos físico-químicos que os levam a degradação contínua, originando os microplásticos¹¹.

1.2. Produção de plástico

Devido a sua grande utilidade o plástico tem sido cada vez mais consumido, aumentando assim nossa dependência desse tipo de produtos, somados a isso o plástico está envolvido nos grandes avanços tecnológicos adquiridos pela sociedade moderna, por estar presente em todos os setores da indústria podemos dizer que hoje é um polímero essencial para o ser humano^{4,8}. Os primeiros materiais plásticos manipulados pela indústria foram obtidos a partir de produtos naturais, como por exemplo, o nitrato de celulose (da celulose do algodão), a galalite (da caseína do leite) e a ebonite (da borracha natural) porém hoje 99% dos plásticos produzidos tem origem de materiais derivados de petróleo, portanto esses não são biodegradáveis tendo seus resíduos acumulados cada vez mais na natureza e se tornando assim nocivos ao meio ambiente, os animais e ao ser humano¹².

O grande aumento no uso e conseqüentemente da produção de plástico se deu após a segunda guerra mundial, com a produção de plástico virgem aumentando cerca de 200 vezes desde 1950 (2 milhões de toneladas) e cresceu a uma taxa de 4% ao ano desde 2000, fechando o ano de 2018 com 359 milhões de toneladas (Figura 5). Estima-se que se a produção prevista para 2030 poderá ultrapassar as 550 milhões de toneladas^{7,8}. A produção de polímeros biobaseados no ano de 2018 e 2019 chegou a 2 milhões de toneladas (cerca de 1% da produção anual) e desses apenas metade é composta por polímeros biobaseados que são biodegradáveis. Acredita-se que mais de 10% do lixo de todo o mundo seja constituído por plástico¹³, na Europa foram produzidos em 2017 cerca de 64,4 milhões de toneladas de plástico e foram recolhidos 27,1 milhões de toneladas de lixo plásticos (31,1% desse total foi reciclado) havendo aproximadamente 120 milhões de toneladas de resíduos de plástico pós-consumo no mundo^{5,6,7,14}.

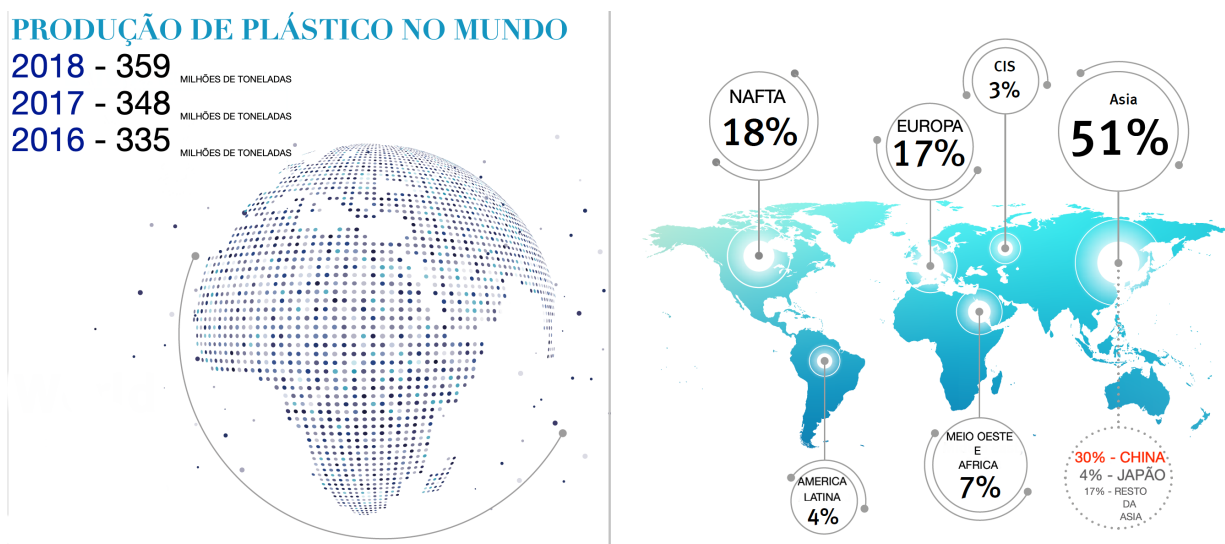


Figura 5. Produção de plástico no mundo. Fonte: Adaptado de Plastic Facts⁷.

A matéria prima principal usada no preparo do material plástico é derivada tanto do petróleo bruto quanto do gás natural, a indústria do petróleo destina 4 % de sua produção mundial para a indústria de plástico. O petróleo bruto, mistura complexa de diversos hidrocarbonetos com diferentes temperaturas de ebulição, é submetido ao processo de refino, o qual é realizado em diferentes etapas, e a partir disso podem ser obtidos muitos subprodutos derivados, como por exemplo, a nafta, a principal matéria prima utilizada para a produção do material plástico^{5,15,16}.

Após o seu refino, a nafta é fornecida para a indústria de primeira geração, onde ocorrem diversos processos onde serão produzidos os monômeros utilizados para a produção do plástico. Em seguida, a indústria de segunda geração é a responsável pela produção de resinas poliméricas, também conhecidas como “pellets”, e por fim, a indústria de terceira geração, também conhecida como transformadoras de plásticos é a responsável pela moldagem e confecção dos utensílios de plásticos^{5,15}.

O produto final, ainda na Indústria recebe aditivos químicos, pois as propriedades do material como forma, textura, cor e resistência são aprimoradas com o uso dos aditivos de acordo com as características do produto final que se deseja confeccionar^{12,17}. Entretanto, a forma como o aditivo químico é adicionado pode ter consequências ambientais, pois quando o aditivo é apenas introduzido na matriz polimérica, ele pode, em condições específicas, ser lixiviado para o meio ambiente e gerar efeitos toxicológicos, já quando ele é ligado quimicamente ao polímero, tais consequências não são agravantes^{4,11,18,19}.

Embora os plásticos sejam considerados bioquimicamente inertes, os aditivos químicos também denominados plastificantes, são motivo de preocupação, esses aditivos são empregados ao plástico para aprimorar as suas propriedades de resistência ou maleabilidade^{4,11}. Porém, dependendo das características químicas do aditivo, tamanho dos poros da matriz polimérica e

das condições ambientais que esse material se submeter, esses aditivos podem ser lixiviados da matriz e serem transferidos ao ambiente⁹. A biota marinha pode ser diretamente exposta a esses aditivos lixiviados após a ingestão dos microplásticos, sendo esses, portanto, outro componente de contaminação transportado pelo plástico^{4,18,20}. Os aditivos químicos mais comumente usados pela indústria dos plásticos são ftalatos e bisfenol A^{11,21,22}. São compostos conhecidos por serem altamente tóxicos e responsáveis por causar desregulação hormonal e outros efeitos nocivos, tanto aos animais quanto aos humanos quando em dosagem significativa, que em geral são dosagens muito baixas na casa de nanograma por decilitro^{11, 21, 22,23,24,25}. Além disso devido a sua superfície hidrofóbica, poluentes tóxicos como metais pesados e poluentes orgânicos persistentes (POPs) são facilmente aderidos à superfície dos plásticos, e esses plásticos e seus contaminantes quando ingeridos por seres vivos podem biomagnificar para organismos de maiores níveis tróficos evidenciando ainda mais o plástico com uma fonte de contaminação^{3,4,11,21,26,27}.

Diversos estudos comprovaram a presença de pops adsorvidos à superfície de fragmentos plásticos e pellets expostos ao ambiente marinho^{11,19,21,28}. Um estudo realizado com aves oceânicas, indicou a contaminação dessas por ambos contaminantes: os plásticos e poluentes orgânicos persistentes nos tecidos dos indivíduos estudados, 100% apresentaram resultado positivo para a contaminação por poluentes orgânicos persistentes que segundo a autora, acredita ser proveniente da transferência deste poluente pelo plástico, que também foi identificado no material estomacal dessas aves. Esse plástico encontrado no estômago das aves apresentou resultado positivo para poluentes orgânicos persistentes, que estavam adsorvidos em sua superfície²⁹.

Esse aumento da produção e conseqüentemente dos resíduos gerados, é motivo de preocupação, pois gera conseqüências ecológicas, devido a ingestão de plásticos por vários organismos vivos e seus efeitos nocivos a esses organismos^{11,21,30}. O plástico hoje é produzido como um material descartável, a tal ponto que mais de 75% de todo o plástico produzido torna-se lixo^{8,14}. Além disso, metade de todo o plástico é utilizado para criar produtos descartáveis com vida útil menor que três anos³¹. A maioria desses descartáveis é consumida em países de renda alta ou média-alta, o baixo custo e versatilidade do plástico resultaram em inúmeras aplicações para o material em diversas indústrias, como exemplo a da embalagem, que é a maior transformadora de plástico virgem em produtos, responsável por converter quase 40% do todo o plástico produzido em 2015⁸.

Devido as práticas de consumo acelerado resultando numa quantidade de resíduos plásticos, para os quais o mundo não está preparado a lidar, 37% de todo o lixo plástico não está sendo tratado de forma eficiente. A má gestão dos resíduos plásticos é uma preocupação urgente,

já que é muito mais provável que esses resíduos virem poluição do que aqueles tratados em uma unidade controlada de gestão de resíduos^{32,33}.

O lixo mal administrado (aqueles deixados sem coleta, despejados em locais abertos, nas ruas ou tratados em aterros sanitários não regulamentados) é um resultado de infraestrutura de gerenciamento de resíduos subdesenvolvida, em que todo plástico gerado em algum momento espalha-se pela natureza e se transforma em lixo plástico e quando coletado, são despejados abertamente ou de forma desorganizada em aterros e apenas uma pequena parte é reciclada^{32,33,34}.

Aproximadamente 80% dos resíduos sólidos que atingem as zonas costeiras e oceânicas são de fontes terrestres^{4,34}. Esses resíduos incluem aqueles deixados por usuários de praias, os provenientes da drenagem de rios e lançamento de esgotos e também à própria geração de resíduos das áreas urbanas e habitações desordenadas³⁴. Já os outros 20% de resíduos presentes nos oceanos o correspondem às fontes marinhas, gerados pelas atividades náuticas das plataformas oceânicas e tráfego de embarcações^{4,34}. A presença do lixo marinho ocorre em diversas praias, na superfície do oceano, em águas profundas e até mesmo em áreas remotas, devido a sua capacidade de dispersão por ondas, correntes e ventos para outras áreas^{34,35,36}.

Os sistemas de gestão de resíduos plásticos mais predominantes são os aterros sanitários, incineração e despejo¹⁴. Diversos resíduos plásticos são enviados diretamente para os aterros, onde são necessários 400 anos para que se decomponham⁸. A incineração industrial é utilizada para tratar 15% dos resíduos plásticos, o que emite 2,7 toneladas métricas de dióxido de carbono na atmosfera para cada tonelada métrica de resíduo plástico incinerado. Atualmente, apenas 20% dos resíduos plásticos mundiais são coletados para reciclagem e mesmo assim não é possível garantir que ele será transformado em novos materiais. Por exemplo, menos da metade dos resíduos plásticos coletados para reciclagem na Europa são realmente reciclados devido aos altos níveis de contaminação³⁷.

1.3. Microplásticos

Os microplásticos são partículas de plástico caracterizadas por apresentar tamanho menor que 5 mm^{4,11,38,39}. Sendo relatados pela primeira vez em 1970, embora o termo tenha sido incorporado na literatura apenas em 2004. Desde então, essas partículas têm sido cada vez mais recorrentes em rios, lagos, mares e oceanos, o que tem gerado um grande interesse e preocupação na comunidade científica devido ao seu potencial de causar danos à biota devido ao tamanho reduzido e sua disponibilidade para organismos marinhos^{11,40,41}.

Os microplásticos estão onipresentes no meio ambiente, sendo encontrados dentro de nossos lares, no ambiente externo de nossas casas, em nosso trabalho, alimentos, água, no ar que

respiramos e no interior dos organismos vivos terrestres e aquáticos. Suas principais fontes variam, mas vêm em grande parte de plásticos de uso único descartáveis, equipamentos de pesca, brinquedos, utensílios de cozinha, sacolas, embalagens, roupas e cosméticos, têxteis, automotiva agrícolas e escoamento, tintas, pneus^{5,6,7,8}. Podem passar por estações de tratamento de águas residuais que não foram projetadas especificamente para retê-las e conseqüentemente, se acumulam em densidades populacionais maiores^{42,43} e sua distribuição é influenciada pelos movimentos da água e do ar, como correntes e ventos do mar e densidade de partículas^{21,44}. Em particular, os oceanos acumulam plásticos, sendo um reservatório natural e final e, conseqüentemente, a flora e a fauna oceânicas são expostas^{35,45,46}.

Existem microplásticos que são intencionalmente produzidos pela indústria em tamanhos microscópicos e aplicados principalmente em cosméticos e liberados no meio ambiente geralmente pela rede de esgoto doméstico⁹. Os microplásticos também podem ser produzidos para uso em tecnologia de jateamento de ar com micropartículas de acrílico, melamina ou poliéster para serem utilizados em máquinas, motores e cascos de barcos para remover ferrugem e tinta (esses lavadores são usados repetidamente e muitas vezes são contaminados com metais pesados como por exemplo, cádmio, cromo e chumbo)⁹.

Um dos componentes mais utilizados pela indústria para a fabricação de materiais plásticos, são as esferas plásticas, conhecidas como “pellets” que são resinas termoplásticas de formatos, cores e tamanhos microscópicos variados¹⁹. Essas esferas atingem os ambientes marinhos através de perda acidental pelas indústrias, descarte inadequado ou pelo transporte marítimo, por isso são comumente encontradas nas proximidades de portos⁴⁷. Já a forma secundária do microplástico é derivada da fragmentação dos macropellets⁹. A exposição de macropellets que chega ao ambiente marinho, devido à má gestão do descarte de lixo, combinada com uma série de processos degradativos tais como biodegradação (ação por microorganismos), fotodegradação (incidência de radiação Ultra Violeta), degradação termal (influência da variação entre baixas e altas temperaturas), degradação termo-oxidativa (oxidação em temperaturas moderadas) e hidrólise (reação química com a água), contribuem para a quebra em fragmentos progressivamente menores que podem até se tornar indetectáveis a olho nu^{4,9,48}.

O mecanismo de degradação do plástico mais comum é a fotodegradação, que é ativada pela absorção da radiação solar em uma faixa de comprimento específico^{4,39}. Alguns dos polímeros plásticos são formados por cadeias alifáticas de carbono que não absorvem energia no comprimento de onda da luz visível⁴⁹. No entanto, a absorção da luz solar por esses polímeros ocorre devido à presença de outros componentes presentes na cadeia polimérica, que podem ser catalisadores, aditivos e contaminantes orgânicos⁹. Uma pequena quantidade de radiação

absorvida por esses componentes pode iniciar uma reação radicalar que produz o radical hidroxilo que pode reagir com o oxigênio, levando a uma foto-oxidação. Como consequência das reações foto-oxidativas, o plástico sofre alteração de suas propriedades físicas, como a descoloração, perda da resistência à tração, a elasticidade, e assim tornam-se mais frágeis e quebram-se mais facilmente e dessa forma, as partículas podem chegar a tamanhos microscópicos^{9,49}.

