UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MATHEUS FEZA FERRARI

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM ESGOTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO – PR

Campo Mourão
2019

MATHEUS FEZA FERRARI

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM ESGOTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO – PR

Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Campus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profª. Drª. Morgana Suszek Gonçalves.

Campo Mourão

2019

TERMO DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO INTITULADO

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM ESGOTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO – PR.

POR

MATHEUS FEZA FERRARI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 06 de dezembro de 2019 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. O(A) discente foi arguido(a) pela Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a comissão considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Nelson Consolin Filho
Avaliador(a) 1
UTFPR

Prof. Vanessa Medeiros Corneli
Avaliador(a) 2
UTFPR

Prof. Morgana Suszek Gonçalves
Orientador(a)
UTFPR

"*O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental*".

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus avós maternos, Maria de Lourdes e Henrique, que desde sempre deram suporte à minha família nos incentivando e investindo em educação, permitindo que nós mesmos criássemos nossos sonhos com a possibilidade de lutar por eles. Serei eternamente grato a esse casal e a esse amor, que mesmo sendo de épocas diferentes, me fez entender que o que temos de mais importante na vida é a educação, e que o “aprender” é um exercício diário. Agradeço também aos meus avós paternos, Isaura e Riquerme, por serem sempre conselheiros, e mesmo que distantes, cada um expressa seu carinho e suporte à sua maneira.

Agradeço aos meus pais, às minhas tias, aos meus tios, minhas irmãs, meu cunhado, minhas primas e primos por serem sempre meu alicerce nesses cinco anos de graduação, sempre ajudando e aconselhando da melhor forma para poder seguir esse caminho acadêmico.

Agradeço à Universidade por proporcionar conhecimentos extraordinários com professores excelentes e afetuosos.

Agradeço, em especial, à minha orientadora Morgana, pela calma durante a orientação desse trabalho e por sempre esclarecer minhas dúvidas de forma clara e objetiva. Agradeço também à banca, Nelson e Vanessa, por todas as contribuições.

Agradeço aos meus amigos e amigas, Flávia, Rafaela, Érico, Luis, Vinicius, Allan, Rafael, Franciele, Isabela, Sofia, Fabiana, Paulo, Bianca, Heloisa, Olenka, Ana G., Julia, Lucas M., Lucas B., Carol, Ana N., Nicole, Thayane e equipe Diablezas, por sempre estarem ao meu lado e por vivenciarem junto comigo as dificuldades e alegrias durante esses cinco anos, e alguns desde o ensino médio, mas espero essa pareceria para sempre.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a Deus por me abençoar com família e amigos, e com a tão esperada aprovação em uma Universidade Federal, sendo possível chegar a esse dia, o do Trabalho de Conclusão de Curso.

RESUMO

Desde sua descoberta, o plástico está cada vez mais inserido na vida cotidiana das pessoas em diferentes aspectos, apresentando tamanhos diversos e cores das mais diversificadas. Autores definem que os microplásticos são partículas de tamanhos inferiores à 5 mm que estão cada vez mais presentes no meio ambiente, podendo ser fabricados em tamanhos micrométricos (microplásticos primários) ou, um macroplástico, que a partir de diversas intempéries ou forças mecânicas pode se fragmentar e apresentar tamanhos reduzidos (microplásticos secundários). Os microplásticos primários estão presentes em cosméticos de usos diários, como sabonetes ou pastas de dentes, por esse motivo essas micropartículas são descartadas no esgoto doméstico que chegam as Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Microplásticos presentes em tecidos sintéticos (fibras), ao passarem pelo processo de lavagem, também acabam por serem eliminados no esgoto doméstico e chegam as ETE. Apesar do sistema de tratamento, algumas partículas acabam por não serem retidas durante o processo e são descartadas junto ao efluente final para o corpo hídrico receptor. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi investigar a presença e quais são os tipos de microplásticos em esgoto sanitário que chegam a ETE do município de Campo Mourão, Paraná. Foram coletados e filtrados 40 litros de esgoto doméstico bruto e tratado na ETE do município. Todo material retido na filtração foi submetido à análise e a processos laboratoriais para determinar a massa total de resíduo, oxidar a matéria orgânica, observar a faixa de densidade das partículas e por fim, análise visual dos microplásticos. Como resultado foi observado que o tipo de microplástico com maior presença no esgoto bruto e tratado, são as fibras sintéticas que compõem os tecidos e são liberadas por lavagens residenciais. Foi observada também a presença de microplásticos secundários classificados como fragmentos, coloridos e incolores, tanto em esgoto bruto quanto no tratado. Com isso, se faz necessário ampliar os estudos sobre os microplásticos em relação às suas fontes emissoras; quais as consequências para organismos humanos; quais as alternativas para diminuir a geração dessas partículas; como a eficiência das ETE pode ser aprimorada para melhor eficiência na retenção dos microplásticos; e estudar o lodo de esgoto como fonte de entrada dos microplásticos no ambiente terrestre.

PALAVRAS-CHAVE: Microplásticos; Estação de tratamento de esgotos; Resíduos plásticos; Recursos hídricos.

ABSTRACT

Since its discovery, plastic is increasingly inserted in people's daily lives in different aspects, presenting different sizes and colors of the most diverse. Authors define that microplastics are particles smaller than 5 mm that are increasingly present in the environment and can be manufactured in micrometer sizes (primary microplastics) or, a macroplastic, which can suffer various weather or mechanical forces until fragmented and have small sizes (secondary microplastics). Primary microplastics are present in everyday cosmetics, such as soaps or toothpastes, so these microparticles are disposed of in domestic sewage arriving at Sewage Treatment Stations (ETEs). Microplastics present in synthetic fabrics (fibers), when undergoing the washing process, also end up being disposed of in the domestic sewage and reach the WWTP. Despite the treatment system, some particles are not retained during the process and are discarded with the final effluent to the receiving water body. Thus, the objective of the present study was to investigate the presence and what are the types of microplastics in sanitary sewage that reach the WWTP of Campo Mourão, Paraná. Forty liters of raw and treated domestic sewage were collected and filtered at the municipal WWTP. All material retained in the filtration was subjected to analysis and laboratory processes to determine the total waste mass, oxidize the organic matter, observe the density range of the particles and finally, visual analysis of the microplastics. As a result it was observed that the type of microplastic with the largest presence in the raw and treated sewage, are the synthetic fibers that make up the fabrics and are released by residential washes. It was also observed the presence of secondary microplastics classified as fragments, colored and colorless, in both raw and treated sewage. Thus, it is necessary to expand the studies on microplastics in relation to their emitting sources; what are the consequences for human organisms; what are the alternatives to decrease the generation of these particles; how the efficiency of WWTPs can be improved for better retention efficiency of microplastics; and study sewage sludge as a source of entry of microplastics in the terrestrial environment.

KEYWORDS: Microplastics; Sewage treatment plant; Plastic waste; Water resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de microplástico classificado como primário pela sua origem, sendo o *pellet*, usado para formulação de outros produtos. 13
Figura 2 - Microplásticos classificados como secundários, resultado da fragmentação de resíduos plásticos maiores.....14
Figura 3 - Microplásticos classificados em primários quanto à sua origem, sendo fibras plásticas para a produção de tecidos sintéticos. 15
Figura 4 – Filtragem de 40 litros de esgoto sanitário através das peneiras de 4,75 mm e 75 µm.....19
Figura 5 - Béqueres contendo material que ficou retido na peneira de 75 µm antes de serem transferidos para estufa. Material retido de esgoto bruto à esquerda e esgoto tratado à direta.....20
Figura 6 - Mistura de Sulfato de Fe II 0,05 M e Peróxido de Hidrogênio 35% para degradação da matéria orgânica. 20
Figura 7 - Processo de degradação da matéria orgânica em placa de aquecimento com barra de agitação à 75º C. À esquerda resíduos de efluente bruto e à direita resíduos de efluente tratado.....21
Figura 8 - Esquema de separação por densidade contendo a solução de NaCl e os resíduos sólidos retidos na peneira depositados no funil, a mangueira de silicone e as garras metálicas.....22
Figura 9 - Peneira e cadinho contendo os microplásticos dispostos na bancada para secagem e cobertos por papel alumínio, para posterior triagem em lupa microscópica. 22
Figura 10 - Fluxograma aplicado para a etapa de triagem na análise dos microplásticos em esgoto sanitário. 23
Figura 11 - Lupa microscópica usada na etapa de triagem e avaliação das características dos microplásticos em esgoto doméstico. 24
Figura 12 - Massa de gordura formada a partir do processo de oxidação da matéria orgânica.....25
Figura 13 - Esquema de separação por densidade contendo solução de NaCl permitindo observar partículas de tamanhos reduzidos em suspensão. 26
Figura 14 - Microplásticos encontrados por Olivatto (2017) com a presença de fragmentos coloridos de tamanhos e formas variadas; fragmentos flexíveis brancos e envelhecidos; fibras sintéticas do tipo fio coloridas e incolores. 27

