UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

DECLARAÇÃO

Susane Ester Bessa Lemos

Veruska Wys Regis de Souza

ESTUDO CIENCIOMÉTRICO SOBRE A REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICO A PARTIR DO MEIO LÍQUIDO

Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás.

Aprovado em: 05/11/2021.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Francisco Javier Cuba Teran - UFG (Orientador)

Profa. Dra. Karla Alcione da Silva Cruvinel – UFG

Enga. Luísa Rodrigues de Oliveira / UFG

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:

Prof. Dr. Francisco Javier Cuba Teran (orientador)

Em: 16/11/2021

OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

- **Todos os campos do presente documento são de preenchimento obrigatório, sendo os mesmos adequados a quantidade de examinadores;**
- **Após preenchido, o documento deve ser assinado por todos os examinadores e também pelo orientador do referido trabalho.**

Documento assinado eletronicamente por **Francisco Javier Cuba Teran**, **Professor do Magistério Superior**, em 16/11/2021, às 13:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **SUSANE ESTER BESSA LEMOS**, **Discente**, em 17/11/2021, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **VERUSKA WYS REGIS DE SOUZA**, **Discente**, em 17/11/2021, às 20:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2452157** e o código CRC **70434E73**.

Referência: Processo nº 23070.058133/2021-80 SEI nº 2452157

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ESTUDO CIENCIOMÉTRICO SOBRE A REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICO A PARTIR DO MEIO LÍQUIDO

SUSANE ESTER BESSA LEMOS
VERUSKA WYS REGIS DE SOUZA

GOIÂNIA
NOVEMBRO/2021

SUSANE ESTER BESSA LEMOS
VERUSKA WYS REGIS DE SOUZA

ESTUDO CIENCIOMÉTRICO SOBRE A REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICO A PARTIR DO MEIO LÍQUIDO

Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás.
Orientador: Prof. Dr. Francisco Javier Cuba Teran

GOIÂNIA
2021

A razão é o passo, o aumento da ciência o caminho, e o benefício da humanidade é o fim.

Thomas Hobbes

RESUMO

Este trabalho teve por principal finalidade a realização de uma análise cienciométrica de publicações voltadas para a remoção de microplástico a partir do meio líquido, a nível global. Para tanto, foi realizado um levantamento destas nas plataformas Periódicos CAPES e Google Scholar, para o período de 2015 a 2020, utilizando-se as palavras-chave "microplastics", "removal technology", "removal of microplastic", "wastewater treatment". As publicações coletadas foram lidas, filtradas e quantificadas, e o levantamento de dados cienciométricos acerca destas realizado mediante a plataforma Web of Science.Os resultados demonstraram o crescimento das publicações de artigos sobre o tema nos últimos anos do período analisado, sobretudo nos seguintes países: Austrália, China, Espanha, EUA e Finlândia. Foi observado que os métodos mais aplicados para a remoção de microplástico são os processos de tratamento terciário acrescentado ao tratamento convencional empregado em estações de tratamento de esgoto, predominantemente microfiltração, nos trabalhos de ambas plataformas. Não foram identificados nas plataformas trabalhos referentes ao Brasil, apesar do avanço deste em pesquisas em geral. Todavia, existentes no software exclusivo a pesquisas cienciométricas, VOSviewer.

PALAVRAS-CHAVE:

Microplastics; Removal Technology; Removal of Microplastic; Wastewater Treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferentes rotas e exposição aos microplásticos e possíveis efeitos na saúde humana. 13

Figura 2 – Ciclo de contaminação de microplásticos. 14

Figura 3 – Representação das dimensões analíticas vinculadas à cienciometria. 20

Figura 4 – Publicações ao longo dos anos contidas no Periódicos CAPES. 26

Figura 5 – Publicações ao longo dos anos contidas no Google Scholar. 27

Figura 6 – Número de publicações por países contidas no Periódicos CAPES. 28

Figura 7 – Número de publicações por países contidas no Google Scholar 28

Figura 8 – Número de publicações e Fator de impacto por periódico, analisando artigos contidos na plataforma Periódicos CAPES. 31