Os plásticos estão entre os contaminantes mais persistentes no ambiente marinho e também possuem a capacidade de acumular diferentes tipos de contaminantes orgânicos devido à sua propriedade hidrofóbica^{11,26,27}. Estudos apontam que diversos tipos de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) têm sido identificados em materiais plásticos por todo o globo^{11,27,47,50,51}. O grande impacto desse cenário é a ingestão desses microplásticos contaminados por diversos organismos que podem produzir resultados tóxicos por toda cadeia trófica^{11,21,30,52}.

Enquanto o impacto ecológico do plástico é evidente, até o momento existem diversas evidências sobre o efeito dos microplásticos na saúde humana, uma ameaça possível dos microplásticos à saúde seria por meio de sua ingestão através da cadeia alimentar, os alimentos assim como a água destinada a consumo podem estar contaminados por microplásticos, seja por exposição direta no meio ambiente ou por transferência trófica de microplásticos entre predadores e presas em espécies comestíveis (Figura 2)^{11,30,53}.

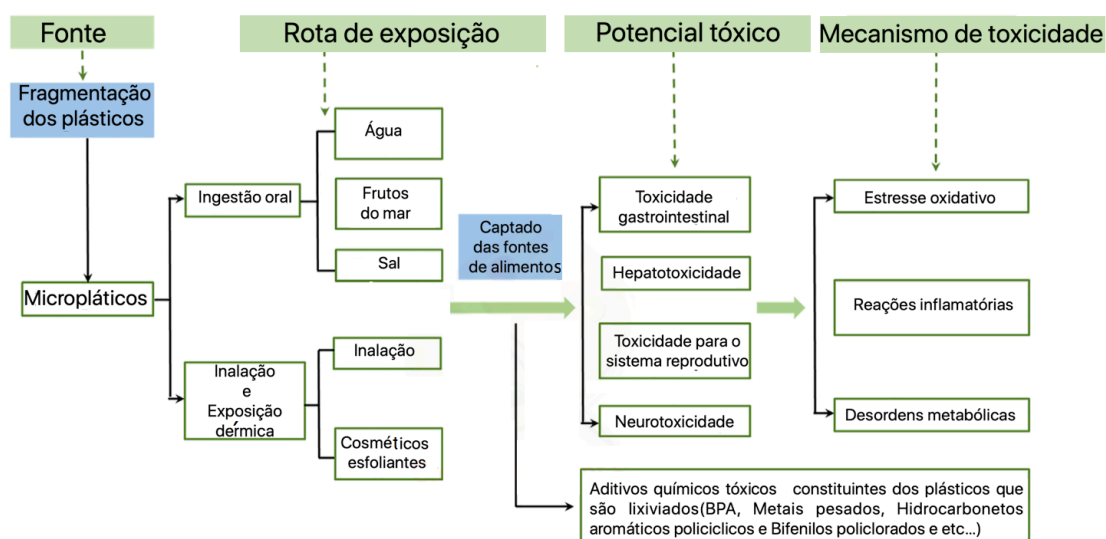


Figura 2. Diferentes rotas de exposição aos microplásticos e possíveis efeitos na saúde humana. Fonte: Adaptado de Chang⁵³.

1.4. Tipos e Fontes de Microplásticos

Os plásticos podem ser classificados de acordo com o seu tamanho: microplásticos (menor que 5 mm), mesoplásticos (5 a 25 mm) e macroplásticos (maior ou igual a 25 mm). Os microplásticos primários são plásticos projetados já na escala micrométrica, podem ser utilizados para fabricar produtos plásticos e também em produtos cosméticos como microesferas de gel de banho, microesferas na pasta de dente liberados^{11,15,38}. A presença dessas microesferas em tais produtos de uso pessoal é altamente preocupante, pois após o consumo do produto esse material irá compor os esgotos domésticos e, conseqüentemente, são transportados para os ambientes aquáticos^{43,54}. Isso ocorre porque partes desse material não são retidos pela estação de tratamento de água e esgoto devido às adaptações tecnológicas requeridas para separar partículas de dimensões tão reduzidas^{14,34,42,43,54,55}. As fibras plásticas de tecidos sintéticos são outro tipo de microplásticos que também compõem os efluentes domésticos, possivelmente provenientes do procedimento da lavagem de roupas desses tecidos pela população⁴². Podem ser secundários quando originários da degradação de plástico maior como por exemplo, sacos de plástico, garrafas PET degradados, através de secagem das roupas (Figura 3)^{56,57}.

Morfologicamente (Figura 4) os microplásticos podem ser divididos em cinco grupos: fragmentos (partículas duras, com bordas irregulares), microesferas (duras, arredondadas partículas), fibras (fios plásticos uniformes fibrosos ou finos), grânulos (formatos variados podendo ser cilíndricos, ovóides ou mesmo retangulares) e espuma (material do tipo isopor)^{39,58}.

Quanto a sua composição podemos dividir os microplásticos em seis tipos de polímeros que apresentam destaque no consumo mundial:

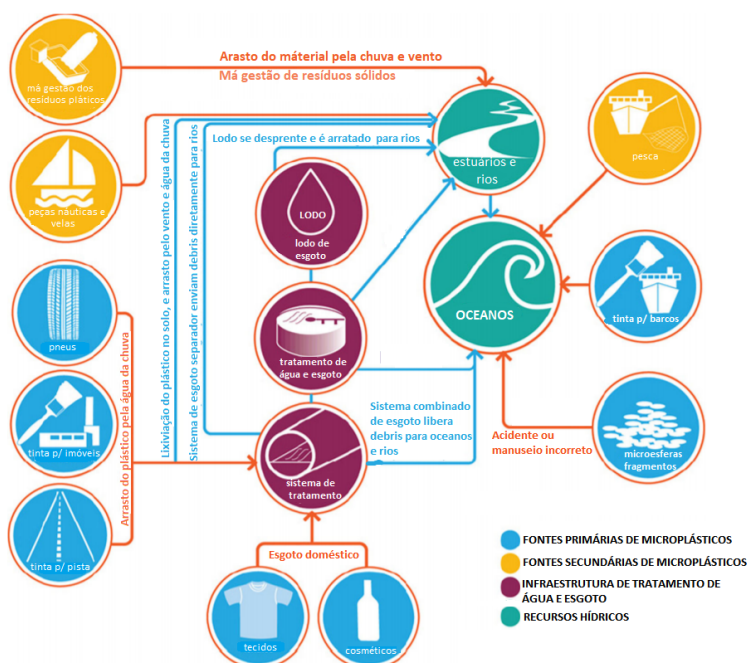


Figura 3. Maiores fontes de microplásticos primários e secundários. Fonte: Adaptado de Orgunola⁸⁸.

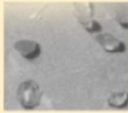

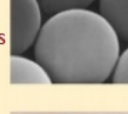
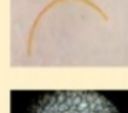
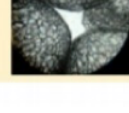
Tipo de polímero	Estrutura	Densidade (g cm ⁻³)	Morfologia
Poliétileno(PE)	$\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)-}$	0.91-0.93 0.93-0.97	Grânulos 
Polipropileno(PP)	$\text{-(CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{))-}$	0.85-0.95	Fragmentos 
Poliestireno(PS)	$\text{-(CH}_2\text{-CH(C}_6\text{H}_5\text{))-}$	1.04-1.11	Microesferas 
Poliéster ou Poliétileno tereftalato(PET)	$\text{-(C}_6\text{H}_4\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO)-}$	1.37-1.45	Fibras 
Polivinil cloreto(PVC)	$\text{-(CH}_2\text{-CH(Cl))-}$	1.16-1.58	Espuma 
Nylon ou Poliamida (PA)	$\text{-(NH(CH}_2\text{)}_6\text{CO)-}$	1.08 (nylon 6)	
	$\text{-(C(CH}_2\text{)}_4\text{CNH(CH}_2\text{)}_6\text{NH)-}$	1.31 (nylon 66)	

Figura 4. Tipo, estrutura, densidade e morfologia dos microplásticos mais frequentemente encontrados em ambientes aquáticos e terrestres. Fonte: Adaptado de Zhu³⁹.

- **Poliétileno** (PE – utilizado em embalagem e copos descartáveis):

O polietileno (PE) é um material obtido a partir da repetição de um único monômero, o etileno (C₂H₂), considerado um dos principais polímeros termoplásticos, pertencente ao grupo das poliolefinas, que possui o monômero alqueno¹². O grande interesse desse polímero pela indústria plástica ocorre devido a sua facilidade de fabricação e seu baixo custo, compondo assim a terça parte da produção mundial total de polímeros termoplásticos^{5,6,7}. É subdividido em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), ambos termoplásticos. PEAD e PEBD possuem excelente resistência química e boas propriedades mecânicas, o que lhes conferem abrangente aplicação. O PEAD é utilizado na fabricação de contentores, bombas, fita-lacre de embalagens, material hospitalar, entre outros^{5,6,7}. O PEBD é bastante versátil no uso em filmes e sacos plásticos para embalagens, empregadas tanto no setor alimentício quanto no setor farmacêutico e químico, o que traz como consequência o problema da poluição ambiental quando associado ao uso excessivo com o descarte inadequado dessas embalagens. Seu uso também é abrangente na confecção de artefatos de utilidades domésticas, brinquedos, entre outros^{5,6,7,21}.

- **Polipropileno** (PP- embalagens, tecidos, componentes automotivos equipamento de laboratório e papel moeda):

A síntese desse material ocorre através da reação de polimerização do propileno, monômero derivado de produtos petrolíferos. O polipropileno (PP) é um termoplástico que também pertence ao grupo das poliolefinas. Fatores como baixa densidade, baixo custo, facilidade para moldagem e versatilidade tem propiciado o crescente uso desse polímero em diversos segmentos. O polipropileno é considerado um excelente material para resistir às radiações eletromagnéticas na região de micro-ondas, também é amplamente utilizado em pára-choques de automóveis, carcaças de eletrodomésticos, recipientes de uso geral, fita-lacre de embalagens, brinquedos, carpetes, tubos para canetas esfereográficas, válvulas para aerossóis, material hospitalar, recipientes domésticos para uso em forno de micro-ondas, entre outros^{12,21}.

- **Poliuretano** (PUR- espumas para colchões, travesseiros, assentos de automóveis, isolantes térmicos de paredes e refrigeradores, isolantes acústicos, na produção de fibras, vedações, preservativos, calçados):

Esse polímero apresenta alta resistência à abrasão e ao rasgamento e, devido às suas características como textura maciça ou celular, tem sido cada vez mais recorrente seu uso em diversos segmentos. São utilizados como: amortecedores, diafragmas e válvulas de equipamentos industriais para processamento e transporte de minérios, solados, material esportivo, blocos e folhas de espuma flexíveis para estofamento de carros e móveis, confecção de bolsas e roupas^{12,21}. Além desses produtos, o poliuretano também tem sido aplicado na área da saúde como biomaterial empregado como reparador de perdas ósseas e próteses, devido às suas propriedades de biocompatibilidade com o organismo humano. Cresce também o uso desse polímero na fabricação de preservativos em vez do uso do tradicional látex, pois os preservativos feitos com o poliuretano apresentaram maior resistência, leveza, transparência e aumento da sensibilidade⁵⁹.

- **Poliestireno** (PS- isopor – embalagens, talheres, recipientes):

O poliestireno expandido (EPS), popularmente conhecido como isopor, trata-se de uma espuma rígida obtida através da expansão da resina de poliestireno durante sua polimerização. O principal uso do EPS é como embalagem de proteção e no isolamento térmico. O polímero poliestireno, de modo geral, é utilizado na confecção de utensílios domésticos rígidos, brinquedos, embalagens para cosméticos e alimentos, além de placas expandidas^{12,21}.

- **Poliamida** (PA - tecidos):

Poliamida (PA) é um polímero termoplástico composto por monômeros de amida conectados por ligações peptídicas, podendo conter outros grupamentos. As poliamidas como o Nylon, aramidas, começaram a ser usadas como fibras sintéticas, e depois passaram para a manufatura tradicional dos plásticos. Podemos ver a poliamida sendo usada para fabricação de carpetes, airbags, patins, relógios, calçados esportivos, uniformes de esqui, cordas para alpinismo, barracas e automóveis^{12,21}.

- **Cloreto de polivinil (PVC – embalagens, brinquedos e tubulações):**

O plástico PVC (Policloreto de Polivinila), é um tipo de plástico muito encontrado em embalagens para água mineral, óleos comestíveis, maioneses, sucos, perfis para janelas, tubulações de água e esgoto, mangueiras, embalagens para remédios, brinquedos, bolsas de sangue, material hospitalar, entre outros. Ele é muito utilizado por ser rígido, transparente (se desejável), impermeável, resistente à temperatura e praticamente inquebrável, o PVC é formado por 57% de cloro (derivado de um sal do mesmo tipo do sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo). No Brasil, a taxa de reciclagem do PVC tem crescido ao longo do tempo, o reaproveitamento do material, quando bem separado, pode ser feito de forma simples e menos onerosa. Entretanto, uma desvantagem é que ele possui dioxina, uma substância que se acumula no organismo e pode causar câncer^{12,21}.

- **Polietileno tereftalato (PET – utilizado para fazer garrafas e roupas):**

Polietileno tereftalato, ou PET, é um tipo de plástico formado pela reação entre o ácido tereftálico e o etileno glicol. O plástico PET normalmente compõe frascos e garrafas para uso alimentício/hospitalar, cosméticos, bandejas para micro-ondas, filmes para áudio e vídeo e fibras têxteis. É um material muito utilizado por ser transparente, inquebrável, impermeável e leve. Por ser um termoplástico, o PET é reciclável. A desvantagem é que o PET é feito a partir do petróleo uma fonte não renovável que quando misturado a outros tipos de materiais, como fibras de algodão - no caso das roupas de PET - a sua reciclagem fica inviabilizada^{12,21,32,39,60,61}.

Os plásticos são polímeros, e esses polímeros apresentam propriedades peculiares que decorrem de interações intramoleculares, interações envolvendo a mesma molécula, ou intermoleculares, quando envolve outras moléculas. Essas ligações podem ser pontes de hidrogênio, interações dipolo – dipolo ou forças de Van der Waals.

Os polímeros englobam uma classe muito ampla de materiais que podem ser classificados em diferentes grupos de acordo com diferentes aspectos^{4,32}. Para os polímeros que possui em sua

estrutura apenas um tipo de mero, denomina-se homopolímero e quando há mais de um tipo de mero, é designado copolímero¹².