Figura 15 - Fibras sintéticas do tipo Fio encontradas em esgoto bruto na Entrada da ETE. A – Fibras incolores, B – Fibras de cor vermelha e C – Fibra na cor verde. 28
Figura 16 - Microplásticos classificados como Fragmentos flexíveis e de cor branca. 29
Figura 17 - Microplásticos classificados como Fragmentos rígidos colorido, na cor verde. 30
Figura 18 - Microplásticos classificados como Fragmentos rígido e flexível, respectivamente, na cor alaranjado. 30
Figura 19 - Resíduo de tamanho micrométrico classificado como "Outros resíduos", apresentando cor escura. 31
Figura 20 - Visão global através da Lupa microscópica de todos os resíduos micrométricos que não foram retidos nas etapas de tratamento coletados da Saída da ETE.....32
Figura 21 - Microplásticos encontrados na coleta da Saída da ETE em foco ampliado através de Lupa microscópica. 33
Figura 22 - Microplásticos classificados como Grânulos apresentando cor vermelha e branca, respectivamente.....34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **9**

1.1 Objetivos **10**

1.1.1 Objetivo Geral 10

1.1.2 Objetivos Específicos 10

1.2 Justificativa **11**

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **12**

3.1 Expansão da produção e uso do plástico **12**

3.2 Classificação dos microplásticos quanto à origem **13**

3.3 Tratamento de esgoto em relação à retenção de microplásticos **15**

3.4 Danos e impactos à biota causados pelos microplásticos no ambiente **16**

4 METODOLOGIA **18**

4.1 Área de Estudo **18**

4.2 Coleta na Estação de Tratamento de Esgoto **18**

4.3 Caracterização Qualitativa dos Microplásticos em Laboratório **19**

4.3.1 Análise Qualitativa dos Microplásticos **23**

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO **25**

5.1 Análise qualitativa dos microplásticos **27**

6 CONCLUSÃO **36**

REFERÊNCIAS **37**

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos plásticos estão, ao longo do tempo, se tornando cada vez mais presentes na vida das pessoas, apresentando dimensões das mais variadas assim como cores das mais diversificadas. Os microplásticos, de menores dimensões, estão presentes em produtos usados no dia a dia das pessoas, como em cosméticos de higiene pessoal sendo usados como agentes abrasivos (DERRAIK, 2002). Esses microplásticos usados em domicílio, chamados de primários, são transportados para rios e mares através da rede de esgoto urbano (FENDALL; SEWELL, 2009; NAPPER et al., 2015).

Do mesmo modo, as indústrias utilizam os *pellets* para a produção de materiais plásticos, que podem ser esferas microscópicas e por conta do tamanho reduzido acabam atingindo, também, os ambientes aquáticos por meio do transporte marítimo ou por perdas acidentais na própria indústria (OGATA et al., 2009). A lavagem de roupas com tecidos sintéticos libera, também no efluente doméstico, fibras plásticas microscópicas que chegam aos corpos hídricos, como destino final (BROWNE et al., 2011). Nesse contexto, segundo Wright et al. (2013), uma vez presente nos corpos hídricos, esses microplásticos se tornam nocivos aos organismos vivos que acabam por ingerir essas partículas, o que pode causar o bloqueio do sistema digestivo e reduzir a reserva de energia, o que dificulta outras funções fisiológicas.

Os estudos em relação aos microplásticos se tornaram crescentes, surgindo também o interesse de se estudar o tratamento do efluente que chega até as Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), e se esses resíduos plásticos de dimensões microscópicas são realmente removidos durante o tratamento (CARR et al., 2016; MASON et al., 2016; SUTTON et al., 2016).

A presença dos microplásticos no esgoto doméstico está associada ao uso destes nas residências na forma de cosméticos e produtos de cuidado pessoal, que são transportados até as ETE através das redes de esgoto, e mesmo passando pelo sistema de tratamento convencional (em nível secundário), essas partículas não são retidas nas etapas de tratamento (DUIS et al., 2016). Isso ocorre por conta do tamanho reduzido dos microplásticos (< 5 mm), o que faz com que esses resíduos sejam descartados no ambiente no efluente final (MARTINS; CARREIRA, 2017).

Assim, essas partículas têm sido cada vez mais recorrentes em rios, lagos, mares e oceanos, o que gerou grande interesse de estudiosos pelo potencial de

causar danos à biota devido às características de capacidade de dispersão e disponibilidade para organismos aquáticos, por conta de seu tamanho reduzido (CARPENTER e SMITH, 1972; COLLINGTON et al., 2014). Para os humanos, os estudos sobre a toxicidade dos microplásticos são limitados (REVEL et al., 2018). Porém, relatos recentes mostram que o consumo de animais que estejam contaminados, ingestão de água tratada com partículas plásticas, adsorção pela pele de cosméticos que apresentam grande concentração de nanoplásticos, inalação do ar contendo partículas provenientes de sistema de tratamento de água e exposição de lodo no solo, podem causar implicações no intestino e outros órgãos, ocasionando efeitos tóxicos devido à capacidade de induzir o bloqueio intestinal e/ou tecidual, além de fibroses, congestões e inflamações (REVEL et al., 2018).

Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi investigar a presença e quais são os tipos de microplásticos em esgoto sanitário que chegam a ETE do município de Campo Mourão, Paraná.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar a presença e os tipos de microplásticos em esgoto sanitário do município de Campo Mourão – PR.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar qualitativamente os microplásticos em amostras de esgoto sanitário na entrada e saída da estação de tratamento de esgoto do município de Campo Mourão – PR;
- Compreender a possível influência do lançamento de esgotos no corpo hídrico receptor da região de estudo a partir da avaliação da presença de microplásticos em esgoto sanitário que chega à estação de tratamento e relacionar a ocorrência desses resíduos com suas possíveis fontes poluidoras.

1.2 Justificativa

Estudos em relação aos microplásticos estão se tornando crescentes entre a comunidade científica, uma vez que esses resíduos de tamanhos micrométricos podem atingir os recursos hídricos e ambientes terrestres, gerando impactos adversos. Com isso, surge também uma grande atenção ao processo aplicado no tratamento do esgoto doméstico que chega às Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), pois após todo o processo é esperado que haja retenção desses resíduos.

Com isso, se faz necessário o conhecimento de quais são as fontes emissoras desses microplásticos em esgoto doméstico e como esses podem acabar por acometer a saúde de pessoas e animais, desequilibrando ecossistemas. As fontes emissoras estão ligadas ao comportamento das pessoas e na abundância de materiais plásticos distribuídos em tantos produtos consumidos pela sociedade, como cosméticos de uso pessoal, embalagens, tecidos sintéticos, entre outros.

A partir disso, o presente trabalho tem como objetivo estudar esse tema a partir da análise qualitativa da presença de microplásticos no esgoto doméstico do município de Campo Mourão – PR que chega à ETE, e se esses, possivelmente, podem ser liberados mesmo passando pelas etapas de tratamento. E a partir disso, relacionar a presença de microplásticos com suas possíveis fontes emissoras.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Expansão da produção e uso do plástico

Atualmente, uma questão muito discutida, é a poluição terrestre e dos recursos hídricos por resíduos oriundos de atividades antrópicas. Enquanto há anos a população humana era consideravelmente menor, qualquer alteração provocada no ambiente não tinha impactos significativos, e muitos deles eram reversíveis por se tratar de problemas locais. Ao passar dos anos, o crescimento populacional juntamente com a industrialização fez com que as ações antrópicas se tornassem cada vez mais danosas e com impactos cada vez maiores (NIED, 2017).

Nesse sentido, a excessiva quantidade de resíduos sólidos gerados em centros urbanos, associado ao descarte incorreto desses, resulta no acúmulo de resíduos no ambiente, responsável pela causa de sérios problemas à saúde (BRASIL, 1998).

De todos os materiais que são descartados, o mais poluidor e persistente são os resíduos plásticos (UNEP, 2005). Isso porque, mundialmente, a produção de plástico aumentou de 1,5 milhões de toneladas em 1950 para mais de 260 milhões de toneladas até o ano de 2009, sendo presente em vários aspectos e comportamentos da vida cotidiana das pessoas (THOMPSON et al., 2009). Já para o Brasil, segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) (2016), no ano de 2014 houve uma produção de 5,8 milhões de toneladas desse material, enquanto a produção mundial, em 2018, chegou a aproximadamente 360 milhões de toneladas, sendo a Ásia o maior responsável representando 51% da produção de materiais plásticos (PLASTICS EUROPE, 2019).

O problema gerado pelos plásticos está diretamente relacionado à sua característica de não biodegradabilidade, formando partículas menores ao sofrer ações do ambiente, aumentando os níveis de poluição gradualmente (ANDRADY, 2011). Essas partículas, de acordo com Ericksen et al. (2014) são classificadas de acordo com o seu tamanho, considerando então, que as partículas maiores que 5 mm são denominadas de macroplásticos e as menores microplásticos.

3.2 Classificação dos microplásticos quanto à origem

Os microplásticos são classificados em primários e secundários de acordo com a sua origem. As partículas plásticas que já são fabricadas em tamanho microscópico, que fazem parte da fórmula de alguns produtos e são denominados pela indústria de *pellets*, são classificados como microplásticos primários (Figura 1). Já os microplásticos denominados secundários (Figura 2), são partículas que apresentam tamanho reduzido a partir da fragmentação de outros resíduos plásticos maiores que foram descartados de forma inadequada no ambiente aquático ou terrestre (COLE et al., 2011; ARTHUR, C.; BAKER, J. E.; BAMFORD, H. A., 2009; KERSHAW, P. J., 2015).

Figura 1 - Exemplo de microplástico classificado como primário pela sua origem, sendo o *pellet*, usado para formulação de outros produtos.

FONTE: Olivatto (2017).