Figura 9 – Número de publicações e Fator de impacto por periódico, analisando artigos contidos na plataforma Google Scholar. 31

Figura 10 – Tipo de processos de tratamento abordado pelos artigos contidos na plataforma Periódicos CAPES. 36

Figura 11 – Tipo de processos de tratamento abordado pelos artigos contidos na plataforma Google Scholar. 37

Figura 12 – Tipo de processos de tratamento abordado pela totalidade de artigos contidos na plataforma Periódicos CAPES. 37

Figura 13 – Tipo de processos de tratamento abordado pela totalidade de artigos contidos na plataforma Google Scholar. 37

Figura 14 – Quantidade de publicações por países e período de publicação. 38

Figura 15 – Quantidade de citações por autores e período de publicação. 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados encontrados na literatura de quantidade mínima e máxima de microplástico. 14

Tabela 2 – Resultados encontrados na literatura de quantidade média de microplástico. 15

Tabela 3 – Número de publicações por periódicos contidas na plataforma Periódicos CAPES. ... 29

Tabela 4 – Número de publicações por editoras contidas na plataforma Periódicos CAPES. 29

Tabela 5 – Número de publicações por periódicos contidas na plataforma Google Scholar. 30

Tabela 6 – Número de publicações por editoras contidas na plataforma Google Scholar. 30

Tabela 7 – Índice de citação e Índice H para artigos contidos na plataforma Periódicos CAPES. 32

Tabela 8 – Índice de citação e Índice H para artigos contidos na plataforma Google Scholar. 33

Tabela 9 – Processos de tratamento abordado pelos artigos contidos na plataforma Periódicos CAPES. 34

Tabela 10 – Processos de tratamento abordado pelos artigos contidos na plataforma Google Scholar. 35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA 3
2. OBJETIVOS 3
2.1 OBJETIVO GERAL 3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
3. POLUIÇÃO MICROPLÁSTICA 4
3.1 POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS, MARES E OCEANOS 4
3.1.1 Microplásticos e o meio ambiente 5
3.2 PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA 7
3.2.1 Tratamento preliminar 8
3.2.2 Tratamento primário 9
3.2.3 Tratamento secundário 9
3.2.4 Tratamento terciário 10
3.2.5 A problemática das estações de tratamento de esgoto (ETE'S) 10
3.3 MICROPLÁSTICO 11
3.4 CASOS DE OCORRÊNCIA NO BRASIL E NO MUNDO 14
3.5 PROCESSOS DE TRATAMENTO VISANDO A REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICO 15
4. CIENCIOMETRIA 16
4.1 ESTUDO CIENCIOMÉTRICO 16
4.1.1 Ciência e sua classificação 16
4.1.2 História da cienciometria 18
4.1.3 Cienciometria, o estudo métrico 20
4.1.4 Indicadores cienciométricos 21
4.1.4.1 Número de artigos 22
4.1.4.2 Índice de citação 22
4.1.4.3 Fator de impacto 23
4.1.4.4 Índices de coautoria e cocitação 23
4.1.4.5 Índice H 23
5. METODOLOGIA DE PESQUISA 24
5.1 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PESQUISA 24
5.1.1 Definição do tipo de publicações a serem analisadas 24
5.1.2 Definição do período de tempo a ser estudado 25

5.1.3 Definição de palavras-chave 25
5.2 INDICADORES CIENCIOMÉTRICOS UTILIZADOS 25
6. RESULTADOS 25
7. CONCLUSÃO 39
8. REFERÊNCIAS 3

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Microplásticos são micropartículas de material polimérico sintético, tratando-se de um poluente emergente, progressivamente presente nos corpos de água e reportado globalmente. Sendo descritos como 60% de todos os detritos presentes nos oceanos (GEWERT; PLASSMANN; MACLEOD, 2015), tem potencialidade de interação com os meios abiótico e biótico e conseguintes efeitos negativos em ecossistemas e saúde humana.