Segundo a origem do material polimérico, o polímero pode ser classificado como de origem natural ou sintético. Amido, proteína, celulose e borracha de seringueira constituem exemplos de polímeros de origem natural⁶. Polietileno e poliestireno são exemplos de polímeros sintéticos⁷.

Quanto aos grupos funcionais da cadeia polimérica, os polímeros podem ser classificados em inúmeros grupos, como poli-hidrocarbonetos, poliamidas, poliéteres, poliésteres, poliacetais, poliuretanos, etc. Esse critério é muito importante para as borrachas diênicas, por exemplo, pois a geometria da cadeia corresponde às suas características elastoméricas¹².

Os polímeros também podem ser classificados quanto orientação dos substituintes em relação ao plano formado pela cadeia principal, além de poderem ser classificados em relação à sua estrutura, que pode ser linear ou ramificada, podendo também apresentar ligações cruzadas. Essas e outras características dos polímeros têm influência direta nas propriedades do produto, especialmente em relação à fusibilidade e solubilidade que permite classificar os polímeros em dois diferentes grupos: os termoplásticos e os termorrígidos^{4,12}.

Os polímeros termoplásticos são materiais que fundem por aquecimento, tornando-se um fluido ou líquido viscoso, e se solidificam por resfriamento, em um processo reversível, o que permite sua fácil reciclagem^{5,7}. Os polímeros lineares e ramificados pertencem a esse grupo e a fluidez obtida pela ação do calor se deve principalmente a essa estrutura que tem suas ligações secundárias facilmente rompidas frente ao aquecimento. Polietileno, polipropileno, poli (tereftalato de etileno), poli (cloreto de vinila) constituem exemplos dessa classe de polímeros¹².

Já os polímeros termorrígidos conservam sua estrutura reticulada, com ligações cruzadas ao serem aquecidos, sendo, portanto, infusíveis. Quando submetidos ao aquecimento, esses polímeros têm sua estrutura ainda mais enrijecida, devido a reações químicas que fornecem novos cruzamentos e reciclagem desse material é mais complexa devido ao comportamento descrito^{5,7}.

1.5. Microplásticos e o meio ambiente

O aumento da produção de plásticos também ampliou os resíduos de plásticos e dos problemas de gerenciamento de resíduos. Contaminações dos sistemas de água doce (incluindo aquíferos) e salgada e dos ambientes terrestres, que passaram a ser cada vez mais evidenciados em estudos^{7,13,33,62,63,64,65}.

A ocorrência de detritos plásticos foi relatada em vários ambientes terrestres e aquáticos, sendo demonstrada a presença de microplásticos em montanhas, no gelo do ártico, florestas, rios, lagos, estuários, litorais e nos mares^{54,13,66}. E estima-se também que exista quatro vezes mais poluição plástica em terra do que nos oceanos, sugerindo que o impacto total da poluição por plástico seja ainda muito maior, a maioria dos estudos que afirmam que em extensão e quantidade a poluição marinha por microplásticos oceânicos foram confinados à camada superficial do oceano, porém recentemente verificou - se após pesquisar microplásticos no oceano entre 5 e 1000 metros de profundidade a presença de microplásticos em toda a coluna de água e que as maiores concentrações de microplásticos estavam presentes em profundidades entre 200 e 600 m e sugeriu ainda que um dos maiores e atualmente subvalorizados reservatórios de microplásticos marinhos pode estar contido na coluna de água e nas comunidades de animais do fundo do mar, esse estudo é importante pois mostra a grande quantidade de partículas de microplástico acumuladas no fundo dos oceanos e passíveis de serem facilmente transportadas por correntes marinhas e afetar a fauna em diversas localidades do planeta^{13,35,46}.

Assim como no mar os microplásticos podem ser transportados por correntes aéreas, os microplásticos são de baixa densidade e tamanhos pequenos, o que os torna distribuídos facilmente pelo vento^{67,36}. Constatou - se em um trabalho uma taxa diária de 365 partículas de microplásticos por metro quadrado que caem do céu nas montanhas dos Pirineus, sul da França local livre da presença humana sem presença de polímeros de plástico a pelo menos 100km do local onde foi realizado a pesquisa. Outros estudos conduzidos na Turquia (Europa) e China (Ásia) também pesquisaram microplásticos no ar também foram e chegaram ao mesmo resultado tornando assim o microplástico um novo poluente atmosférico⁶⁷.

Os microplásticos estão presentes no ar tanto em ambientes externos quanto nos ambientes internos. Em Xangai foi verificada a presença de microplásticos no ar e em roupas têxteis como uma das principais fontes. A direção e a deposição desses microplásticos que estão no ar atmosférico estão ligadas a diversos fatores, como pressão atmosférica, vento, temperatura, precipitação e queda de neve, depressões atmosféricas por exemplo (baixas pressões atmosféricas). Estão também associadas à forte turbulência do ar e, portanto, as boas condições de dispersão e o gradiente vertical de temperatura ajuda no movimento ascendente dos microplásticos no ar⁶⁷. Comunidades locais são afetadas negativamente pela queima dos plásticos a céu aberto e da incineração e reciclagem não regulamentadas de resíduos que liberam partículas de microplásticos para o ambiente que logo passam a ser distribuídos pelas correntes de ar atmosférico levando partículas de microplásticos para locais distantes da fonte original e se

depositando em superfícies ou podendo ser inalado pelo homem e animais. Tais ocorrências são comuns em regiões de capacidade de gestão de resíduos subdesenvolvida^{28,68}.

Estima-se que de 1950 a 2019 foi acumulada uma quantidade ativa de lixo plástico que gira em torno de 8,9 milhões de toneladas de plástico distribuídos em ambientes terrestres e aquáticos^{5,6,7,8,69}.

A importância da contaminação por microplásticos em sistemas de água doce foi observada recentemente, mesmo em água potável⁶⁹. Além disso, a distribuição espacial e o destino a longo prazo dos microplásticos no ambiente marinho ainda não está clara^{4,69}. Dessa forma, a presença de plásticos nesses ambientes pode alterar a estrutura e as funções de ecossistemas marinhos em todo o mundo, além de causar graves impactos aos seres humanos^{28,68,70}. Mais de 270 espécies marinhas foram feridas por enredamento em materiais de pesca ou outros plásticos descartados, e 240 espécies marinhas foram registradas vivendo com plástico ingerido. Esta é uma questão de saúde marinha assim como de saúde humana^{71,72}.

Resíduos plásticos encontrados em solos, rios e oceanos, podem causar a degradação ou a destruição de ecossistemas naturais, pois a poluição por microplásticos altera fatores abióticos desses ecossistemas e conseqüentemente afeta a biota local, principalmente a fauna. Os resíduos plásticos também aceleram a degradação dos corais, equipamentos de pesca abandonados, perdidos ou descartados podendo sufocar recifes frágeis, e as colônias microbianas que se formam nos resíduos plásticos resultando em maiores índices de doenças nos corais³³.

O Plástico ingerido é prejudicial à saúde dos animais, registros documentaram mais de 240 espécies diferentes de animais com plástico ingerido^{73,74,75}. Com frequência, esses animais não conseguem mover o plástico por seu sistema digestivo, resultando em abrasões internas, obstruções do aparelho digestivo e morte^{4,18,20}. Além disso, foi observado que as toxinas do plástico ingerido também prejudicam a reprodução e afetam o sistema imunológico^{43,76,77}. Isso é uma preocupação ainda maior para espécies ameaçadas com populações reduzidas, expostas a diversos fatores de estresse além da ingestão dos resíduos^{78,79,80}. Muitos organismos (baleias, mariscos, tartarugas de peixe) engolem pedaços de plástico, que pode se acumular no sistema digestivo e em outros tecidos, organismos estes que podem também estar dentro do consumo humano provocando bioacumulação^{11,74,81}. Uma vez ingeridos MP por organismos marinhos, os graves efeitos físicos e toxicológicos podem ocorrer em seus corpos, como por exemplo demonstrado na literatura que a exposição contínua dos peixes ao PVC ou PE pode destruir o sistema imunológico dos peixes devido ao estresse oxidativo nos leucócitos dos peixes^{76,77,82}.

A ingestão de microplásticos pode apresentar riscos físicos para pequenos animais, pois a presença de resíduos plásticos pode causar a obstrução do trato digestivo, que pode impedir a

passagem do alimento, causar uma falsa sensação de saciedade, levando o animal à desnutrição, além de alterações hormonais que podem pôr em risco a sua reprodução e taxa de crescimento^{18,20}.

Diversas lacunas de conhecimento no que diz respeito aos impactos da poluição plástica ainda existem, incluindo o impacto econômico da poluição terrestre e os efeitos da ingestão de microplásticos por seres humanos e outras espécies de animais, portanto a realização de mais pesquisas é crucial para um melhor entendimento dos riscos associados à poluição plástica.

1.6. Microplásticos e a saúde humana

A ingestão ou a presença de microplásticos nos alimentos e bebidas podem causar, apesar do conhecimento limitado, impactos à saúde. Devido às interações com poluentes, como diferentes tipos de metais pesados e poluentes hidrofóbicos, a poluição por microplástico pode ser considerada um problema sério^{69,83}. Os efeitos prejudiciais à saúde estão relacionados principalmente aos diversos aditivos utilizados na produção dos plásticos: estireno, metais tóxicos, ftalatos, bisfenol A (BPA), bifenilos policlorados (PCB) e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs)^{11,21,84}. Já foi constatado que BPA, ftalatos (composto químico utilizado para deixar o plástico mais maleável) e algumas outras substâncias químicas são conhecidos disreguladores endócrinos (EDCs) componentes dos microplásticos, com exposição suficiente, poderiam levar a problemas na tireoide, efeitos adversos no desenvolvimento nos homens, diminuição na capacidade reprodutiva, câncer testicular ou de próstata^{25,85,86}. Nas mulheres, a exposição ao microplástico também pode representar um aumento no risco de endometriose, câncer de mama, doenças endocrinológicas, diminuição da capacidade reprodutiva, função do ovário e ciclo menstrual^{22,24,31}. Embora ainda não esteja claro o risco a exposição precoce aos EDCs, observa-se que no período fetal ou na infância há uma maior sensibilidade a exposição aos agentes químicos levando a uma alteração na diferenciação sexual, efeitos no desenvolvimento neurológico e gonadal, aumentando assim, o risco de problemas reprodutivos ou câncer com o passar do tempo^{28,31,86,87}.

A exposição de organismos marinhos e humanos aos microplásticos foi documentada, sendo destacados em vários trabalhos a acumulação de microplásticos em tecidos de peixes, crustáceos e aves porém as informações sobre a toxicidade e acumulação de microplásticos em mamíferos são limitadas^{11,30,88}.

A presença de microplásticos também foi constatada em fezes de seres humano, todas as amostras pesquisadas apresentaram plástico e foi identificada uma mediana de 20 microplásticos (tamanho de 50 a 500 µm) por 10 g de fezes humanas. No geral, foram detectados 9 tipos de

plásticos, sendo o polipropileno e o tereftalato de polietileno os mais abundantes, esse resultado demonstrou que há o consumo de polímeros de plástico⁸⁹.

Além disso, após mais pesquisas foi verificado que o plástico é absorvido no trato gastrointestinal e eliminado pelas fezes, um estudo demonstrou que após administrar microesferas de diâmetro de 5 e 20 micrômetros de plástico em camundongos, a acumulação dessas no fígado, rim e intestino, com uma cinética de acúmulo de tecido e padrão de distribuição fortemente dependente do tamanho das partículas dos microplásticos. Além disso ele pode verificar ao analisar múltiplos biomarcadores bioquímicos e perfis metabolômicos que a exposição dos tecidos aos microplásticos induziu distúrbios no metabolismo energético e lipídico, além do estresse oxidativo, esse estudo é de grande importância pois o modelo utilizado é um mamífero que é um ser vivo próximo do ser humano, podendo esse acumular e sofrer as mesmas alterações com a ingestão de microplásticos⁹⁰.

1.7 Microplásticos nos alimentos e bebidas

Como o ser humano está no topo da cadeia alimentar e o microplástico é bioacumulado e biomagnificado, significa dizer que na cadeia alimentar esses são um dos que mais sofrem o impacto pois ingerem a maior quantidade de microplásticos e poluentes que cronicamente pode trazer prejuízos a saúde. Trabalhos apontam a presença de plástico nos alimentos devido a bioacumulação de microplásticos, que se acumularam nos animais que são consumidos na cadeia alimentar, como aves, peixes, moluscos e crustáceos^{11,21,30}. Atualmente como foi já mencionado os microplásticos estão presentes em praticamente todos os ambientes naturais, podendo se apresentar em diferentes tamanhos. Foram detectados em abundância nas águas oceânicas, em ambientes de água doce, em terras agrícolas, em suspensão no ar das áreas urbanas e árticas, e congelado no gelo ártico^{4,36}. Estamos sempre em contato com esse polímero inclusive durante a produção dos alimentos e em seu acondicionamento. Diversos trabalhos apontam a presença de microplásticos em vários tipos de alimentos e bebidas como: frutos do mar, peixes, moluscos, mel, açúcar, cerveja, sal, água da torneira (em garrafas de água mineral) ^{37,87,91}.

Apesar de termos vários plásticos em uso (cerca de 2,6 bilhões de toneladas) os principais contribuintes para produção de microplásticos é a poluição ambiental (cerca de 6,3 bilhões de toneladas). O descarte de efluentes municipais, contém alto nível de produtos de cuidados pessoais que possuem microesferas de plástico, as microesferas que são descartadas diretamente através das instalações de esgoto doméstico, se somando aos outros microplásticos gerados em aterros sanitários e por outros lixos plásticos que são arrastados pela água da chuva e chegam até as estações de tratamento de água e esgoto. Essas instalações geralmente não possuem estratégias

para remover os microplásticos e esses acabam chegando aos lagos, rios e a água para consumo^{8,43,55}. Os efluentes das Estações de Tratamento de Água e Esgoto são considerados uma fonte importante de microplásticos, já que os efluentes municipais e industriais contêm macro e microplástico^{54,55,92}. Grandes plásticos estão sendo removidos em sistemas de tratamento de água usando diferentes tecnologias, mas ainda não foi desenvolvida uma tecnologia capaz de reter o microplástico^{34,69,93,94}. Estima-se que, cerca de 8 trilhões de microesferas são liberadas diariamente em ambientes aquáticos por meio de Estações de Tratamento de Água e Esgoto^{92,95}.

Os resultados da análise recém-divulgada pela Organização Mundial da Saúde sobre os efeitos dos microplásticos na água potável é um passo importante para o entendimento dos riscos à saúde da exposição prolongada e ingestão a longo prazo de plásticos⁹⁶.