Figura 2 - Microplásticos classificados como secundários, resultado da fragmentação de resíduos plásticos maiores.

FONTE: Olivatto (2017).

Os *pellets*, mencionados anteriormente, apresentam tamanhos variando de 1 a 5 mm e são usados na produção de outros produtos podendo ser encontrados, também, na forma de pó, apresentando tamanhos micrométricos sendo usados na composição de cosméticos com propriedades abrasivas, como sabonetes esfoliantes e pastas de dente (FENDALL; SEWELL, 2009). Ainda de acordo com os autores, por apresentar tamanhos microscópicos e ainda serem muito usados para consumo doméstico, essas partículas não são retidas nos sistemas de tratamento de esgotos, atingindo rios, lagos e mares.

Além dos cosméticos, a indústria têxtil também contribui para a abundância de microplásticos no ambiente, pois esta utiliza fibras plásticas (Figura 3) de tamanhos microscópicos para a produção de tecidos sintéticos e, através do processo de lavagem desses tecidos, faz com que essas fibras plásticas atinjam os cursos hídricos (BROWNE, GALLOWAY, THOMPSON, 2007; BROWNE et al., 2011).

Figura 3 - Microplásticos classificados em primários quanto à sua origem, sendo fibras plásticas para a produção de tecidos sintéticos.

FONTE: Olivatto (2017).

3.3 Tratamento de esgoto em relação à retenção de microplásticos

Sendo o abastecimento doméstico um dos mais importantes usos da água para as pessoas, a água necessita de uma série de tratamentos prévios segundo requisitos de qualidade existentes (SPERLING, 2005).

O efluente gerado pelo uso doméstico, associado ao uso de cosméticos e lavagem de tecidos, possuem polímeros em sua composição e são descartados na rede de esgoto e transportados até as Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) em que, mesmo passando pelas etapas de tratamentos secundário e terciário, as partículas plásticas não são retidas (DUIS et al., 2016). Isso ocorre porque o processo de tratamento requerido para reter essas partículas de dimensões microscópicas necessita de melhores adaptações tecnológicas (FENDALL e SEWELL, 2009; BROWNE, GALLOWAY, THOMPSON, 2007; BROWNE et al., 2011).

Ainda em relação ao sistema de tratamento de efluente doméstico, este também pode se tornar uma fonte de microplásticos no ambiente terrestre através do lodo de esgoto, uma que vez que pode ser usado em práticas agrícolas, contendo microplásticos e fibras sintéticas que foram sedimentados pelo processo de tratamento aplicado (HURLEY; NIZZETTO, 2018; HORTON et al., 2017).

3.4 Danos e impactos à biota causados pelos microplásticos no ambiente

O fato de o plástico ser bioquimicamente inerte faz com que a preocupação da comunidade científica seja grande sobre a contaminação por microplásticos, pois dessa forma há um potencial em transportar substâncias tóxicas presentes na água contaminada, o que são facilmente adsorvidas à superfície hidrofílica desses resíduos, e também aditivos químicos empregados no plástico que podem ser lixiviados para os organismos marinhos, como por exemplo, os ftalatos e bisfenol A, que já tiveram efeitos endócrinos comprovados comprometendo a saúde humana (MATO, Y. et al., 2001; TEUTEN et al., 2007; TALSNESS et al., 2009; THOMPSON, R. C. et al., 2009).

Esses contaminantes podem ser adsorvidos à superfície dos detritos plásticos ali presentes e uma vez que são consumidos por organismos marinhos, podem bioacumular e biomagnificar na cadeia trófica (DERRAIK, 2002; TEUTEN, E. L. et al., 2009).

No tocante a isso, a ingestão de microplásticos têm efeitos toxicológicos pois ocorre a permanência de poluentes orgânicos no organismo, como por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, éteres difenílicos polibromados e bifenilos policlorados, entre outros, com efeitos que variam desde inibição de crescimento, desordens comportamentais e alimentares, disfunção reprodutiva e morte (MA et al., 2016; CHAE; AN, 2017; COSTA, 2018).

Além dos danos à saúde de animais marinhos, que segundo Carbery et al. (2018), há evidências de que ocorre transferência trófica de microplásticos a partir organismos coletados em campo e seus predadores naturais. Já para os organismos humanos, existem também estudos em relação aos efeitos, mas ainda são escassos.

Por outro lado, de acordo com Revel et al. (2018), relatos recentes apresentaram alguns comportamentos e ações que incluem os microplásticos e que podem influenciar na saúde, como:

- Consumo de animais contaminados;
- Água tratada com partículas plásticas;
- Adsorção pela pele quando em contato com cosméticos que apresentam grande concentração de nanoplásticos;
- Inalação do ar contendo partículas provenientes de sistema de tratamento de água e exposição de lodo no solo.

Sendo assim, essas ações e comportamentos, dentre outras, podem influir na saúde humana podendo ocasionar efeitos tóxicos, desde bloqueio intestinal e/ou tecidual, fibroses, congestão e inflamações (REVEL et al., 2018).

Dessa maneira, os danos causados por essas partículas de tamanhos reduzidos, quando lançados no ambiente, revelam prejuízos ao meio ambiente, à ecologia, economia e saúde pública (CAIXETA et al., 2018).

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Esgotos do município de Campo Mourão – PR.

A Estação de Tratamento tem a capacidade de tratar um volume máximo de 100 L/s de esgoto doméstico proveniente da população. Os horários de maior pico de vazão que a ETE recebe são às 11:00, 15:00 e 19:00 horas, chegando a uma vazão de até 70 L/s.

O processo de tratamento é feito por sistema RALF (Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado) e em seguida conta com uma lagoa facultativa. Esse processo, desde a entrada do esgoto na estação, inclui o Desarenador, Calha Parshall, o Reator, leito de secagem e lagoa facultativa, e por fim, lodo tratado. Esse lodo tratado, por sua vez, é destinado à agricultura para utilização como adubo, que segue as orientações do Programa de Utilização Agrícola de Lodo de Esgoto no Estado do Paraná.

4.2 Coleta na Estação de Tratamento de Esgoto

A metodologia utilizada foi uma adaptação de Martins e Carreira (2017) para a coleta de esgoto na entrada e na saída da ETE. Foi realizada uma coleta de esgoto doméstico no mês de maio de 2019, com o auxílio de balde com capacidade de coletar 40 litros de esgoto bruto (entrada) e 40 litros de efluente tratado (saída). Após coletado, foi feito o peneiramento do efluente despejando-o em peneiras de malhas de 4,75 mm e 75 µm empilhadas e apoiadas no balde (Figura 4), sendo a peneira de maior abertura para separar partículas maiores de 5 mm (que não eram o objetivo do estudo), ficando como objeto de estudo as partículas retidas na peneira de 75 µm.

As peneiras usadas para filtração das amostras são de aço inoxidável medindo 8 polegadas de diâmetro e 2 polegadas de profundidade, com malhas de 4,75 mm e 75 µm. Durante a filtração, as amostras foram rinsadas com água deionizada que auxiliou na peneiração do material, para ficar retido apenas o material a ser analisado.

Figura 4 – Filtragem de 40 litros de esgoto sanitário através das peneiras de 4,75 mm e 75 µm.

FONTE: Autoria própria (2019).

4.3 Caracterização Qualitativa dos Microplásticos em Laboratório

A metodologia utilizada foi uma adaptação do método proposto pelo *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment*, pertencente ao NOAA Marine Debris Program (National Oceanic and Atmospheric Administration) (MASURA et al., 2015).

Após passar pelo peneiramento descrito em etapa anterior, o material foi transferido para a determinação de sua massa total, feito através de uma equação simples. Utilizando um béquer de 1000 mL, previamente limpo e identificado, todo o sólido que ficou retido na malha de 75 µm, tanto na coleta de esgoto bruto quanto para o tratado, foi transferido para o béquer com o auxílio de espátula e com leve enxague de água destilada e identificado (mA) (Figura 5).

Posteriormente, o béquer foi transferido à estufa por 24 horas à 90ºC para a secagem, e o béquer foi pesado em balança analítica e identificado novamente (mB).

Figura 5 - Béqueres contendo material que ficou retido na peneira de 75 µm antes de serem transferidos para estufa. Material retido de esgoto bruto à esquerda e esgoto tratado à direta.

FONTE: Autoria própria (2019).