1.8 Justificativa do trabalho

Brasília é a capital federal do Brasil foi fundada em 21 de abril de 1960, e a sede do governo do Distrito Federal. A capital está localizada na região Centro-Oeste do país, tem um clima tropical, com temperatura média de 22 °C e variações que vão de 13 °C a 28 °C ao longo do ano. Sua população é de cerca de 2 974 703 habitantes (4 284 676 em sua área metropolitana), sendo, então, a terceira cidade mais populosa do país. O período com mais chuvas, geralmente fortes e de curta duração, é entre o fim da primavera e o fim do verão, de outubro ao início de maio, quando a umidade relativa do ar é mais alta (com mais de 70%). Entre maio e setembro, principalmente no inverno, a umidade do ar fica baixa e a temperatura média fica mais elevada (a estiagem chega a durar cinco meses). Brasília detém cabeceiras de afluentes de três dos maiores rios brasileiros – o Rio Maranhão (afluente do Rio Tocantins), o Rio Preto (afluente do São Francisco) e os rios São Bartolomeu e Descoberto (tributários do Rio Paraná). Diferentemente dos estados do país, Brasília não é dividida em cidades e bairros, portanto não há prefeituras, é composta por 33 Regiões Administrativas (RA's) oficialmente constituídas como dependentes do Governo do Distrito Federal. Cada Região Admirativa são divididas de formas distintas. A Região Admirativa do Plano Piloto (figura 6) por exemplo é dividida em: Asa Sul (15 quadras), Região Central e Asa Norte (15 quadras)⁹⁷.

Devido a grande distribuição dos produtos plásticos nos diversos setores da sociedade, o grande aumento anual da produção de plástico(sendo que 99% do plástico produzido não é biodegradável), o grande número de resíduo plástico gerado dessa produção(cerca de 50% dos plásticos produzidos são com o intuito de uso único), o descarte desse material em local inadequado, a capacidade do plástico virar microplásticos, o impacto desse microplásticos para o meio ambiente e a possibilidade dos microplásticos causarem prejuízos a saúde humana. Nosso

estudo visa demonstrar a presença de microplásticos na água de torneira (água que usamos para beber e preparar nossos alimentos) na região administrativa do Plano Piloto – Brasília que representa um grande risco ao meio ambiente e a saúde humana.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo principal

Identificar a presença microplásticos em amostras de água de torneira coletadas na região do plano piloto do Plano Piloto, Brasília – Distrito Federal.

2.2 Objetivos secundário

Identificar e quantificar detritos de microplásticos nas quadras da Asa Norte, Asa Sul e Região Central do Plano Piloto, Brasília – Distrito Federal.

Discutir implicações dos microplásticos na água potável para a saúde humana e meio ambiente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo, amostragem e coleta do material:

Este é um estudo observacional descritivo, qualitativo, prospectivo e aleatorizado.

Foram analisadas amostras de água da torneira de 31 amostras das diferentes quadras do Plano Piloto Brasília – Distrito Federal (Figura 6), sendo 15 amostras da Asa Sul, 15 amostras da Asa Norte e 1 amostra da região central, no período compreendido entre janeiro e março de 2018. Foram escolhidos para coleta do material estabelecimentos que comercializam alimentos e bebidas para consumo humano (restaurante ou lanchonete), foram selecionados 1 estabelecimento por quadras do Plano Piloto, excluimos da pesquisa apenas o estabelecimento que apresentavam pré-filtros instalados. Essas quadras são abastecidas de água tratada pelos sistemas integrados do Torto/Santa Maria e Descoberto.

Foi coletado 1 litro de água das torneiras em cada quadra e distribuído em 2 recipientes de vidro âmbar com tampa de 500 ml previamente higienizados com água ultrapura (tipo 1).

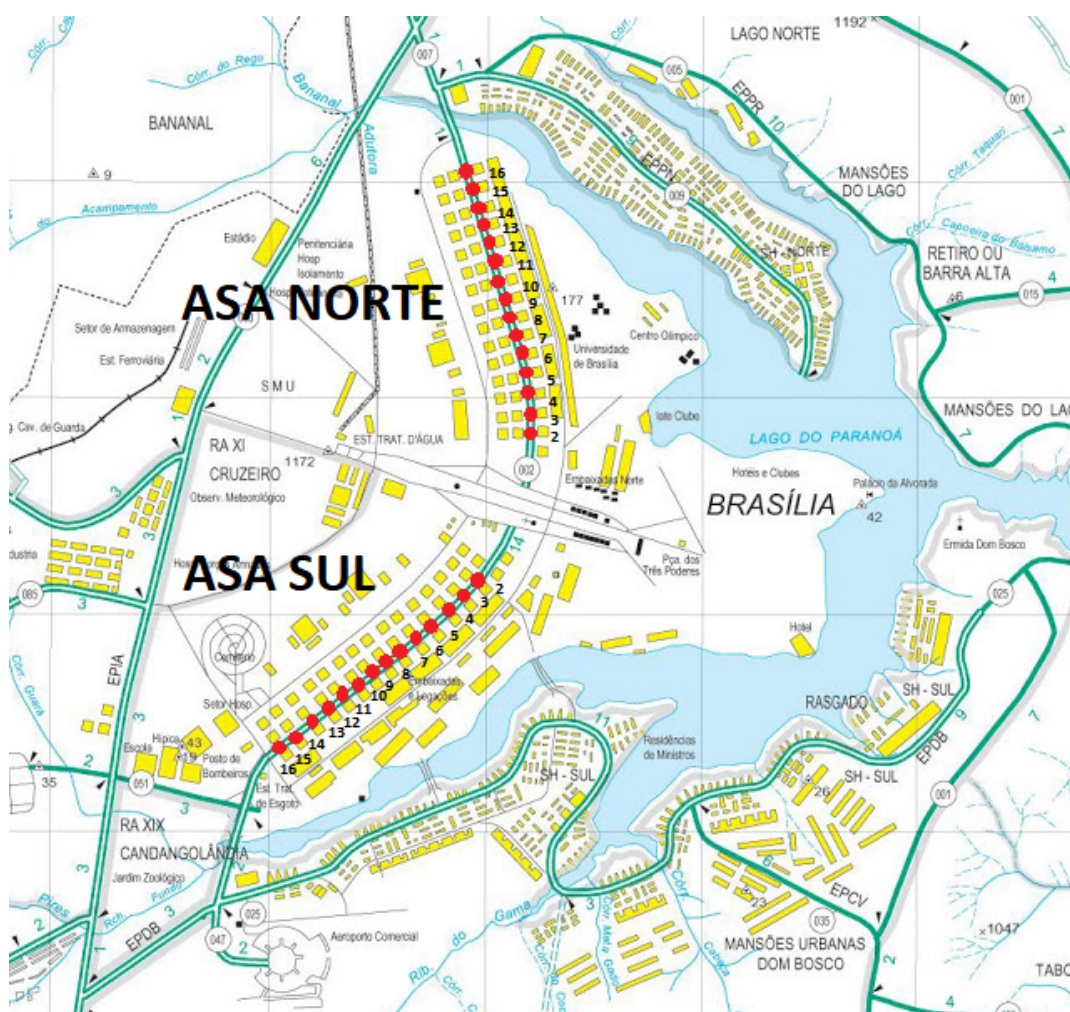


Figura 6. Imagem com os pontos de coleta (círculos vermelhos), das quadras comerciais da Asa Sul, Asa Norte e Zona Central. Fonte: Adaptado de <https://br.pinterest.com/pin/701576448184242696/>.

Cada amostra foi coletada executando a fonte de água da torneira por 1 minuto antes de iniciar o enchimento de cada recipiente de vidro âmbar de 500 ml, após colhido este material permaneceu a temperatura ambiente até sua análise^{37,98}. As amostras foram colhidas entre 11h e 15h nos sábados e domingos.

As garrafas com as amostras foram identificadas com as seguintes informações: Local, Dia e Hora.

3.2 Método de análise das amostras de água de torneira

As amostras foram analisadas no Laboratório Interdisciplinar de Biociências situado na faculdade de saúde da Universidade de Brasília - UNB. Após colhidas, a água dos recipientes âmbar foram agitadas manualmente e logo transferidas para um balão de fundo chato de capacidade de 500 mL. Logo em seguida foi adicionado uma solução salina de iodeto de potássio em quantidade suficiente para ajustar a densidade deixando-a entre 1,35 – 1,38 g/mL, essa densidade é necessária para concentrar os microplásticos por flotação^{37,98,99}. Após o período de 24h o sobrenadante foi removido e transferido para um segundo balão de fundo chato menor de capacidade (10mL) e novamente foi realizado o método de concentração descrito anteriormente e foi deixado em repouso durante um período de 24h. Após esse período 1 ml do sobrenadante foi transferido para câmara Sedgewick-Rafter (Figura 7) em seguida foi acrescido 200 microlitros do corante Vermelho Nilo da marca INLAB (corante esse cuja função é aderir a superfície do plástico emitindo fluorescência, preparado em metanol a 1 mg mL⁻¹ para produzir uma concentração de trabalho de 10 µg mL⁻¹) e foi levado em seguida para a microscopia^{56,99,100,101}. Antes da leitura de cada amostra de água da torneira foram realizadas uma amostra controle negativo constituído somente por água ultrapura (tipo 1) com corante Vermelho Nilo (Figura 9), após realizado o controle negativo o as amostras de água de torneira foram analisadas, verificando a presença ou não de microplástico e caso presente quantificando-o na mesma câmara de contagem de células Sedgewick-Rafter (essa é uma câmara é própria para contagens manuais de partículas sendo graduada com um retículo de 1000 quadrados contendo cada um 1 microlitro cada liberando assim o resultado em partículas por mL). A leitura foi realizada utilizando o microscópio Nikon Eclipse Ni-U de fluorescência utilizando o filtro FITC em um comprimento de onda: 460-625 nm (Figura 8)⁵⁶.

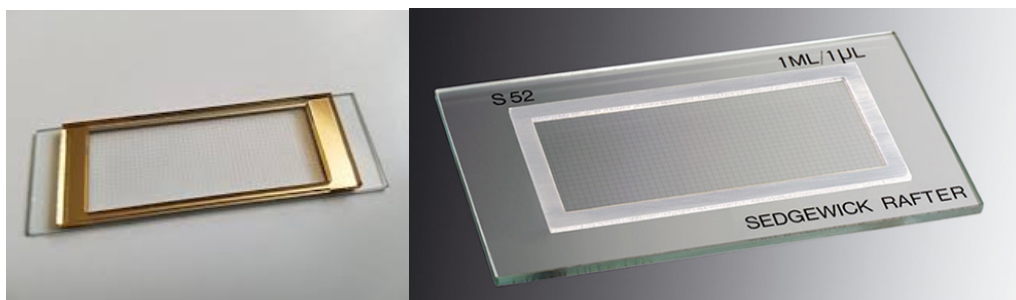


Figura 7- Imagem da câmara de Sedgewick Rafter utilizada para verificar a presença de microplásticos nas amostras de água das quadras e caso tenha também é utilizada para quantificar as mesmas. Fonte: <https://www.dajota.com.br/camara-para-contagem-sedgewick-rafter-de-vidro-com-celula-de-50x20x1mm-reticulada-em-subdivisoes-de-100-x-1mm-com-tampa-cx1> e <https://www.amazon.co.uk/Unknown-Gridded-Sedgewick-Rafter-Counting-Cell/dp/B073V5C6Y4>

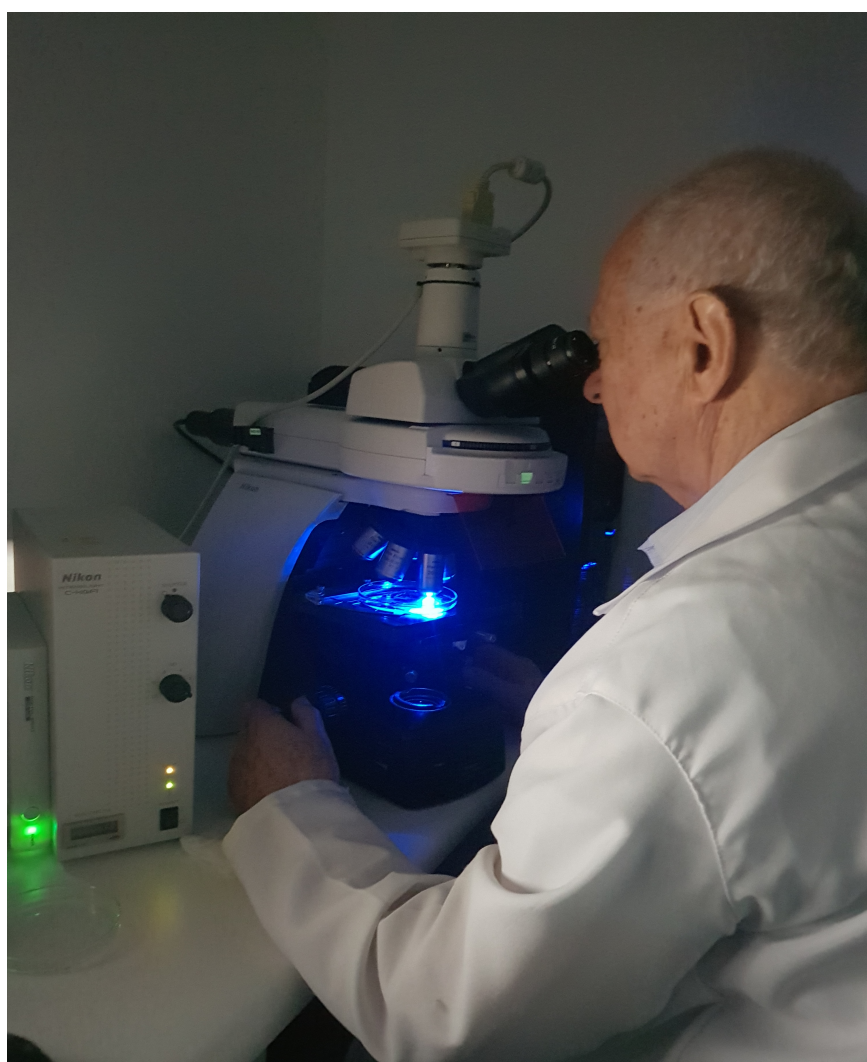


Figura 8- Microscópio de imunofluorescência Nikon Eclipse Ni-U utilizado para para pesquisa quantitativa e qualitativa de microplásticos na câmara Sedgewick Rafter. Fonte: Próprio autor

4. RESULTADOS

Após terem sido analisadas, constatamos a presença de detritos de microplásticos em todas as amostras (100%) de água de torneira (Figura 10). A média de detritos de microplásticos nas amostras de água foi de 160 partículas em 500 mL de água.

Foram encontradas partículas de microplástico em todas as amostras de água de torneira analisadas da região do Plano Piloto, Brasília – Distrito Federal. A média encontrada de partículas foi de 160 partículas por 500 ml de água de torneira.