A massa total foi calculada através a Equação (1):

Massa total de resíduo sólido = mA – mB (1)

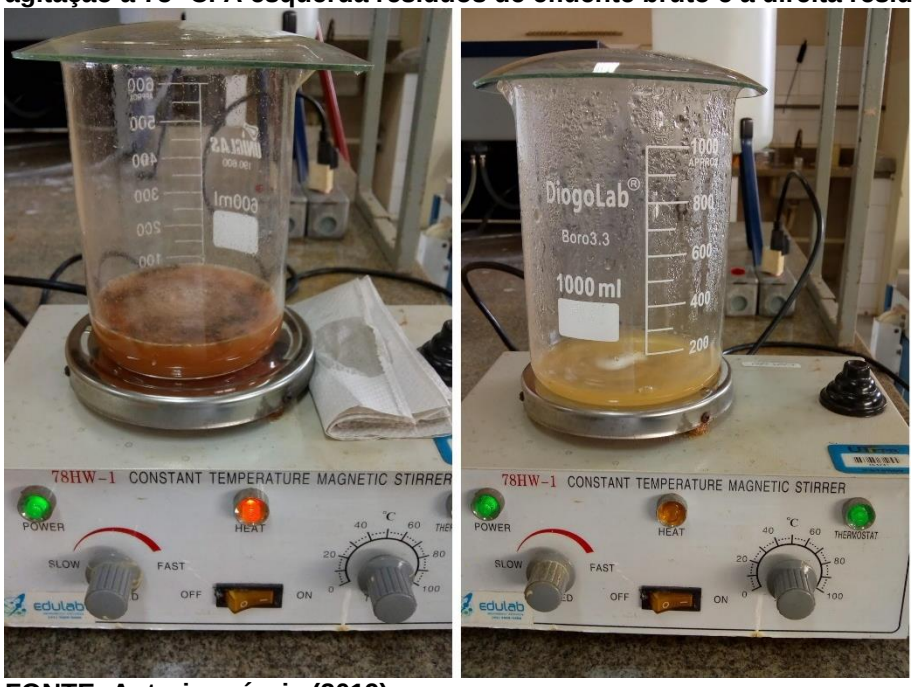
Para a limpeza da amostra utilizou-se o processo oxidativo com peróxido de hidrogênio, responsável pela degradação da matéria orgânica. Adicionou-se, então, 20 mL de solução aquosa de sulfato de Fe II a 0,05 M, usado como catalisador para diminuir o tempo da reação, para um béquer contendo o resíduo seco, e em seguida adicionou-se 20 mL de peróxido de hidrogênio 35%. Após isso, a mistura foi mantida à temperatura ambiente por 5 minutos (Figura 6).

Figura 6 - Mistura de Sulfato de Fe II 0,05 M e Peróxido de Hidrogênio 35% para degradação da matéria orgânica.

FONTE: Autoria própria (2019).

Passados os 5 minutos, adicionou-se uma barra de agitação ao béquer que foi levado à uma placa de aquecimento, por 30 minutos, à uma temperatura de aproximadamente 75°C e coberto com vidro relógio (Figura 7).

Figura 7 - Processo de degradação da matéria orgânica em placa de aquecimento com barra de agitação à 75º C. À esquerda resíduos de efluente bruto e à direita resíduos de efluente tratado.



FONTE: Autoria própria (2019).

Por fim, a mistura foi filtrada novamente em malha de 75 µm e mantida na bancada, coberta com papel alumínio para a secagem das partículas.

Os resíduos sólidos contidos na peneira na bancada, após a secagem, foram transferidos para um esquema de separação por densidade. O sistema consiste em um funil de 1L contendo solução de NaCl de 1,15 g. mL^{-1}, e na sua parte inferior, apoiado com um suporte universal, foi acoplada uma mangueira de silicone fechada com garra metálica.

E assim, transferiu-se o material sólido seco que estava retido na peneira para o funil com auxílio de uma espátula e lavando com a solução NaCl. Posteriormente, o funil foi coberto com papel alumínio e mantido em repouso durante a noite para posterior inspeção visual dos detritos depositados e flutuantes, permitindo confirmar a faixa de densidade do material (Figura 8).

Figura 8 - Esquema de separação por densidade contendo a solução de NaCl e os resíduos sólidos retidos na peneira depositados no funil, a mangueira de silicone e as garras metálicas.

FONTE: Autoria própria (2019).

Por fim, o funil que foi lavado diversas vezes para assegurar a transferência dos microplásticos, e o material flutuante foi drenado em uma peneira de malha de 75 µm e foi mantida na bancada para secagem coberta por papel alumínio, para a posterior triagem em lupa microscópica (Figura 9).

Figura 9 - Peneira e cadinho contendo os microplásticos dispostos na bancada para secagem e cobertos por papel alumínio, para posterior triagem em lupa microscópica.

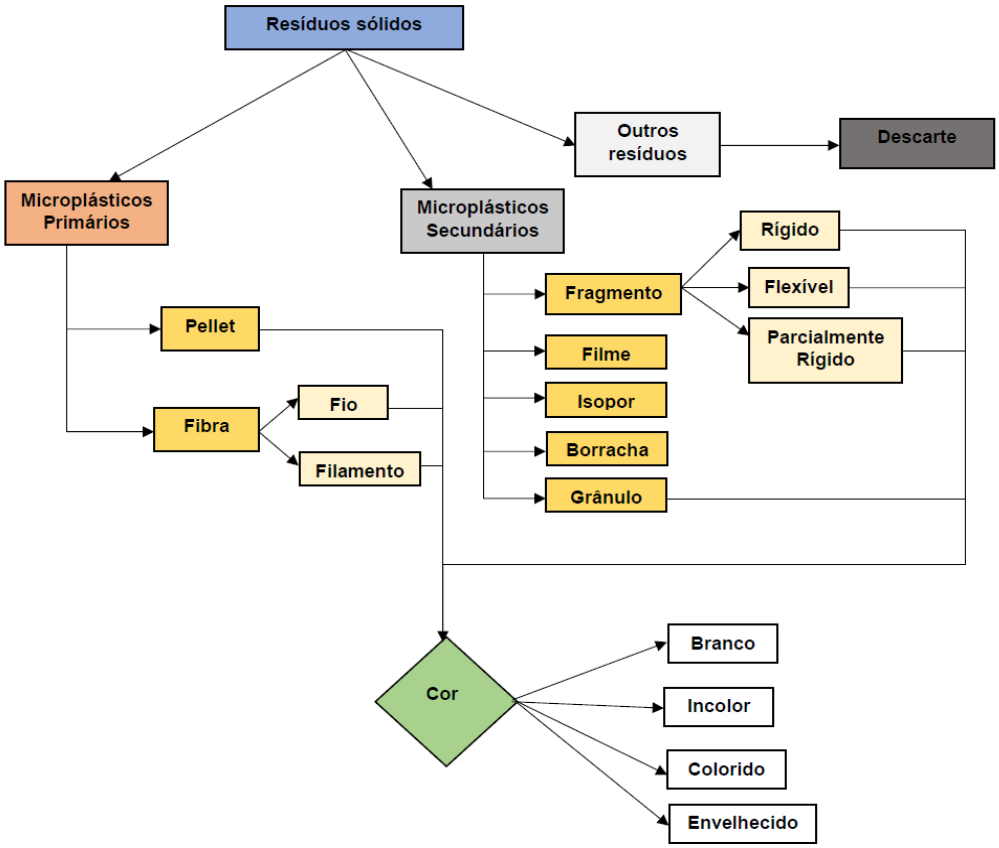
FONTE: Autoria própria (2019).

4.3.1 Análise Qualitativa dos Microplásticos

Na etapa de triagem, os microplásticos foram categorizados separadamente em placas de Petri, seguindo uma adaptação da metodologia aplicada por Olivatto (2017) (Figura 10). Os resíduos retidos em peneira foram categorizados de acordo com o tipo morfológico do material e com a cor, sendo as categorias: pellet, fragmento, filme, isopor, borracha, grânulo e fibras, descritos em literatura (OGI E FUKUMOTO, 2000; ENDO et al., 2005; HIDALGO-RUZ et al., 2012; SUTTON et al., 2016).

Quanto a cor, as classes foram colorido, branco, envelhecido e incolor (ENDO et al., 2005; SOBRAL et al., 2011). Outra categoria que ajuda na separação, denominada de outros resíduos, consiste em separar galhos, folhas, carvão, etc, que possivelmente acabaram retidos pelo tamanho que apresentaram.

Figura 10 - Fluxograma aplicado para a etapa de triagem na análise dos microplásticos em esgoto sanitário.



FONTE: Adaptação de Olivatto (2017).

Cada amostra categorizada foi submetida à análise qualitativa por imagens obtidas com o auxílio de lupa microscópica (Figura 11), observando as características de cada categoria com a presença dos resíduos no material retido na peneira.

Figura 11 - Lupa microscópica usada na etapa de triagem e avaliação das características dos microplásticos em esgoto doméstico.

FONTE: Autoria própria (2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Decorrido o tempo de secagem, os béqueres foram levados para a balança mais uma vez para registo da massa seca do material (mB), e por fim foi possível obter a massa total do material retido em peneira da Entrada e Saída da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), conforme demostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Massa total do resíduo sólido coletado em 40 litros de esgoto sanitário e eficiência de retenção.

	Entrada ETE	Saída ETE	Eficiência de retenção
mA-mB	272,09 g	90,03 g	66,91%

FONTE: Autoria própria (2019).

A partir dos resultados apresentados na Tabela 1 foi possível observar uma redução na massa de material da Entrada da ETE em relação à Saída, devido ao processo de tratamento aplicado no esgoto doméstico, com uma eficiência de retenção de aproximadamente 67%.

Posteriormente ao registro das massas totais, foi aplicado o processo de oxidação da matéria orgânica, segundo metodologia aplicada, a fim de se observar apenas os resíduos plásticos menores que 5 mm. Durante esse processo houve uma grande dificuldade em relação à degradação e solubilização da gordura formada a partir do material coletado do esgoto doméstico bruto, o que formou porções de massa de gordura que aglutinou as micropartículas (Figura 12).

Figura 12 - Massa de gordura formada a partir do processo de oxidação da matéria orgânica.

FONTE: Autoria própria (2019).

Depois de alguns testes foi observado que ao aquecer água deionizada e despejar sobre a peneira ajudou a solubilizar uma parte da massa de gordura formada,

mas por risco de superaquecimento da placa, esse processo não se prolongou. Sendo assim, uma recomendação para trabalhos futuros, caso apareça a mesma dificuldade após o processo oxidativo, no momento de despejar a mistura do béquer na peneira, é recomendado que se faça o despejo em conjunto de água deionizada aquecida para que a gordura continue solubilizada e fique retido apenas as partículas de interesse.

Após o processo oxidativo da matéria orgânica, os resíduos que ficaram retidos na peneira foram transferidos para o esquema de separação por densidade, que apesar da dificuldade com a gordura formada, foi possível observar a diferença de densidade de algumas partículas que ficaram em suspensão, como esperado para a etapa (Figura 13).

Figura 13 - Esquema de separação por densidade contendo solução de NaCl permitindo observar partículas de tamanhos reduzidos em suspensão.

FONTE: Autoria própria (2019).

A partir do esquema de separação por densidade, os resíduos de interesse, tanto da Entrada quanto da Saída da ETE, foram transferidos para placas de Petri para facilitar na observação das partículas em lupa microscópica, com o intuito de caracterizar qualitativamente os microplásticos seguindo as categorias de tipo morfológico e cor mencionadas na metodologia.

5.1 Análise qualitativa dos microplásticos

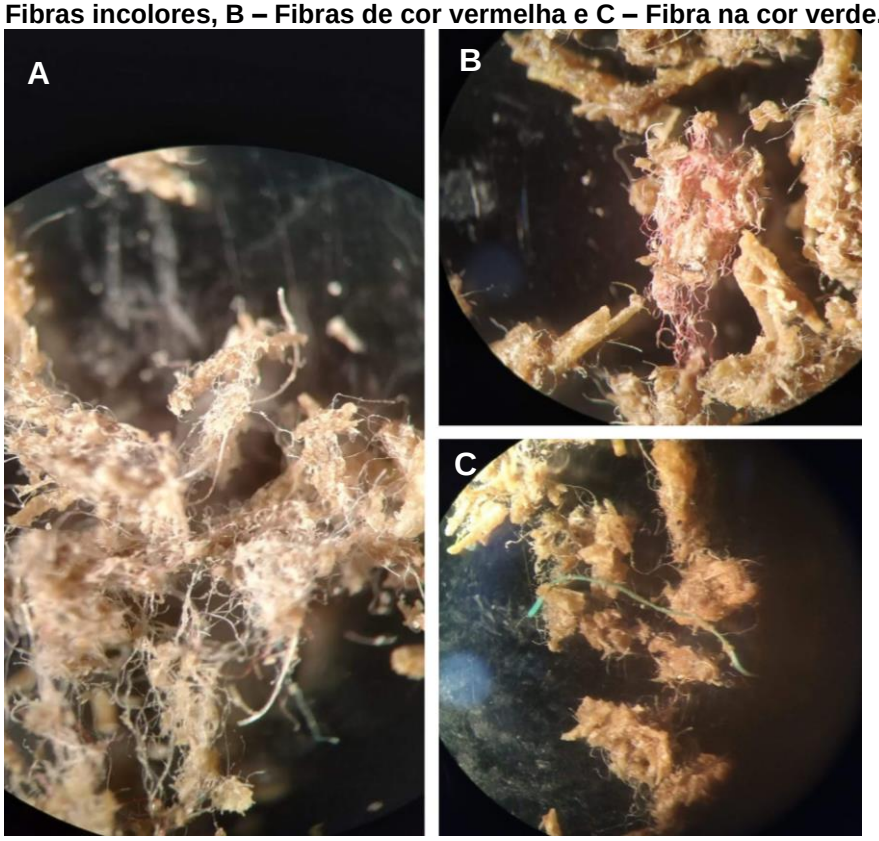
Para a avaliação da presença de microplásticos, a observação através da lupa microscópica se baseou na captura de imagens para maiores detalhes com foco nas partículas que apresentaram características semelhantes às encontradas no trabalho de Olivatto (2017) (Figura 14).

Figura 14 - Microplásticos encontrados por Olivatto (2017) com a presença de fragmentos coloridos de tamanhos e formas variadas; fragmentos flexíveis brancos e envelhecidos; fibras sintéticas do tipo fio coloridas e incolores.

FONTE: Olivatto (2017)

Para os resíduos da Entrada da ETE, em maior quantidade, pode-se observar fibras plásticas. As fibras apresentaram ser do tipo Fio e com pouca diversidade de cores, sendo encontradas fibras incolores em maior número (Figura 15 – A), fibras coloridas na cor vermelha (Figura 15 – B) e uma fibra colorida na cor verde (Figura 15 – C).

Figura 15 - Fibras sintéticas do tipo Fio encontradas em esgoto bruto na Entrada da ETE. A – Fibras incolores, B – Fibras de cor vermelha e C – Fibra na cor verde.



FONTE: Autoria própria (2019).

A partir da observação da quantidade de fibras encontradas, representando estar em maior quantidade em relação a outros microplásticos, pode-se relacionar essa presença à lavagem de tecidos, tanto residenciais quanto industriais, uma vez que no município há indústrias de produção de malhas, e também à limpeza em geral de residências e outros estabelecimentos, como as fibras plásticas de vassouras e escovas.

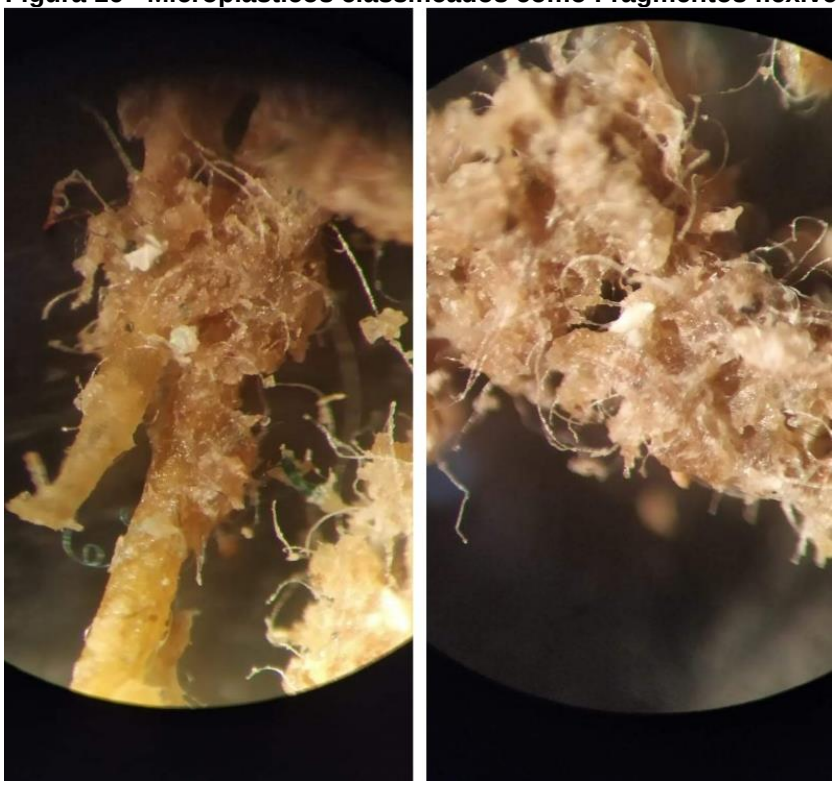
Em relação à lavagem doméstica de tecidos, de acordo com Cesa (2017) que analisou o parâmetro de 10 lavagens têxteis em lavadoras com o uso de detergente, que influencia no desprendimento de fibras, a autora observou a emissão de centenas de milhares de fibras naturais e sintéticas após a lavagem de tecidos, sendo as fibras

sintéticas classificadas como microplásticos. A autora observou também, que as fibras dependem dos tipos das peças têxteis que passam pela lavagem, pois o tipo influencia na emissão de tais fibras, e sugere a importância de filtros em lavadoras mesmo que esta não seja uma solução definitiva.

Mendoza et al. (2018) também observou que as partículas de maior relevância, sendo microplásticos classificados também como nanoplásticos, são as fibras emitidas pela lavagem de tecidos que pode chegar a emitir aproximadamente 1900 fibras por peça lavada.

Quanto aos microplásticos da categoria “Fragmentos” de materiais plásticos, esses foram encontrados em menor quantidade na Entrada da ETE em relação a quantidade de Fibras, mas com cores variadas, entrando na classificação de fragmentos rígidos ou flexíveis, e coloridos. Pôde-se observar a presença de fragmentos flexíveis na cor branca (Figura 16), fragmentos rígidos na cor verde (Figura 17) e, também, fragmentos, rígido e flexível, na cor alaranjado (Figura 18).

Figura 16 - Microplásticos classificados como Fragmentos flexíveis e de cor branca.