REGIÃO	Quantidade de partículas de microplásticos em 500 ml de água da torneira
ENTREQUADRA REGIÃO 2 SUL	228
ENTREQUADRA REGIÃO 3 SUL	86
ENTREQUADRA REGIÃO 4 SUL	78
ENTREQUADRA REGIÃO 5 SUL	94
ENTREQUADRA REGIÃO 6 SUL	60
ENTREQUADRA REGIÃO 7 SUL	156
ENTREQUADRA REGIÃO 8 SUL	62
ENTREQUADRA REGIÃO 9 SUL	138
ENTREQUADRA REGIÃO 10 SUL	24
ENTREQUADRA REGIÃO 11 SUL	38
ENTREQUADRA REGIÃO 12 SUL	48
ENTREQUADRA REGIÃO 13 SUL	182
ENTREQUADRA REGIÃO 14 SUL	66
ENTREQUADRA REGIÃO 15 SUL	72
ENTREQUADRA REGIÃO 16 SUL	101
REGIÃO CENTRAL QUADRA 1	121
ENTREQUADRA REGIÃO 2 NORTE	334
ENTREQUADRA REGIÃO 3 NORTE	234
ENTREQUADRA REGIÃO 4 NORTE	1200
ENTREQUADRA REGIÃO 5 NORTE	137
ENTREQUADRA REGIÃO 6 NORTE	202
ENTREQUADRA REGIÃO 7 NORTE	80
ENTREQUADRA REGIÃO 8 NORTE	48
ENTREQUADRA REGIÃO 9 NORTE	504
ENTREQUADRA REGIÃO 10 NORTE	318
ENTREQUADRA REGIÃO 11 NORTE	192
ENTREQUADRA REGIÃO 12 NORTE	158
ENTREQUADRA REGIÃO 13 NORTE	72
ENTREQUADRA REGIÃO 14 NORTE	161
ENTREQUADRA REGIÃO 15 NORTE	132
ENTREQUADRA REGIÃO 16 NORTE	114

Tabela 1- Resultado da pesquisa quantitativa de microplásticos na água de torneiras dos restaurantes e lanchonetes das entrequadradas do Plano Piloto – DF, média de 160 partículas de microplástico por 500 ml de água de torneira.

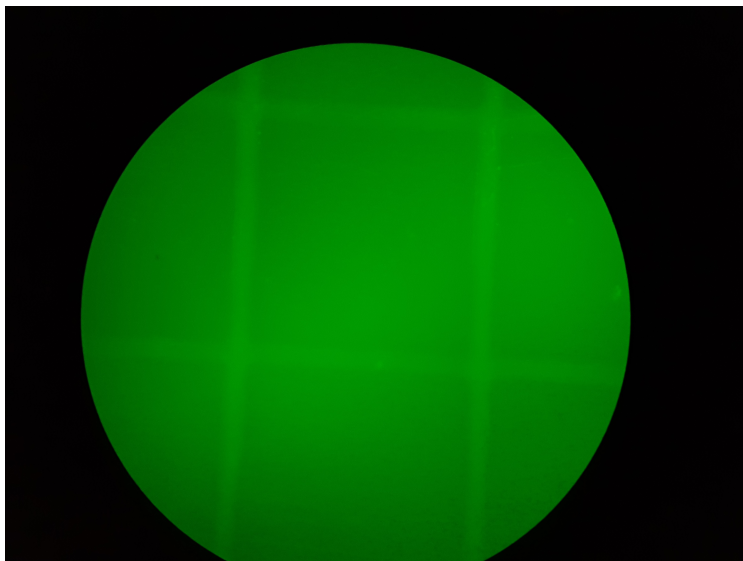


Figura 9-Câmara de Sedgwick Rafter – amostra controle negativo (Água ultrapura / Tipo 1 com Vermelho Nilo) Fonte: Próprio autor.

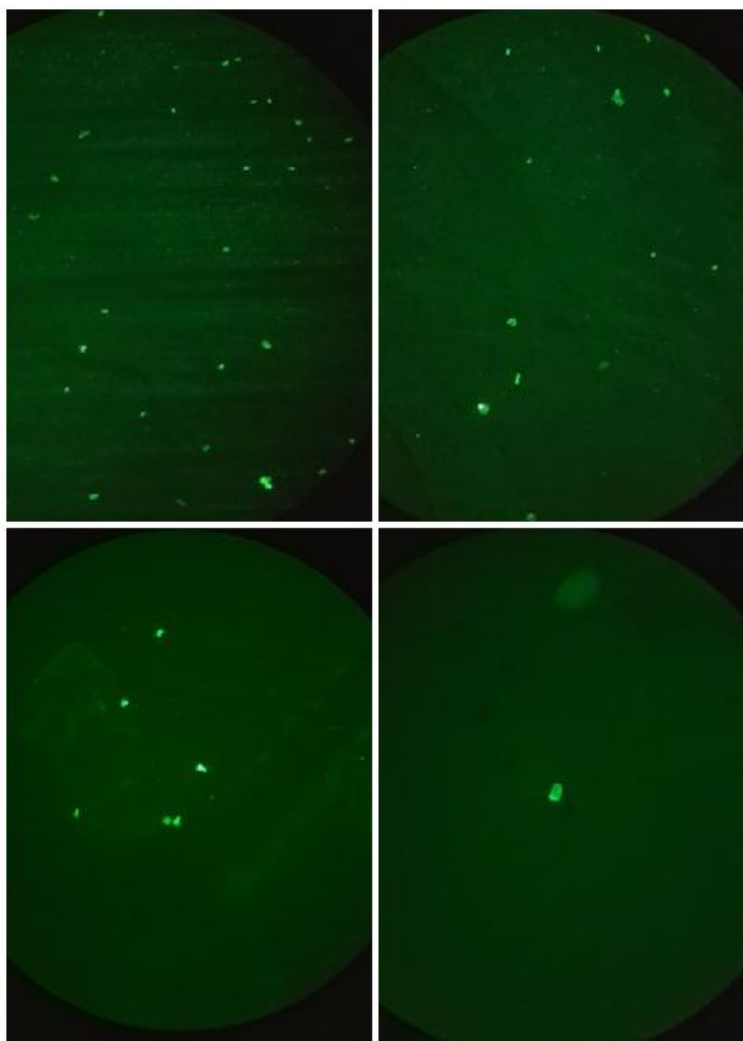


Figura 10-Câmara de Sedgwick Rafter com amostras de água das entrequadras contendo microplásticos marcados com Vermelho Nilo visualizado no microscópio de imunofluorescência Nikon Eclipse Ni-U. Fonte: Próprio autor.

5. DISCUSSÃO

5.1 Microplásticos qualitativo (coloração com vermelho Nilo)

O corante escolhido para marcação foi o Vermelho Nilo devido a sua praticidade, custo e eficácia de recuperação de amostras de microplástico girando entorno de 90% (podendo oscilar para mais ou menos dependendo do solvente utilizado para o preparo)¹⁰⁰.

O tratamento para remoção de substâncias biológicas (que poderiam causar alguma interferência), de acordo é dispensável para esse tipo de amostra, pois a água da torneira tratada, assim como a água engarrafada seriam isentas de quitina, madeira e algas^{37,98}.

5.2 Microplásticos quantitativo

A separação por densidade e concentração de microplásticos por flotação é uma técnica amplamente utilizada³². A variação da quantidade de microplástico nas amostras está relacionado com a dispersão e vetorização do particulado durante o seu deslocamento pelo fluido, a época do ano em que estávamos era um período de seca intensa, passamos por um período de racionamento de água afetando o fluxo de água pois a água não ficava constantemente nos canos visto que o sistema de abastecimento era interrompido de acordo com o calendário da Estação de tratamento de água e esgoto do Distrito Federal. A falta de manutenção das caixas de água que no período de secas não estavam sendo lavadas adequadamente. As caixas que não tenham passado por manutenção nos períodos adequados(6 em 6 meses ou no mínimo 1 vez ao ano) podem ter concentrado mais partículas de microplásticos em seu interior além de outras sujidades e nesse período, de acordo com informações colhidas com a vigilância sanitária do Distrito Federal, várias pessoas para economizar água e custo não realizam as manutenções nas datas adequadas.

O método de flotação, utilizado nessa pesquisa, pode eventualmente ter apresentado algumas perdas na recuperação dos microplásticos pois dependendo do tipo de plástico presente na amostra podem ter apresentado maior dificuldade para flotar.

A quantidade de microplásticos que foram encontrados em um experimento na Alemanha cujo 50% das amostras analisadas foi verificada a presença de microplástico teve um quantitativo de partículas entre 500 a 3500 microplásticos em 500 mL⁹⁴.

No caso das partículas na faixa dos 0,10 milímetros (da largura de um fio de cabelo) testes revelaram uma média global de 10,4 partículas por litro. Sendo essas partículas foram confirmadas posteriormente como sendo matéria plástica usando um microscópio infravermelho de padrão industrial⁹¹.

Os testes mostraram também uma quantidade muito maior de partículas de dimensões menores e que provavelmente também são plásticos, segundo os pesquisadores. A média global para essas partículas foi de 314.6 por litro. Uma das garrafas acusou uma concentração de mais de 10.000 partículas por litro³⁷.

5.3 Microplásticos e a saúde humana

Até o momento não temos estudos conclusivos acerca da influência do microplástico na saúde humana, porém várias pesquisas apontam para os riscos de se ingerir microplásticos, que diariamente vem sendo consumidos pela base da cadeia alimentar e vão se incorporando aos recursos hídricos¹⁰². Estudos apontam que consumimos microplástico menores que 1 mm de tamanho ao ingerirmos água potável e ao consumir alimentos contaminados com esse polímero, esse dado é relevante pois partículas menores (<1,5 mm) podem atravessar mais facilmente as membranas epiteliais do intestino. Além disso, estudos com animais demonstraram que partículas de microplástico foram capazes de entrar na corrente sanguínea, alcançar o sistema linfático e o fígado^{103,104,105}.

Os efeitos físicos das partículas observadas até o momento em cultura de células e em modelos animais fornecem informações sobre os possíveis riscos da exposição a partículas em humanos. Estudos demonstram também o potencial problema dos microplásticos para os seres humanos podendo esse polímero causar danos intestinais, alteração nas vilosidades intestinais, distorção da absorção de ferro, inflamação das vias aéreas e estresse hepático, e algumas partículas muito finas podem atravessar as membranas celulares, a barreira hematocefálica e a placenta humana causando estresse oxidativo, dano celular, apoptose, necrose, genotoxicidade, inflamação, fibrose, carcinogênese e comprometimento das funções⁸⁷.

Além dos problemas físicos associados aos detritos plásticos, se ingerido, o plástico tem potencial para transferir substâncias tóxicas que podem passar de uma espécie para outra através da cadeia alimentar (bioacumulação)⁸³. Os microplásticos podem ser considerados coquetéis complexos de contaminantes seja pelos aditivos químicos incorporados em sua fabricação ou através de substâncias químicas (geralmente poluentes) que são adsorvidas pelos microplásticos no ambiente em que eles se encontram^{11,21,27,84}. Sabe-se que várias dessas substâncias, como bisfenol A, ftalatos e alguns retardadores de chama bromados, são desreguladores endócrinos que afetam adversamente a saúde humana após exposição por ingestão e inalação^{3,4,11,21,28,106}. Devido a seus constituintes o Poliuretano, Policloreto de vinil (PVC), resina epóxi e polímero estireno foram identificados como plásticos da maior preocupação em termos ambientais e efeitos sobre a saúde e são classificados como cancerígenos, mutagênicos ou

ambos^{3,87}. Os encargos corporais de produtos químicos utilizados na fabricação de plástico também foram correlacionados com efeitos adversos, incluindo anormalidades reprodutivas, o trato reprodutivo masculino é particularmente sensível à exposição e recentes estudos em animais demonstraram que as exposições a certas substâncias contidas em microplásticos podem resultar em transtornos graves do sistema reprodutor masculino^{107,108,109}. Há também evidências de uma associação negativa entre os as substâncias contidas no plástico e a qualidade do sêmen⁸⁶. Os níveis de exposição "seguros" atuais são tipicamente baseados na aplicação de pressupostos toxicológicos tradicionais em relação aos tóxicos agudos para calcular a exposição diária de produtos químicos em uma variedade de itens plásticos amplamente utilizados. As consequências toxicológicas de tais exposições, especialmente para subpopulações suscetíveis, como crianças e mulheres grávidas, permanecem incertas e precisam de mais investigação^{107,108}.

Existem vários tipos de poluentes espalhados no ambiente, e geralmente, são classificados de acordo com o material de que são feitos, ou de suas origens⁴. Esses poluentes se unem aos polímeros de microplásticos, devido a característica hidrofóbica, se acumulando de forma direta por meio do contato (bioacumulação), e também acumulados em diversos organismos pois vão fazendo parte da alimentação de diversos seres vivos sendo ingeridos por peixes, crustáceos, moluscos e aves (bioconcentrando), aumentando a concentração de poluentes químicos a medida que chegamos ao no topo da cadeia alimentar (biomagnificados)^{4,21,30}. Esse é o caso dos Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) o nome foi designado para listar compostos e classes de compostos químicos orgânicos (moléculas a base de carbono) que se caracterizam por serem altamente tóxicos, por permanecerem no ambiente por muito tempo¹¹⁰. Essas substâncias químicas que se ligam a superfície dos microplásticos e são encontrados em diversos produtos que utilizamos em nosso cotidiano^{4,11,21,27,30,47,111}.

Em maio de 2001, na Convenção de Estocolmo, foram listados os compostos químicos orgânicos considerados poluentes orgânicos persistentes, esses compostos foram divididos em três anexos¹¹²:

Anexo A: lista de compostos que devem ser tomados medidas para a eliminação total de suas produções e utilizações, podendo ser utilizados ou produzidos apenas com específicas exceções registradas.

- Presentes em pesticidas: Aldrina, Clordano, Kepone, Dieldrin, Endrin, Heptacloro, Alfa-Hexaclorociclohexano, Beta-Hexaclorociclohexano, Lindano, Mirex, Endosulfan e seus isômeros e Toxafeno.

- Presentes em químicos industriais: Hexabromobifenil, Hexabromociclododecano (HBCD), Éter-hexabromobifenil, Éter-heptabromobifenil, Bifenilpoliclorado (PCB), Éter-Tetrabromobifenil e Éter-Pentabromobifenil.
- Presentes em pesticidas e químicos industriais: Hexaclorobenzeno (HCB) e Pentaclorobenzeno.

Anexo B: Compostos que devem possuir restrições de produção e uso.

- Pesticida: DDT, DDE e DDD.
- Químico industrial: Ácido perfluoro-octanossulfônico, seus sais e Fluoreto de perfluoro-octanossulfonilo.

Anexo C: Compostos produzidos não intencionalmente que devem ser reduzidos e eliminados.

- Os compostos deste anexo são: Hexaclorobenzeno (HCB), Pentaclorobenzeno, Bifenilpoliclorado (PCB), Dibenzodioxinas policloradas (PCDD) e Dibenzofuranos policlorados (PCDF).