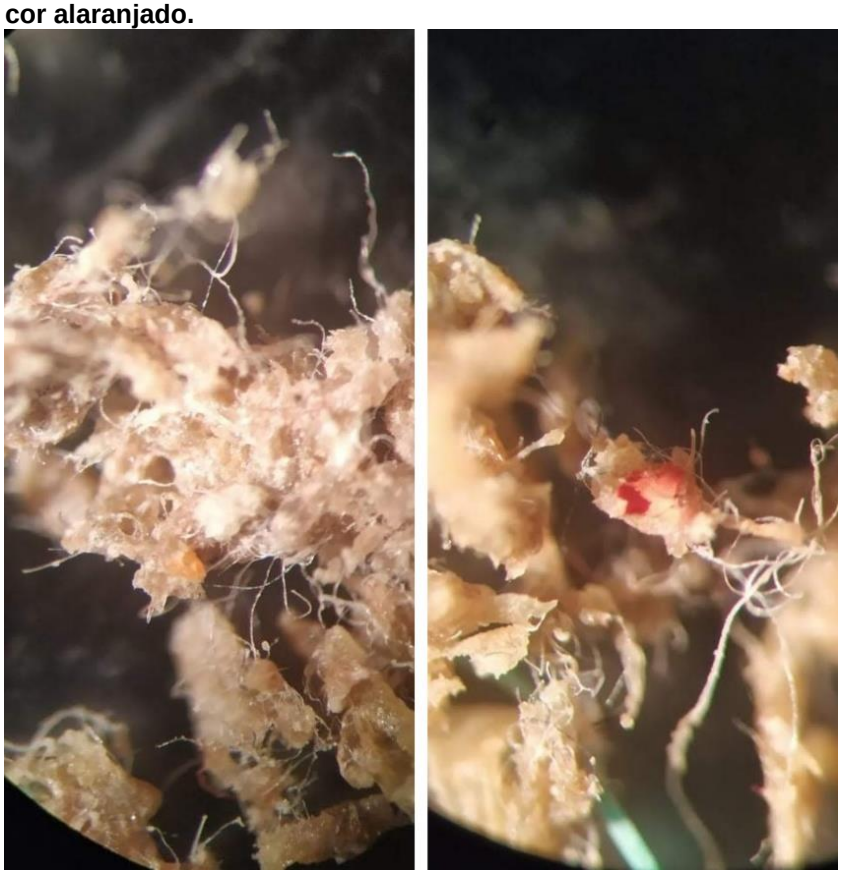


FONTE: Autoria própria (2019).

Figura 17 - Microplásticos classificados como Fragmentos rígidos colorido, na cor verde.

FONTE: Autoria própria (2019).

Figura 18 - Microplásticos classificados como Fragmentos rígido e flexível, respectivamente, na cor alaranjado.



FONTE: Autoria própria (2019).

Observando as características dos fragmentos encontrados, alguns pontos foram necessários para entender quais as possíveis fontes desses microplásticos, como a forma do fragmento, a cor e a flexibilidade, o que sugere que o material passou por inúmeras alterações até chegar a esse tamanho reduzido.

Para os microplásticos encontrados que foram classificados como fragmentos rígidos colorido, na cor verde, assim como Olivatto (2017) observou em seu trabalho, apresentaram bordas arredondadas e tamanho reduzido, sugerindo que essas partículas são resultado de inúmeras fragmentações de um resíduo plástico de tamanho maior. Também é possível considerar, pelo tamanho, que o fragmento pode ser de fonte primária, sendo aqueles que, segundo Derraik (2002), são materiais produzidos já em tamanho reduzido para composição de outros produtos, como em cosméticos.

Para a categoria denominada de outros resíduos, que não é foco do trabalho, considerou-se também fragmentos não identificados com base em trabalhos de outros autores, por apresentar formas irregulares e cor diferente das demais encontradas (Figura 19).

Figura 19 - Resíduo de tamanho micrométrico classificado como "Outros resíduos", apresentando cor escura.

FONTE: Autoria própria (2019).

Por meio de observação da forma e da cor, é possível que o resíduo de tamanho reduzido seja da classe fragmento flexível. Porém, não pode ser definida uma classe uma vez que não foram encontradas características que sustentassem a classificação de acordo com o encontrado em trabalhos de outros autores.

Como a Entrada da ETE se caracteriza por ser esgoto bruto, há uma quantidade de resíduos e micropartículas que ainda não foram submetidas às etapas de tratamento. E pela observação das imagens obtidas por lupa microscópica, pode-se perceber a influência das atividades antrópicas sobre a distribuição de microplásticos em esgoto doméstico que são descartados nas redes, sendo a fonte principal a lavagem têxtil e limpeza dos estabelecimentos, que emite consideráveis quantidades de partículas no efluente.

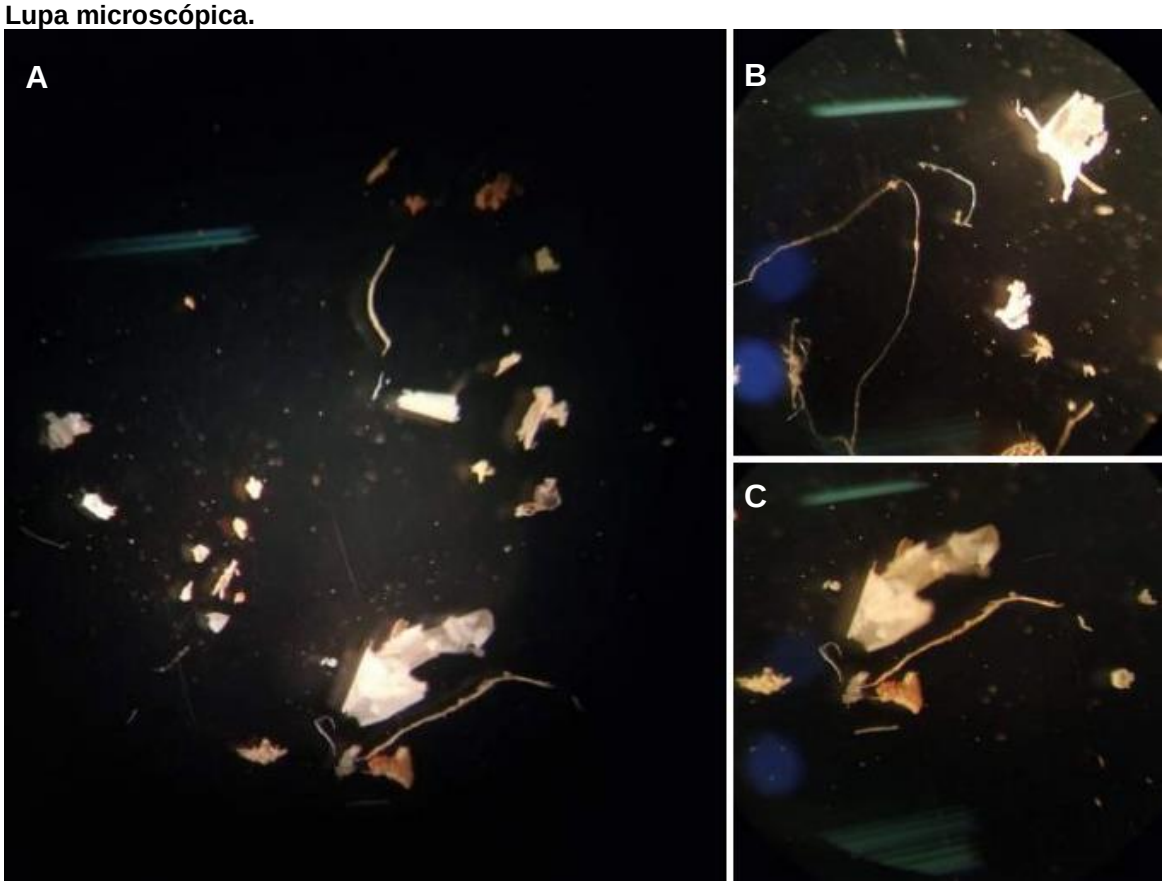
Após o tratamento aplicado sobre o esgoto doméstico que chega à Estação de Tratamento de Esgoto, por meio da análise qualitativa do material coletado na Saída da ETE foi possível observar, além da redução da massa total de aproximadamente 67%, uma redução na quantidade de partículas que não foram retidas nas etapas de tratamento (Figura 20).

Figura 20 - Visão global através da Lupa microscópica de todos os resíduos micrométricos que não foram retidos nas etapas de tratamento coletados da Saída da ETE.

FONTE: Autoria própria (2019).

Apesar da considerável redução e retenção de partículas, ainda foi possível analisar a presença de microplásticos que não foram retidos nas etapas de tratamento da ETE. Assim como na Entrada da ETE, a maior quantidade de microplásticos encontrados foram as Fibras do tipo Fio, colorido e incolor, além de Fibras do tipo Filamento na cor branca, Fragmentos flexíveis na cor branca e Outros resíduos (Figura 21).

Figura 21 - Microplásticos encontrados na coleta da Saída da ETE em foco ampliado através de Lupa microscópica.