Vários desses compostos acima causam malefícios a saúde humana como: danos no fígado, problemas oculares, dores abdominais, alterações nas funções reprodutivas, fadiga, dores de cabeça, podem agir como disruptores hormonais, causar lesões renais, fígado, no cérebro, coração, causar alterações no córtex da supra-renal, nascimento pré-maturo, aborto espontâneo, diminuição de peso e tamanho do recém-nascido, depressão do sistema imunológico e redução da resistência óssea e potencial cancerígeno¹¹².

Outro composto químico orgânico disponível, são os nonilfenóis, pertencentes à família dos alquilfenóis, obtidos industrialmente através do processo de alquilação do fenol com noneno, essas substâncias são consideradas tóxicas e estão presentes em detergentes, sendo classificadas como disruptores endócrinos. Uma vez os nonilfenóis etoxilados funcionam como eficientes surfactantes, ou tensoativos não-iônicos (os surfactantes atuam reduzindo a tensão superficial de um líquido, permitindo e facilitando a sua interação com outras substâncias) de baixo valor econômico. Uma vez dispersos no ambiente, os nonilfenóis etoxilados são degradados, gerando o nonilfenol e alguns compostos etoxilados de cadeias mais curtas e esses compostos degradados apresentam maior toxicidade do que seus precursores. Esses compostos foram identificados como disruptores endócrinos, ou seja, substâncias que têm o poder de causar alterações no funcionamento do sistema endócrino, neste caso foi verificado efeitos negativos como infertilidade^{21,113}.

Além desses compostos citados acima se ligam ao microplásticos no ambiente, também são encontradas outras substâncias químicas que são adicionadas ao plástico durante sua

fabricação pela indústria, para acrescentar alguma característica ao produto plástico na indústria secundária, são alguns deles eles:

- O bisfenol A, também chamado de BPA, é uma substância química orgânica que constitui a unidade básica de polímeros e revestimentos de alto desempenho, principalmente plásticos policarbonatos e resinas epóxi¹¹⁴. As aplicações a base de Bisfenol A, pelas propriedades conferidas ao material por essa substância, são muitas, entre elas estão DVDs, computadores, eletrodomésticos, revestimentos para latas de comida e bebida, e muitos itens plásticos, como mamadeiras, brinquedos, talheres descartáveis, entre outros^{114,115}. Pequenas quantidades de bisfenol A também são usadas como componentes no PVC maleável e como preparador de cor em papéis térmicos (extratos bancários e comprovantes)¹¹⁴. Por apresentar efeitos nocivos à saúde, o bisfenol A passou a ser proibido em alguns países como no Canadá, na França, na Dinamarca e na Costa Rica¹¹⁵. As mamadeiras fabricadas no Brasil ou importadas para uso no país não poderão mais conter a substância bisfenol A resolução RDC 41/2011 determinando a proibição em todo o país (RDC 41/2011)¹¹⁶. Estudos comprovaram diversos efeitos negativos do BPA à saúde humana e animal, como de maneira geral, desequilibram o sistema endócrino. Os efeitos que BPA podem causar ao o organismo são: aborto, anomalias e tumores do trato reprodutivo, câncer de mama e de próstata, déficit de atenção, de memória visual e motor, diabetes (alterações na liberação de insulina pelo pâncreas), diminuição da qualidade e quantidade de espermatozoides em adultos, endometriose, fibromas uterinos, gestação ectópica (fora da cavidade uterina), hiperatividade, infertilidade, modificações do desenvolvimento de órgãos sexuais internos, obesidade (aumento da proliferação das células de gordura), precocidade sexual, doenças cardíacas e síndrome dos ovários policísticos, alteração dos hormônios da tireoide^{22,23,24,25,109,113,117,118,119}. Com tantos malefícios, mesmo em doses baixas, logo surgiram substitutos para o BPA: o BPS, diphenyl sulfone, BPF e BPAF, entretanto, os substitutos podem ser tão ou mais prejudiciais que o BPA²⁵.

- Os ftalatos são um conjunto de substâncias capazes de tornar plásticos rígidos em plásticos maleáveis, a sociedade está largamente exposta aos ftalatos porque vários produtos que contém ftalatos estão presentes no nosso dia a dia como o PVC que é um plástico amplamente disseminado na fabricação de acessórios domésticos (por exemplo, piso, papel de parede e outros), utensílios médicos (como cateteres, bolsas de sangue e soro), itens infantis (mamadeiras, brinquedos para apertar, colchonetes para troca de fraldas, mordedores) e para embalagens (filme transparente, garrafas descartáveis), nos cosméticos^{21,86}. Os ftalatos tem uma fraga ligação química com os plásticos sendo estes mais facilmente liberados pelos plásticos no ambiente, o

ser humano pode ser exposto aos ftalatos por via oral, via aérea (respirar ar com ftalato), dérmica e por transfusão de sangue^{21,86}. No Brasil a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA, em 1999, através da Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº105 de 1999, limitou o uso do plastificante DEHP em embalagens que entram em contato com alimentos gordurosos a um limite de 3% em massa do plastificante, em seguida, em 2008, foi estabelecido um limite ainda mais restritivo, 1,5 mg/Kg para o DEHP sendo que esse plastificante apenas poderia ser utilizado em materiais reutilizáveis que entrem em contato com alimentos não gorduroso.

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) possui uma portaria que admite não mais que 0,1% em massa de ftalatos para todos os tipos de brinquedos¹²⁰. Estão em andamento dois projetos de lei que tratam da proibição do uso de ftalatos em aparatos médicos (Projeto de Lei 3221/12) e em produtos infantis (Projeto de Lei 3222/12)^{121,122,123,124}. A toxicidade aguda dos ftalatos é baixa, porém existem indícios de toxicidade crônica. São carcinogênicos para humanos e podem alterar fisiologicamente a tireoide, com a diminuição do hormônio T4 e T3 em várias fases da regulação, bloqueio do captação de iodo, da produção hormonal, da conversão dos hormônios tiroidianos, da ativação dos receptores celulares, da degradação e eliminação dos hormônios podem ser diretamente alterados por estas moléculas^{86,125}. Os ftalatos têm demonstrado também efeitos no sistema reprodutor e no desenvolvimento, causando infertilidade, diminuição da produção de esperma, malformações do trato reprodutor, hipospádias e tumores testiculares, assim como a redução dos níveis de testosterona, a distância anogenital e a retenção do mamilo têm sido descritas em estudos^{3,86,107,108,113,126}.

- O éter difenílicos polibromados (PBDEs) é um retardantes de chamas bromado que é empregado principalmente na manufatura de espumas flexíveis de poliuretano, utilizadas na confecção de cadeiras, poltronas, sofás, colchões, cortinas, entre outros¹²⁷. Devido as suas propriedades os PBDEs são resistentes à degradação físico-química e biológica e, conseqüentemente, apresentam alta persistência no ambiente¹²⁷. São lipofílicos e hidrofóbicos, podendo então bioacumular e biomagnificar ao longo da cadeia trófica^{21,127}. Esses compostos são sabidamente tóxicos aos organismos, tendo como prováveis conseqüências a desregulação endócrina, carcinogênica e deficiência neurológica¹²⁷. Devido às semelhanças estruturais entre alguns PBDEs e os hormônios receptores da tireóide pode haver uma possível competição entre eles, causando alterações nas funções da tireóide, o que pode levar a mudanças das taxas metabólicas, síntese de proteína e desenvolvimento celular¹²⁷. A formação de tumores e câncer foi também associada à exposição a PBDEs. Estudo feito com homens e mulheres, com 60 anos

em média, relacionou a dificuldade na fala e de memória com altos níveis de PCBs e PBDEs no sangue¹²⁷.

- O Hexabromociclododecano (HBCD) é um retardante de chama do tipo aditivo que tem sido amplamente usado pelas indústrias de polímeros e têxteis nas últimas décadas. Seus principais usos são em espumas e resinas de poliestireno, posteriormente usadas pela indústria em móveis estofados, interiores de veículos¹²⁸. Poucos estudos avaliaram a toxicidade do HBCD, porém há indícios de que apresenta uma elevada toxicidade, sendo capaz de induzir câncer, afetar o funcionamento do sistema hormonal, hepático, efeitos sobre a fertilidade, neurotoxicidade em mamíferos e de desregulação hormonal da tireóide, a exposição de filhotes de ratos mostrou um prejuízo no desenvolvimento do cérebro promovido pelos hormônios da tireóide¹²⁹. Outro estudo observou alterações no comportamento reprodutivo de falcões, com diminuição no cuidado parental, na temperatura de incubação dos ovos durante a nidificação e na taxa de cortejo¹³⁰. Du et al. reportou inibição do crescimento, má-formação, atraso na eclosão dos ovos e decréscimo na taxa de sobrevivência de peixes relacionado, tanto com a concentração de exposição, quanto com o isômero ao qual os organismos foram expostos^{128,129,130}.

5.4 Microplásticos políticas públicas e possíveis resoluções

A única maneira de manter o plástico fora do ar, da água e da terra é repensar radicalmente seu uso, sua composição, venda e a disposição dos seus resíduos, a forma de redução da quantidade de microplásticos hoje, seria a partir de sua produção, consumo de materiais plásticos, reutilização dos plásticos já produzidos e busca de novas alternativas biodegradáveis (polímeros) para substituir os plásticos^{4,11,18}.

Atualmente no Japão cerca de 50% dos resíduos plásticos são recolhidos para reciclagem, na Europa 32,5%, nos Estados Unidos 27% e no Brasil 25,6%, a perda material durante a reciclagem é de quase metade do total coletado, muito do plástico coletado não pode ser reciclado por razões de segurança^{5,6,7}. Contudo, a reciclagem em larga escala é uma possibilidade real através da melhoria das questões de qualidade decorrentes de altos níveis de resíduos plásticos mistos ou contaminados^{5,6,7}. Os custos operacionais da reciclagem são inviavelmente altos devido aos custos de coleta e separação dos resíduos, além de um suprimento limitado de plásticos recicláveis³⁷. A sociedade Europeia pretende ao atingir o ano de 2030 ter 60% de reutilização e reciclagem de todas as embalagens plásticas e no ano de 2050 ter 100% de reutilização, reciclagem e / ou recuperação de todas as embalagens plásticas⁷.

A Organização das Nações Unidas (ONU), por parte de um de seus órgãos a ONU Meio Ambiente (United Nations Environment Programme), promove alguns estudos, guias e recomendações para enfrentar o problema e evitar suas consequências, principalmente no ambiente marinho¹³⁷. Vários trabalhos são destacados na literatura por buscarem conscientizar e descrever o problema da poluição por plástico, onde sugerem novas pesquisas, mudanças nas práticas e políticas de gerenciamento de resíduos^{6,7,37}.

O Escritório Regional da OMS da Europa publicou em setembro de 2017 um documento de apoio à atualização da diretiva Europeia em matéria da qualidade da água destinados ao consumo humano. Nestas recomendações para os microplásticos é destacado que ainda não há meios adequados para sua medição ou padronização, e delegando seu controle na legislação relacionada aos materiais em contato com a água. A Comissão Europeia publicou a circular de estratégia europeia para plásticos que, embora não tenha valor regulatório, aumentou a diretrizes e prioridades para mudar as políticas ambiental de cada Estado membro¹³¹.

Neste documento há uma seção específica sobre os microplásticos, descrevendo seu problema e propondo ações para diminuir o impacto ao meio ambiente e especialmente no ambiente marinho. Entre outras medidas, é recomendado a melhoria do tratamento de água residual, por outro lado, a monitoração dos microplásticos em água para consumo humano é necessária devido ao seu potencial efeito na saúde. Como resultado da adoção dessa estratégia, o Parlamento Europeu chegou a um acordo para, entre outras medidas, proibir alguns produtos plásticos de uso único (talheres, pratos, canudos, etc.) e incentivar a indústria a desenvolver novos materiais para conscientizar o público sobre o impacto ambiental dos resíduos plásticos¹³¹.

A Agência Europeia de Substâncias e Misturas Químicas (ECHA) também publicou em 2018 a nota monográfica sobre identificação de substâncias e o potencial escopo de uma restrição ao uso de microplásticos, para avaliar sua inclusão e o regulamento sobre registro, avaliação, autorização e restrição de substâncias e misturas químicas, além disso, pediu a compilação de evidências científicas para apoiar suas recomendações à Comissão Europeia sobre a restrição ao uso de microplásticos. Como resultado dessas ações, em janeiro de 2019, apresentou uma proposta para restringir o uso de microplásticos adicionados intencionalmente em misturas de substâncias utilizadas em medicamentos, produtos cosméticos e de higiene, tintas, revestimentos, materiais de construção ou agricultura, com essa medida, pretende-se reduzir até quatrocentas mil toneladas de microplásticos nos próximos 20 anos, principalmente no ambiente terrestre. Alguns estados membros da União Europeia (França primeiro em julho de 2016, Reino Unido e Suécia depois) já se candidataram como pioneiros na legislação contra a fabricação e a comercialização de produtos contendo microesferas de plástico¹³¹. Dado o livre trânsito entre os

Estados membros, a Comissão Europeia deve apoiar esta proposta através de regulamentos comunitários. Dessa forma, as indústrias que utiliza esses materiais serão forçadas a procurar por novas alternativas como minerais, fibras naturais que os substituam¹³¹.

Na Áustria e no Canadá também houve legislações banindo em todo o território produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumaria que contenham a adição intencional de microesferas de plástico. No Canadá também tem uma legislação própria para condições de fabricação de embalagens e frascos destinados a água potável¹³¹.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América, reconhecem que aproximadamente 90% do plástico encontrado no meio aquático é de microplástico e atribuiu um potencial tóxico por causa de sua persistência e capacidade adsorvente de substâncias tóxicas persistentes e bioacumuláveis, que têm natureza hidrofóbica¹³¹.

No Brasil, como na União Europeia, o projeto de lei PL 6528/2016 atualmente em trâmite, proíbe a manipulação, fabricação, importação e a comercialização, em todo o território nacional, de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumaria que contenham a adição intencional de microesferas de plástico, e dá outras providências¹³².

No Distrito Federal o Governador sancionou as leis: Nº 6.322, de 10 de julho de 2019, que dispõe sobre a proibição da distribuição ou venda de sacolas plásticas no Distrito Federal e a Distrital 6.266 publicada em 30 de janeiro de 2019 que determina que todos os comércios, até mesmo os microempreendedores, substituam as “embalagens descartáveis para consumo de alimentos, incluindo copos e canudos de plásticos” por produtos feitos de materiais biodegradáveis, decisões semelhantes já ocorreram no Rio de Janeiro, São Paulo e em Minas Gerais nos últimos anos^{133,134}. Os produtos de plástico podem ser substituídos por aqueles feitos de papel, amido de milho ou mandioca, beterraba ou proteína de soja⁶.