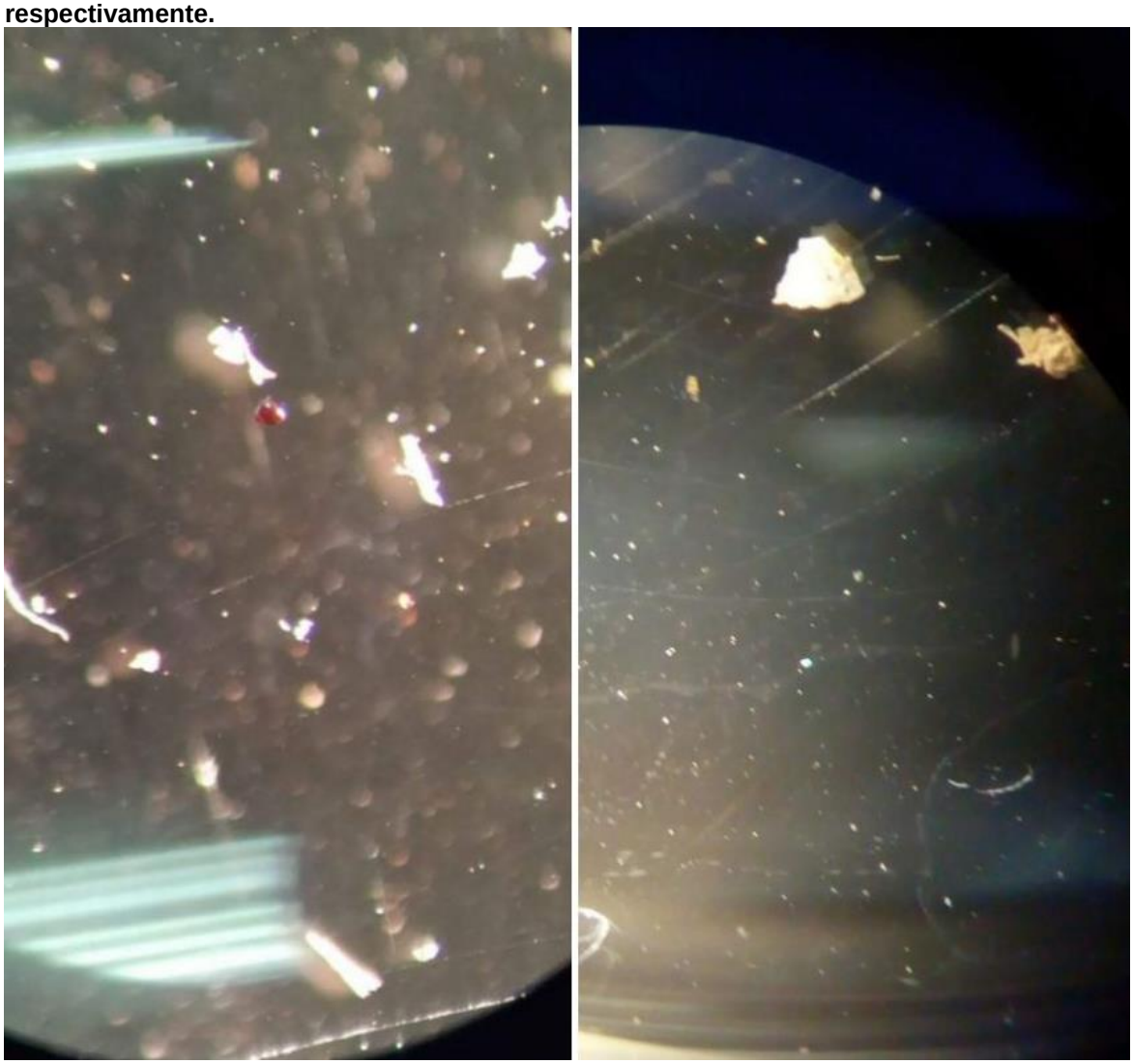
FONTE: Autoria própria (2019).

Os microplásticos categorizados como como Fibras do tipo Fio colorida, apresentaram cor vermelha e verde (Figura 21 – B). As Fibras do tipo Filamento apresentaram cor branca, com aspecto envelhecido (Figura 21 – C). E os Fragmentos flexíveis apresentaram cor branca e forma irregular (Figura 21 – A, B e C).

Quanto à classificação de Outros resíduos, que não se aplicou aos objetivos deste trabalho, foi feita por meio de observação em foco ampliado através da lupa microscópica para mais detalhes. Alguns apresentaram aspecto de areia e aglomerados de material utilizado para a fabricação de tijolos.

Além das Fibras e Fragmentos, foram encontrados também microplásticos categorizados como Grânulos, de tamanhos muito reduzido, apresentando cores vermelha (colorido) e branca, formas irregulares e bordas pontiagudas (Figura 22), sugerindo, de acordo com Olivatto (2017), que essas partículas são resultado da fragmentação recente de peças maiores de material plástico ou também podem indicar que o material é de origem primária.

Figura 22 - Microplásticos classificados como Grânulos apresentando cor vermelha e branca, respectivamente.



FONTE: Autoria própria (2019).

Analisados os microplásticos presentes na Entrada e Saída da ETE, é possível notar que nem todas as categorias de microplásticos foram encontradas, como os microplásticos secundários do tipo Filme, Isopor e Borracha.

Sendo assim, a partir das observações do material coletado na Entrada e Saída da ETE, é notável que o processo de tratamento aplicado ao esgoto retém grande

parte dos resíduos que chegam no efluente doméstico gerados pelo município. Mas, em contrapartida, nem todos os resíduos são retidos pelo tratamento, como observado por Gouveia (2018) em seu trabalho, onde estudou a presença de microplásticos em efluente tratado por quatro ETEs diferentes e suas respectivas capacidades de retenção dos microplásticos. Ainda segundo o autor, das oito amostras analisadas, cerca de 80% do peso total de microplásticos encontrados são referentes à Fragmentos e 20% correspondem à Fibras.

Ao final do processo de tratamento do efluente, este é despejado em um corpo hídrico receptor, então é necessário um controle quanto a emissão de microplásticos, uma vez que a ETE se torna fonte de emissão dessas partículas para rios, lagos e mares já que uma porcentagem de partículas não é retida. Estahbanati e Fahrenfeld (2016) tiveram como objetivo investigar a quantidade de microplásticos encontrados no Rio Raritan, localizado em Nova Jersey, ao longo de 4 pontos de lançamento de efluente nesse Rio. Ao coletar à montante e jusante desses pontos, eles observaram que a concentração de microplásticos foi maior à jusante.

De acordo com Cesa (2017), ao considerar condições ideais no tratamento do efluente, e extrapolando para parâmetros de emissão, depois de todo o processo de tratamento de esgoto a emissão dessas partículas seria de 29 toneladas ao ano, em escala nacional. A partir disso, entende-se que o processo de tratamento de efluente, apesar de avançado, requer mais pesquisas a respeito de maior retenção de partículas, com o objetivo de diminuir os impactos que essas partículas causam no ambiente e à biota.

Além da emissão de resíduos que não foram retidos no processo de tratamento, a atenção é voltada ao lodo de esgoto gerado após o processo de tratamento, uma vez que esses podem ser destinados à agricultura carregados de microplásticos. Isso foi observado por Gouveia (2018), ao acontecer dos microplásticos serem reinseridos ao meio ambiente através do lodo de esgoto, o que requer então, estudos dos efeitos dos microplásticos no solo com o objetivo de encontrar melhores formas de degradar os microplásticos para que esses não voltem ao meio terrestre ou aquático.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação da presença de microplásticos em esgoto doméstico do município de Campo Mourão – PR, caracterizando qualitativamente os microplásticos encontrados em pontos de coleta localizados na Entrada e Saída da Estação de Tratamento de Esgoto do município, para compreender a influência das principais fontes emissoras dessas micropartículas sobre a distribuição deles na área de estudo.

A partir da análise dos resultados foi possível observar que em 40 litros de esgoto bruto, houve uma grande quantidade de microplásticos advindos de atividades comuns a sociedade, como a lavagem de tecidos e limpeza de residências e estabelecimentos. Os microplásticos observados em maior quantidade foram as fibras plásticas do tipo fio incolor, e colorido na cor vermelha e verde. Além das fibras foi observado fragmentos de origem plástica, flexíveis e rígidos, na cor branca e colorido, sendo verde e alaranjado.

As fibras também foram observadas em material coletado na saída do tratamento, após todo o processo, o que evidencia que essas partículas são emitidas, ainda que em poucas quantidades, para o corpo hídrico receptor do efluente tratado. Persistiu em maior quantidade os microplásticos do tipo fibra categorizados como fio e filamento, incolor, branco e colorido, na cor verde e vermelha. Os fragmentos observados foram classificados como flexíveis na cor branca com formato irregular, e também como grânulo colorido (na cor vermelha) e branco, com formas irregulares e bordas pontiagudas.

Com isso, deve-se ampliar os estudos sobre os microplásticos em relação ao grau de toxicidade que estes podem ter ao atingir organismos humanos, quais alternativas podem diminuir a geração dessas partículas e como a eficiência de Estações de Tratamento podem ser aprimoradas para melhor eficiência na retenção dos microplásticos.

REFERÊNCIAS

ANDRADY, A.L., 2011. **Microplastics in the marine environment**. Mar. Pollut. Bull. 62, 1596–1605.

ARTHUR, C.; BAKER, J. E.; BAMFORD, H. A.. **Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris**. 2009. Disponível em: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/2509>. Acesso em: 24 out. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Perfil 2016.** São Paulo: ABIPLAST, 2016. Disponível em < http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Perfil_2016_Abiplast_web.pdf>. Acesso em 23 out. 2019.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: meio ambiente. p.167-242. In: Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos: apresentação dos temas transversais/Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1998. 436p. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/meioambiente.pdf>. Acesso em 22 out. 2019.

BROWNE, M. A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. **Microplastic—An Emerging Contaminant of Potential Concern?**. Integrated Environmental Assessment and Management. University of Plymouth, Plymouth, UK, v. 3, n. 4, p. 559-566, 2007. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/7d9f/9331db1126a873c514d18cfbb1d694bb0aab.pdf>. Acesso em: 26 out. 2019.

BROWNE, Mark Anthony et al. **Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: sources and sinks**. Environmental science & technology, v. 45, n. 21, p. 9175-9179, 2011.