No Distrito Federal o gerenciamento do tratamento de água e esgoto é feito pela a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB. É responsável por cinco sistemas produtores do DF, esses sistemas utilizam 25 pontos de captação e 16 unidades de tratamento¹³⁵. Apesar do Distrito Federal contar com tratamento de esgoto e água para quase toda sua população, segundo estudos, a tecnologia empregada nessas unidades não é capaz de impedir a passagem de microplásticos, sendo então os microplásticos possivelmente despejados novamente no ambiente e distribuídos para população na água de torneira^{43,54,55,135}. As mudanças nos procedimentos do tratamento da água, com o uso de melhores tecnologias pode ajudar na redução da quantidade de microplásticos despejados nos efluentes^{55,92,136}. Na República Tcheca foi observado que realizando mudanças no tratamento da água potável nos processos de filtração / flotação houve uma redução em até 83% em média, prevalecendo principalmente fragmentos

menores que 50 micrometros¹³¹. Em um outro estudo realizado em uma estação de tratamento de água e esgoto na Finlândia, utilizando de uma membrana para tratamento de efluentes primários e diferentes tecnologias de tratamentos do efluente secundário, verificou que a membrana removeu 99,9% dos microplásticos durante o tratamento, o filtro de areia rápido 97%, a flotação de ar dissolvido 95% e filtrar o disco de 40 a 98,5%¹³⁶.

A educação ambiental é também uma forte aliada para redução dos plásticos, deve ser principalmente incentivada nas escolas, visto que uma boa educação focada na redução do consumo, a substituição dos plásticos por outros materiais, a substituição dos plásticos não biodegradáveis por biodegradáveis e o descarte correto do lixo plástico pode estar reduzir bastante a quantidade de material plástico produzido, visto que metade dos plásticos descartados são de uso único (sacolas, copos, canudinhos, etc.).

6. CONCLUSÃO

Verificou-se a presença de microplásticos em todas as amostras de água de torneira da região administrativa do Plano Piloto – Brasília (média de 160 partículas por 500 mL), que é uma região que concentra habitantes de alto poder aquisitivo da Capital Federal.

Verificou-se quantitativamente a presença de 160 partículas de microplásticos/500mL de água de torneira coletada na Região do Plano Piloto – Brasília.

7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Novos estudos para avaliar melhor o dimensionamento do problema e os tipos de plásticos envolvidos devem ser conduzidos utilizando outras metodologias.

Como seria muito complicado banir esse tipo de material completamente do nosso dia a dia, devemos sempre que possível trocar o plástico por outros materiais, mas caso não seja possível evitar o uso de plásticos de uso único e dar preferência sempre aos plásticos que podem ser reciclados e ou que são biodegradáveis.

Novas políticas públicas devem ser criadas visando, limitar o uso de produtos plásticos e legislar sobre os produtos químicos utilizados para produção dos plásticos, produtos esses que podem ser nocivos a saúde.

A educação ambiental buscando a formação de indivíduos que irão desenvolver habilidades e atitudes que irão reduzir o consumo de plástico, principalmente os de uso único,

priorizar o consumo de plásticos biodegradáveis e descartar os plásticos em locais adequados para que estes possam ser reciclados.

8. REFERÊNCIAS

1. BRASKEN. (2020). O plástico no planeta: o uso consciente torna o mundo sustentável - 2017. Acesso em: 23 de janeiro de 2020, disponível em: www.braskem.com.br > download > Principal > file=Cartilha_Braskem
2. Dris R, Imhof H, Sanchez W, Gasperi J, Galgani F, Tassin B, et al. Beyond the ocean: contamination of freshwater ecosystems with (micro-)plastic particles. *Environ Chem.* 2015;12(5):539.
3. Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153–2166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>
4. Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
5. Associação Brasileira da Indústria do Plástico – ABIPLAST. (2019). Perfil 2019. São Paulo. Acesso em: 23 de janeiro de 2020, disponível em: <http://www.abiplast.org.br>.
6. European Bioplastics. Acesso em: 23 de janeiro de 2020, disponível em: <https://www.european-bioplastics.org/news/publications/>.
7. Association of Plastic Manufacturers. (2019). Plastics the Facts—2019: An analysis of European plastics production, demand and waste data. *Plastic Europe: Association of Plastic Manufacturers*. Acesso em: 23 de janeiro de 2020, disponível em: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications>
8. Geyer R, Jambeck JR, Law KL. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv.* julho de 2017;3(7):e1700782.
9. Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
10. Ivar do Sul, J. A., Spengler, Â., & Costa, M. F. (2009). Here, there and everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic). *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1236–1238. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.05.004>
11. Bouwmeester, H., Hollman, P. C. H., & Peters, R. J. B. (2015). Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environmental Science & Technology*, 49(15), 8932–8947. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01090>
12. Mano, E. B. Introdução a polímeros. Edgar Blücher, 2001. ISBN 8521202474.

13. Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
14. Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, & Frank Van Woerden. (2018). *What a Waste: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*.pdf.
15. GESAMP (2015). “Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment” (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p.
16. Piatti, T. M. (2005). *Plásticos: Características, usos, produção e impactos ambientais*. 51.
17. Kipper, L. M., Mahlmann, C. M., & Rodríguez, A. L. (2009). Ações estratégicas sistêmicas visando a integração da cadeia produtiva e de reciclagem de plásticos. *Revista Produção Online*, 9(4). <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v9i4.348>
18. Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
19. Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & Kaminuma, T. (2001). Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. *Environmental Science & Technology*, 35(2), 318–324. <https://doi.org/10.1021/es0010498>
20. Caixeta, D., Caixeta, F., & Menezes Filho, F. (2018). NANO E MICROPLÁSTICOS NOS ECOSISTEMAS: IMPACTOS AMBIENTAIS E EFEITOS SOBRE OS ORGANISMOS. *Enciclopédia Biosfera*, 15(27), 19–34. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018A92
21. Engler, R. E. (2012). The Complex Interaction between Marine Debris and Toxic Chemicals in the Ocean. *Environmental Science & Technology*, 46(22), 12302–12315. <https://doi.org/10.1021/es3027105>
22. Melzer, D., Harries, L., Cipelli, R., Henley, W., Money, C., McCormack, P., Young, A., Guralnik, J., Ferrucci, L., Bandinelli, S., Corsi, A. M., & Galloway, T. (2011). Bisphenol A Exposure Is Associated with in Vivo Estrogenic Gene Expression in Adults. *Environmental Health Perspectives*, 119(12), 1788–1793. <https://doi.org/10.1289/ehp.1103809>
23. Campos, P. D., Oliveira, I. M., Sena de Souza, J., Da Conceição, R. R., Giannocco, G., Chiamolera, M. I., Silva, M. R. D.-D., Romano, M. A., & Romano, R. M. (2019). Maternal bisphenol A exposure disrupts spermatogenesis in adult rat offspring. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 82(3), 163–175. <https://doi.org/10.1080/15287394.2019.1572557>
24. Doherty, L. F., Bromer, J. G., Zhou, Y., Aldad, T. S., & Taylor, H. S. (2010). In Utero Exposure to Diethylstilbestrol (DES) or Bisphenol-A (BPA) Increases EZH2 Expression in the Mammary Gland: An Epigenetic Mechanism Linking Endocrine Disruptors to Breast Cancer. *Hormones and Cancer*, 1(3), 146–155. <https://doi.org/10.1007/s12672-010-0015-9>
25. Horan, T. S., Pulcastro, H., Lawson, C., Gerona, R., Martin, S., Gieske, M. C., Sartain, C. V., & Hunt, P. A. (2018). Replacement Bisphenols Adversely Affect Mouse Gametogenesis with

- Consequences for Subsequent Generations. *Current Biology*, 28(18), 2948-2954.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.06.070>
26. Brennecke, D., Duarte, B., Paiva, F., Caçador, I., & Canning-Clode, J. (2016). Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 178, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.12.003>
27. Kwon, J.-H., Chang, S., Hong, S. H., & Shim, W. J. (2017). Microplastics as a vector of hydrophobic contaminants: Importance of hydrophobic additives: Hydrophobic Organic Contaminants from Microplastics. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(3), 494–499. <https://doi.org/10.1002/ieam.1906>
28. Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M., & Gowda, A. N. S. (2016). Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701–708. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.069>
29. Cipro, C. V. Z., Colabuono, F. I., Taniguchi, S., & Montone, R. C. (2013). Persistent organic pollutants in bird, fish and invertebrate samples from King George Island, Antarctica. *Antarctic Science*, 25(4), 545–552. <https://doi.org/10.1017/S0954102012001149>
30. Toussaint, B., Raffael, B., Angers-Loustau, A., Gilliland, D., Kestens, V., Petrillo, M., Rio-Echevarria, I. M., & Van den Eede, G. (2019). Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(5), 639–673. <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1583381>
31. Yang, C. Z., Yaniger, S. I., Jordan, V. C., Klein, D. J., & Bittner, G. D. (2011). Most Plastic Products Release Estrogenic Chemicals: A Potential Health Problem That Can Be Solved. *Environmental Health Perspectives*, 119(7), 989–996. <https://doi.org/10.1289/ehp.1003220>
32. Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
33. Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., & Rillig, M. C. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 24(4), 1405–1416. <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>
34. Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015b). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
35. Choy, C. A., Robison, B. H., Gagne, T. O., Erwin, B., Firl, E., Halden, R. U., Hamilton, J. A., Katija, K., Lisin, S. E., Rolsky, C., & S. Van Houtan, K. (2019). The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific Reports*, 9(1), 7843. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44117-2>
36. Enyoh, C. E., Verla, A. W., Verla, E. N., Ibe, F. C., & Amaobi, C. E. (2019). Airborne microplastics: A review study on method for analysis, occurrence, movement and risks. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(11), 668. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7842-0>

37. Mason, S. A., Welch, V. G., & Neratko, J. (2018). Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water. *Frontiers in Chemistry*, 6, 407. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00407>
- MATERIAL ECONOMICS. (2018). The Circular Economy: A powerful force for climate mitigation.
38. Frias, J. P. G. L., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145–147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
39. Zhu, F., Zhu, C., Wang, C., & Gu, C. (2019). Occurrence and Ecological Impacts of Microplastics in Soil Systems: A Review. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 102(6), 741–749. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02623-z>
40. Carpenter, E. J., & Smith, K. L. (1972). Plastics on the Sargasso Sea Surface. *Science*, 175(4027), 1240. <https://doi.org/10.1126/science.175.4027.1240>
41. Collignon, A., Hecq, J.-H., Glagani, F., Voisin, P., Collard, F., & Goffart, A. (2012). Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 64(4), 861–864. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.01.011>
42. Browne, Mark Anthony, Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*, 45(21), 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
43. Chang, M. (2015). Reducing microplastics from facial exfoliating cleansers in wastewater through treatment versus consumer product decisions. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 330–333. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.074>
44. Lee, M. J., Kang, D., & Shim, W. J. (2013). Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 77(1–2), 349–354. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.08.013>
45. Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., & Shi, H. (2016). Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environmental Pollution*, 214, 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.012>
46. van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B. D., van Franeker, J. A., Eriksen, M., Siegel, D., Galgani, F., & Law, K. L. (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, 10(12), 124006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>
47. Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & Kaminuma, T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental science & technology*, 35(2), 318–324.
48. Browne, Mark A., Galloway, T., & Thompson, R. (2007). Microplastic—an emerging contaminant of potential concern: Learned Discourses. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3(4), 559–561. <https://doi.org/10.1002/ieam.5630030412>
49. Hammer, J., Kraak, M. H. S., & Parsons, J. R. (2012). Plastics in the Marine Environment: The Dark Side of a Modern Gift. In D. M. Whitacre (Org.), *Reviews of Environmental*

Contamination and Toxicology (Vol. 220, p. 1–44). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3414-6_1

50. Frias, J. (2009). Microplásticos: O “presente” envenenado. 150.

51. Sobral, P. (2011). Microplásticos nos oceanos—Um problema sem fim à vista. 10.

52. Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: Sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s12302-015-0069-y>

53. Chang, X., Xue, Y., Li, J., Zou, L., & Tang, M. (2020). Potential health impact of environmental micro- and nanoplastics pollution. *Journal of Applied Toxicology*, 40(1), 4–15. <https://doi.org/10.1002/jat.3915>

54. Ziajahromi, S., Neale, P. A., & Leusch, F. D. L. (2016). Wastewater treatment plant effluent as a source of microplastics: Review of the fate, chemical interactions and potential risks to aquatic organisms. *Water Science and Technology*, 74(10), 2253–2269. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.414>

55. Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., & Quinn, B. (2016). Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment. *Environmental Science & Technology*, 50(11), 5800–5808. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05416>

56. Erni-Cassola, G., Gibson, M. I., Thompson, R. C., & Christie-Oleza, J. A. (2017). Lost, but Found with Nile Red: A Novel Method for Detecting and Quantifying Small Microplastics (1 mm to 20 µm) in Environmental Samples. *Environmental Science & Technology*, 51(23), 13641–13648. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b04512>

57. Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Jung, S. W., & Shim, W. J. (2017). Combined Effects of UV Exposure Duration and Mechanical Abrasion on Microplastic Fragmentation by Polymer Type. *Environmental Science & Technology*, 51(8), 4368–4376. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06155>

58. Anderson, P. J., Warrack, S., Langen, V., Challis, J. K., Hanson, M. L., & Rennie, M. D. (2017). Microplastic contamination in Lake Winnipeg, Canada. *Environmental Pollution*, 225, 223–231. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.072>

59. Cangemi, J. M. (2009). Poliuretano: De Travesseiros a Preservativos, um Polímero Versátil. *QUÍMICA NOVA NA ESCOLA*, 31, 6.

60. Pitt, J. A., Kozal, J. S., Jayasundara, N., Massarsky, A., Trevisan, R., Geitner, N., Wiesner, M., Levin, E. D., & Di Giulio, R. T. (2018). Uptake, tissue distribution, and toxicity of polystyrene nanoparticles in developing zebrafish (*Danio rerio*). *Aquatic Toxicology*, 194, 185–194. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.11.017>

61. Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbins, J., & Janssen, C. R. (2015). Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*, 111, 5–17. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.007>

62. Fries, E., Dekiff, J. H., Willmeyer, J., Nuelle, M.-T., Ebert, M., & Remy, D. (2013). Identification of polymer types and additives in marine microplastic particles using pyrolysis-GC/MS and scanning electron microscopy. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 15(10), 1949. <https://doi.org/10.1039/c3em00214d>
63. Baldwin, A. K., Corsi, S. R., & Mason, S. A. (2016). Plastic Debris in 29 Great Lakes Tributaries: Relations to Watershed Attributes and Hydrology. *Environmental Science & Technology*, 50(19), 10377–10385. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02917>
64. Rillig, M. C. (2012). Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil? *Environmental Science & Technology*, 46(12), 6453–6454. <https://doi.org/10.1021/es302011r>
65. Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmeier, J., Marti, T., & others. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: What we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe*, 26(1), 12.
66. Tyree, C., & Morrison, D. (2017). Invisibles [Ciencia]. Invisibles. https://orbmedia.org/stories/Invisibles_plastics
67. Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Durántez Jiménez, P., Simonneau, A., Binet, S., & Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 12(5), 339–344. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>
68. Chi, X., Streicher-Porte, M., Wang, M. Y. L., & Reuter, M. A. (2011). Informal electronic waste recycling: A sector review with special focus on China. *Waste Management*, 31(4), 731–742. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.11.006>
69. Rezania, S., Park, J., Md Din, M. F., Mat Taib, S., Talaiekhosani, A., Kumar Yadav, K., & Kamyab, H. (2018). Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: A review of recent studies. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 191–208. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.022>
70. Villarrubia-Gómez, P., Cornell, S. E., & Fabres, J. (2018). Marine plastic pollution as a planetary boundary threat – The drifting piece in the sustainability puzzle. *Marine Policy*, 96, 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.035>
71. Cheng, H., & Hu, Y. (2010). China Needs to Control Mercury Emissions from Municipal Solid Waste (MSW) Incineration. *Environmental Science & Technology*, 44(21), 7994–7995. <https://doi.org/10.1021/es1030917>
72. CIEL. (2018). Untested Assumptions and Unanswered Questions in the Plastics Boom.
73. Araújo, M. C. B., & Silva-Cavalcanti, J. S. (2016). Dieta indigesta: Milhares de animais marinhos estão consumindo plásticos. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 10(5), 74–81. <https://doi.org/10.22292/mas.v10i5.511>
74. Macedo, G. R., Pires, T. T., Rostán, G., Goldberg, D. W., Leal, D. C., Garcez Neto, A. F., & Franke, C. R. (2011). Ingestão de resíduos antropogênicos por tartarugas marinhas no litoral norte do estado da Bahia, Brasil. *Ciência Rural*, 41(11), 1938–1941. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001100015>

75. Powell, J. J., Faria, N., Thomas-McKay, E., & Pele, L. C. (2010). Origin and fate of dietary nanoparticles and microparticles in the gastrointestinal tract. *Journal of Autoimmunity*, 34(3), J226–J233. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2009.11.006>
76. Espinosa, C., García Beltrán, J. M., Esteban, M. A., & Cuesta, A. (2018). In vitro effects of virgin microplastics on fish head-kidney leucocyte activities. *Environmental Pollution*, 235, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.054>
77. Raza, A. (2018). Microplastics in Freshwater Systems: A Review on Its Accumulation and Effects on Fishes [Preprint]. *BIOLOGY*. <https://doi.org/10.20944/preprints201810.0696.v1>
78. Harding, S., & Canadian Electronic Library (Firm). (2016). *Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity*. <http://www.deslibris.ca/ID/10066033>
79. Jepson, P. D., Deaville, R., Barber, J. L., Aguilar, À., Borrell, A., Murphy, S., Barry, J., Brownlow, A., Barnett, J., Berrow, S., Cunningham, A. A., Davison, N. J., ten Doeschate, M., Esteban, R., Ferreira, M., Foote, A. D., Genov, T., Giménez, J., Loveridge, J., ... Law, R. J. (2016). PCB pollution continues to impact populations of orcas and other dolphins in European waters. *Scientific Reports*, 6(1), 18573. <https://doi.org/10.1038/srep18573>
80. Kühn, S., Bravo Rebolledo, E. L., & van Franeker, J. A. (2015). Deleterious Effects of Litter on Marine Life. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (p. 75–116). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_4
81. Matsuguma, Y., Takada, H., Kumata, H., Kanke, H., Sakurai, S., Suzuki, T., Itoh, M., Okazaki, Y., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Weerts, S., & Newman, B. (2017). Microplastics in Sediment Cores from Asia and Africa as Indicators of Temporal Trends in Plastic Pollution. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 73(2), 230–239. <https://doi.org/10.1007/s00244-017-0414-9>
82. Forrest, A. K., & Hindell, M. (2018). Ingestion of plastic by fish destined for human consumption in remote South Pacific Islands. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 10(2), 81–97. <https://doi.org/10.1080/18366503.2018.1460945>
83. Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Bjorn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkavong, K., ... Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2027–2045. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>
84. Barboza, L. G. A., Dick Vethaak, A., Lavorante, B. R. B. O., Lundebye, A.-K., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336–348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>
85. Bach, C., Dauchy, X., Chagnon, M.-C., & Etienne, S. (2012). Chemical compounds and toxicological assessments of drinking water stored in polyethylene terephthalate (PET) bottles: A source of controversy reviewed. *Water Research*, 46(3), 571–583. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.11.062>

86. Meecker, J. D., Sathyanarayana, S., & Swan, S. H. (2009). Phthalates and other additives in plastics: Human exposure and associated health outcomes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2097–2113. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0268>
87. Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science & Technology*, 51(12), 6634–6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
88. Ogunola, O. S., Onada, O. A., & Falaye, A. E. (2018). Mitigation measures to avert the impacts of plastics and microplastics in the marine environment (a review). *Environmental Science and Pollution Research*, 25(10), 9293–9310. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1499-z>
89. Schwabl, P., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M., Reiberger, T., & Liebmann, B. (2019). Detection of Various Microplastics in Human Stool: A Prospective Case Series. *Annals of Internal Medicine*, 171(7), 453–457. <https://doi.org/10.7326/M19-0618>
90. Deng, Y., Zhang, Y., Lemos, B., & Ren, H. (2017). Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. *Scientific Reports*, 7(1), 46687. <https://doi.org/10.1038/srep46687>
91. Kosuth, M., Mason, S. A., & Wattenberg, E. V. (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PLOS ONE*, 13(4), e0194970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194970>
92. Kalčíková, G., Alič, B., Skalar, T., Bundschuh, M., & Gotvajn, A. Ž. (2017). Wastewater treatment plant effluents as source of cosmetic polyethylene microbeads to freshwater. *Chemosphere*, 188, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.131>
93. Mani, T., Hauk, A., Walter, U., & Burkhardt-Holm, P. (2016). Microplastics profile along the Rhine River. *Scientific Reports*, 5(1), 17988. <https://doi.org/10.1038/srep17988>
94. Mintenig, S. M., Int-Veen, I., Löder, M. G. J., Primpke, S., & Gerdt, G. (2017). Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water Research*, 108, 365–372. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.015>
95. Xanthos, D., & Walker, T. R. (2017). International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1–2), 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.048>
96. WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2019). Microplastics in drinking water. <http://edepot.wur.nl/498693>
97. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2008). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico—2008 (p. 26–64) [Saneamento Básico]. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.
98. Koelmans, A. A., Mohamed Nor, N. H., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., & De France, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and

assessment of data quality. *Water Research*, 155, 410–422. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>

99. Maes, T., Jessop, R., Wellner, N., Haupt, K., & Mayes, A. G. (2017). A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*, 7(1), 44501. <https://doi.org/10.1038/srep44501>

100. Center for Earth System Research and Sustainability (CEN), University of Hamburg, Bundesstraße 55, 20146 Hamburg, Germany, & Tammenga, M. (2017). Nile Red Staining as a Subsidiary Method for Microplastic Quantification: A Comparison of Three Solvents and Factors Influencing Application Reliability. *SDRP Journal of Earth Sciences & Environmental Studies*, 2(2). <https://doi.org/10.15436/JESES.2.2.1>

101. Shim, W. J., Song, Y. K., Hong, S. H., & Jang, M. (2016). Identification and quantification of microplastics using Nile Red staining. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1–2), 469–476. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.049>

102. Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Rani, M., Lee, J., & Shim, W. J. (2015). A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Marine Pollution Bulletin*, 93(1–2), 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.015>

103. Oßmann, B. E., Sarau, G., Holtmannspötter, H., Pischetsrieder, M., Christiansen, S. H., & Dicke, W. (2018). Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Research*, 141, 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.027>

104. Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T., & Janda, V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of The Total Environment*, 643, 1644–1651. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.102>

105. Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. (2016). *EFSA Journal*, 30.

106. Revel, M., Châtel, A., & Mouneyrac, C. (2018). Micro(nano)plastics: A threat to human health? *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.003>

107. Swan, S. H. (2008). Environmental phthalate exposure in relation to reproductive outcomes and other health endpoints in humans. *Environmental Research*, 108(2), 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.08.007>

108. Swan, S. H., Main, K. M., Liu, F., Stewart, S. L., Kruse, R. L., Calafat, A. M., Mao, C. S., Redmon, J. B., Ternand, C. L., Sullivan, S., & Teague, J. L. (2005). Decrease in Anogenital Distance among Male Infants with Prenatal Phthalate Exposure. *Environmental Health Perspectives*, 113(8), 1056–1061. <https://doi.org/10.1289/ehp.8100>

109. Talsness, C. E., Andrade, A. J. M., Kuriyama, S. N., Taylor, J. A., & vom Saal, F. S. (2009). Components of plastic: Experimental studies in animals and relevance for human health. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2079–2096. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0281>

110. MMA. Ministério do Meio Ambiente: Acesso em 20 de janeiro de 2020, disponível em: <https://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/convencao-de-estocolmo>
111. Heskett, M., Takada, H., Yamashita, R., Yuyama, M., Ito, M., Geok, Y. B., Ogata, Y., Kwan, C., Heckhausen, A., Taylor, H., Powell, T., Morishige, C., Young, D., Patterson, H., Robertson, B., Bailey, E., & Mermoz, J. (2012). Measurement of persistent organic pollutants (POPs) in plastic resin pellets from remote islands: Toward establishment of background concentrations for International Pellet Watch. *Marine Pollution Bulletin*, 64(2), 445–448. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.11.004>
112. Convenção de Estocolmo: acessado última vez dia 20 de janeiro de 2020, disponível em: <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>
113. Bila, D. M., & Dezotti, M. (2007). Desreguladores endócrinos no meio ambiente: Efeitos e conseqüências. *Química Nova*, 30(3), 651–666. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300027>
114. Bernardo, P. E. M., Navas, S. A., & Murata, L. T. F. (2015). Bisphenol A: Review on its use in the food packaging, exposure and toxicity. 11.
115. Bachega, T. A. S. S., Verreschi, I. T., Frade, E. M. C., D'Abronzio, F. H., & Lazaretti-Castro, M. (2011). Os interferentes endócrinos ambientais precisam receber a atenção dos endocrinologistas brasileiros. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 55(2), 175–176. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302011000200011>
116. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária: 20 de janeiro de 2020, disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=2660023&_101_type=content&_101_groupId=219201&_101_urlTitle=anvisa-proibe-bisfenol-a-em-mamadeiras&inheritRedirect=true
117. Richter, C. A., Birnbaum, L. S., Farabollini, F., Newbold, R. R., Rubin, B. S., Talsness, C. E., Vandenberg, J. G., Walser-Kuntz, D. R., & vom Saal, F. S. (2007). In vivo effects of bisphenol A in laboratory rodent studies. *Reproductive Toxicology*, 24(2), 199–224. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2007.06.004>
118. Valli, H. (2002). Parent bisphenol A accumulation in the human maternal-fetal-placental unit. *Environmental Health Perspectives*, 110(11), 5.
119. Wheeler, J. R., & Coady, K. (2016). Are all chemicals endocrine disruptors? *Integrated Environmental Assessment and Management*, 12(2), 402–403. <https://doi.org/10.1002/ieam.1747>
120. INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial: Último acesso em 20 de janeiro de 2020, disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001208.pdf>
121. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária: 20 de janeiro de 2020, disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0017_17_03_2008.pdf/5710c792-2d7d-4e74-91c5-b63b86edcdae

- 122.ANVISAc. Agência Nacional de Vigilância Sanitária: 20 de janeiro de 2020, disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RES_105_1999_COMP.pdf/35bc8b0b-8efb-4a66-b852-0e2d60ccc455
- 123.CLDFa. Câmara Legislativa do Distrito Federal em: 20 de janeiro de 2020, disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=534698>
- 124.CLDFb. Câmara Legislativa do Distrito Federal em: 20 de janeiro de 2020, disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=534699>
- 125.Patrick, L. (2009, dezembro). Thyroid disruption: Mechanisms and clinical implications in human health. *Alternative Medicine Review*, 14(4), 326+. Gale Academic Onefile.
- 126.López-Carrillo, L., Hernández-Ramírez, R. U., Calafat, A. M., Torres-Sánchez, L., Galván-Portillo, M., Needham, L. L., Ruiz-Ramos, R., & Cebrián, M. E. (2010). Exposure to Phthalates and Breast Cancer Risk in Northern Mexico. *Environmental Health Perspectives*, 118(4), 539–544. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901091>
- 127.Bohannon, M. E. B., & Ottinger, M. A. (2018). Polychlorinated Biphenyls: Sources, Fate, Effects on Birds and Mammals, and Mechanisms of Action. In *Encyclopedia of the Anthropocene* (p. 207–213). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09996-1>
- 128.Du, M., Zhang, D., Yan, C., & Zhang, X. (2012). Developmental toxicity evaluation of three hexabromocyclododecane diastereoisomers on zebrafish embryos. *Aquatic Toxicology*, 112–113, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.01.013>
- 129.Ibhazehiebo, K., Iwasaki, T., Xu, M., Shimokawa, N., & Koibuchi, N. (2011). Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) ameliorates the suppression of thyroid hormone-induced granule cell neurite extension by hexabromocyclododecane (HBCD). *Neuroscience Letters*, 493(1–2), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.01.062>
- 130.Marteinson, S. C., Bird, D. M., Letcher, R. J., Sullivan, K. M., Ritchie, I. J., & Fernie, K. J. (2012). Dietary exposure to technical hexabromocyclododecane (HBCD) alters courtship, incubation and parental behaviors in American kestrels (*Falco sparverius*). *Chemosphere*, 89(9), 1077–1083. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.05.073>
- 131.Pastor, C. B. (2019). PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN AGUAS Y SU POTENCIAL IMPACTO EN LA SALUD PÚBLICA. *Rev Esp Salud Pública.*, 10.
132. CLDFc. Câmara Legislativa do Distrito Federal em: 20 de janeiro de 2020, disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2117806>
- 133.CLDFd. Câmara Legislativa do Distrito Federal em: 20 de janeiro de 2020, disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2117806>
- 134.DODF. Diário Oficial do Distrito Federal em: 20 de janeiro de 2020, disponível em: http://www.buriti.df.gov.br/ftp/diariooficial/2019/07_Julho/DODF%20129%2011-07-2019/DODF%20129%2011-07-2019%20INTEGRA.pdf
- 135.Agência Nacional de Águas - ANA. (2010). *Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água* (p. 54–55) [Abastecimento urbano de água]. Agência Nacional de Águas - ANA.

136.Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., & Setälä, O. (2017). Solutions to microplastic pollution – Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Research*, 123, 401–407. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.005>

137.UNEP. United Nations Environment Programme: Acesso em 20 de janeiro de 2020, disponível em: <https://www.unenvironment.org/>