CAIXETA, D. S.; CAIXETA, F. C.; FILHO, F. C. M. D. M. Nano e microplásticos nos ecossistemas: impactos ambientais e efeitos sobre os organismos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 27, p. 19-34, jun./2018. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2018a/biol/nano.pdf>. Acesso em: 25 set. 2019.

CARBERY, M.; O'CONNOR, W.; PALANISAMI, T. Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. **Environment International**, v. 115. p. 400-409, 2018.

CARPENTER, E. J.;SMITH, K. **Plastics on the Sargasso Sea surface**. Science, v. 175, n. 4027, p. 1240-1241, 1972.

CARR, Steve A.; LIU, Jin; TESORO, Arnold G. **Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants**. Water research, v. 91, p. 174-182, 2016.

CESA, Flávia Salvador. **Microplásticos têxteis: emissão de fibras sintéticas na lavagem doméstica**. 2017. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

CHAE, Y.; AN, Y. J. Effects of micro- and nanoplastics on aquatic ecosystems: current research trends and perspectives. **Marine Pollution Bulletin**, v. 124, p. 624-632, 2017.

Christofoletti, A. 1981. **Geomorfologia**. Edgar Blucher Ltda, São Paulo.

COLE, M., LINDEQUE, P., HALSBAND, C., GALLOWAY, T.S., 2011. **Microplastics as contaminants in the marine environment: a review.** Mar. Pollut. Bull. 62, 2588–2597.

COLLIGNON, A. HECQ, J. H. GALGANI, F. COLLARD, F. GOFFART, A. **Annual variation in neustonic micro- and meso-plastic particles and zooplankton in the Bay of Calvi (Mediterranean-Corsica)**. Mar Pollut Bull, v. 79, n. 1-2, p. 293-8, 2014.

COSTA, J. P. Micro and nanoplastics in the environment: research and policymaking. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 1, p. 12-16, 2018.

DERRAIK, J. G. **The pollution of the marine environment by plastic debris: a review**. Marine Pollution Bulletin**,** v. 44, 2002.

DUIS, Karen; COORS, Anja. **Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects**. Environmental Sciences Europe, v. 28, n. 1, p. 1, 2016.

ENDO, S. TAKIZAWA, R. OKUDA, K. TAKADA, H. CHIBA, K. KANEHIRO, H. OGI, H. YAMASHITA, R. DATE, T. Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences. **Marine Pollution Bulletin,** v. 50, n. 10, p. 1103-1114, 2005.

ERIKSEN, M., LEBRETON, L. C. M., CARSON, H. S., THIEL, M., MOORE, C. J., BORERRO, J. C., GALGANI, F., RYAN, P.G., REISSER, J. 2014. **Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea**. PloS one, 9, e111913.

ESTAHBANATI, S.; FAHRENFELD, N. L. Influence of wastewater treatment plant discharges on microplastic concentrations in surface water. **Chemosphere**, v. 162, p. 277-284, 2016. Disponivel em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.083>. Acesso em: 05 nov. 2019.

FENDALL, L. S.;SEWELL, M. A. **Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers**. Marine Pollution Bulletin**,** v. 58, n. 8, p. 1225-1228, 2009.

HIDALGO-RUZ, V. GUTOW, L. THOMPSON, R. C. THIEL, M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. **Environmental Science Technology,** v. 46, 2012.

HORTON, A. A.; WALTON, A.; SPURGEON, D. J.; LAHIVE, E.; SVENDSEN, C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current

understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science of the Total Environment**, v. 586, p. 127-141, 2017.

HURLEY, R. R.; NIZZETTO, L. Fate and occurrence of micro(nano)plastics in soils: Knowledge gaps and possible risks. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 1, p. 6-11, 2018.
GOUVEIA, R. J. S. **Eficiência de remoção de microplásticos em quatro ETAR portuguesas**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Julho de 2018.

KERSHAW, P. J. **Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment**. 2015. Disponível em: <http://www.gesamp.org/publications/reports-and-studies-no-90>. Acesso em: 24 out. 2019.

MA, Y.; HUANG, A.; CAO, S.; SUN, F.; WANG, L.; GUO, H.; JI, R. Effects of nanoplastics and microplastics on toxicity, bioccumulation and environmental fate of phenantrhrene in fresh water. **Environment Pollution**, v. 219. p. 166-173, 2016.

MATO, Y. HERNANDEZ-MILIAN, G. O'BRIEN, J. BERROW, S. O'CONNOR, I. OFFICER, R.Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. **Environmental science & technology,** v. 35, n. 2, p. 318-324, 2001.

MARTINS, Maria Clara Tavares; CARREIRA, Renato Da Silva. **Avaliação da presença de microplásticos em efluente gerado por estação de tratamento de esgoto (ETE)**. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2017/relatorios_pdf/ctc/qui/qui-maria%20clara%20tavares%20martins.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2018.

MASON, Sherri A. et al. **Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent**. Environmental Pollution, v. 218, p. 1045-1054, 2016.

MASURA, J. BAKER, J. FOSTER, G. ARTHUR, C. HERRING, C. **Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. noaa technical memorandum nos-or&r-48.** center for urban waters, u. o. w., tacoma wa;department of chemistry and biochemistry, g. m. u., fairfax va*, et al* 2015.

MENDOZA, L. M. R.; KARAPANAGIATI, H.; ALVAREZ, N. R. Micro(nanoplastics) in the marine environment: curren knowledge and gaps. **Corrent Opinion in Environmental Science e Health**, v. 1, p. 47-51, 2018. Disponivel em: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.11.004>. Acesso em: 05 nov. 2019.

NAPPER, I. E. BAKIR, A. ROWLAND, S. J. THOMPSON, R. C. **Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics**. Marine Pollution Bulletin, 2015.

NIED, Thaysa Natacha. **Implementação de ação educativa de educação ambiental envolvendo microplásticos para estudantes do ensino fundamental.** 2017. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para titulação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Ciências e Tecnologia – UFSC, Joinville, 15 de dezembro de 2017.

OGATA, Y. et al. **International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters**. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. Marine Pollution Bulletin**,** v. 58, n. 10, p. 1437-1446, 2009.

OGI, H.;FUKUMOTO, Y. A sorting method for small plastic debris floating on the sea surface and stranded on sandy beaches. **Bulletin of the Faculty of Fisheries-Hokkaido University (Japan)**, 2000.

OLIVATTO, Glaucia Peregrina. **Estudo sobre microplásticos em águas superficiais na porção oeste da baía de Guanabara**. 2017. 155f. Tese de Doutorado em química – PUC-Rio, Rio de Janeiro, 21 de fevereiro de 2017.

PLASTICS EUROPE. 2019. **Plastics - the facts 2019.** An analysis of European latest plastics production, demand and waste data. Disponível em: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/1804-plastics-facts-2019>. Acesso em: 23 out. 2019.

REVEL, M.; CHATEL, A.; MOUNEYRAC, C. **Micro(nano)plastics: a threat to human health?** Current Opinion in Environmental Science e Health, v. 1, p. 17-23, 2018. Disponivel em: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.003>. doi:10.1016/j.coesh.2017.10.003.

SADRI, S. S.;THOMPSON, R. C. On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. **Marine pollution bulletin,** v. 81, n. 1, p. 55-60, 2014.

SILVA, Valquiria Brilhador Da; GASPARETTO, Nelson Vicente Lovatto. Qualidade da água na sub-bacia do rio do campo - campo mourão - pr. **Revista brasileira de geografia física,** Cidade, v. 09, n. 02, p. 585-600,fev. 2016.

SOBRAL, P.; FRIAS, J.;MARTINS, J. **Microplásticos nos oceanos - um problema sem fim à vista**. Ecologia. Portugal. 3**:** 12-21 p. 2011.

SPERLING, Marcos Von. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:** subtítulo do livro. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais: Editora UFMG, 2005. 19-20 p.

SUTTON, Rebecca et al. **Microplastic contamination in the San Francisco Bay, California, USA**. Marine Pollution Bulletin, 2016.

SUTTON, R. MASON, S. A. STANEK, S. K. WILLIS-NORTON, E. WREN, I. F. BOX, C.. Microplastic contamination in the San Francisco Bay, California, USA. **Marine Pollution Bulletin,** v. 109, n. 1, p. 230-235, 2016.

TALSNESS, C. E. ANDRADE, A. J. M. KURIYAMA, S. N. TAYLOR, J. A. VOM SAAL, F. S. Components of plastic: experimental studies in animals and relevance for human health. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences,** v. 364, n. 1526, p. 2079-2096, 2009.

TEUTEN, E. L. ROWLAND, S. J. GALLOWAY, T. S. THOMPSON, R. C. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. **Environ Sci Technol,** v. 41, 2007.

TEUTEN, E. L. SAQUING, J. M. KNAPPE, D. R. BARLAZ, M. A. JONSSON, S. BJORN, A. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences,** v. 364, n. 1526, p. 2027-2045, 2009.

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.** Philos. Trans. Roy. Soc. B 364, 2153–2166.

THOMPSON, R. C. MOORE, C. J. VOM SAAL, F. S. SWAN, S. H. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences,** v. 364, n. 1526, p. 2153-2166, 2009.

UNEP, United Nations Environment Program. **Marine Litter: an analytical overview.** Nairobi, 2005.

WRIGHT, Stephanie L.; THOMPSON, Richard C.; GALLOWAY, Tamara S. **The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review**. Environmental Pollution, v. 178, p. 483-492, 2013.