Logo, vem ganhando gradual notoriedade em pesquisas, pois representam uma fonte de poluição antropogênica com ampla distribuição, longevidade e capacidade sortiva e de transporte de poluentes, o que acentua os potenciais riscos aos diversos níveis tróficos expostos à essas partículas (OLIVATTO *et al.*, 2018), inclusive seres humanos. Desta forma, pesquisadores de todo o mundo tem se empenhado na busca por soluções ou propostas mitigadoras ao citado poluente.

O estudo quantitativo das atividades científicas mediante o método cienciométrico, por sua vez, tem possibilitado a identificação de propensões, domínio de interesses, surgimento de novos temas, e maneiras e particularidades na comunicação entre pesquisadores; subsidiando o avanço do conhecimento científico e o tangenciamento deste com questões sociais e de políticas públicas (Van Raan, 1997 *apud* Vanti, 2002). Portanto, esta quantificação das produções científicas aplicada à uma dada área da ciência dimensiona o estado atual de conhecimento sobre um determinado tópico em análise.

Tendo em vista a complexa questão dos microplásticos no meio ambiente, principalmente em corpos hídricos, e a forma como as pesquisas acerca desta tem se desenvolvido, tem-se como objeto de estudo no presente trabalho a análise cienciométrica sobre a remoção de microplástico em efluentes, a nível global.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar estado da arte atualizado sobre a remoção de microplástico em nível mundial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efetuar um levantamento detalhado dos trabalhos científicos que versam sobre a remoção de microplástico.
- Classificar quantitativamente os artigos científicos segundo diferentes critérios, de forma a identificar as lacunas do conhecimento.

3. POLUIÇÃO MICROPLÁSTICA

3.1 POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS, MARES E OCEANOS

O crescimento desordenado da população e a intensa industrialização são consequências não projetadas que têm ocasionado um aumento progressivo na poluição ambiental. Entretanto, a comunidade se mobilizou e pressionou o poder público a criação de normativas exclusivas para o setor de saneamento básico brasileiro. Em 2007, foi criada a Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), recentemente alterada pela Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020 (BRASIL, 2020), que estabelece a Política Nacional de Saneamento Básico no Brasil – PNSB. Dessa forma, o saneamento básico é definido como o conjunto de serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, limpeza urbana, manejo de resíduos, drenagem e manejo de águas pluviais. Deve-se considerar que a prestação de água e esgotamento sanitário são os mais relevantes dos serviços públicos, no que diz respeito a preservação da saúde pública, e pela busca do bem-estar social, conservação ambiental e aperfeiçoamento socioeconômico (FILHO *et al*., 2008; DIA; PEREIRA, 2015).

A elevação da taxa urbanística e, logo, a impermeabilização do solo têm cooperado para o crescimento de inundações e o decrescimento da qualidade de corpos hídricos. Além disso, a existência de lançamentos indevidos de esgoto sanitário e esgotos industriais, sem tratamento ou com tratamento insuficiente, estão aliados a essa qualidade do meio hídrico receptor (NASCIMENTO; HELLER, 2005).

A poluição difusa consequente da drenagem urbana, resultante da precipitação pluviométrica, carreia grande carga de poluentes para o corpo d'água, representa uma fonte significativa de poluição dos corpos d'água de bacias urbanas. Assim, estudos envolvendo

análise da qualidade desse transporte (deposição de sedimentos e resíduos sólidos) são fundamentais para manipulação de seu tratamento (GOMES, 2014).

Poledo e Martinez (2011) destacam que “os sedimentos urbanos são considerados, atualmente, como a maior fonte de poluição difusa para os corpos de água urbana devido ao transporte de metais pesados e outros poluentes”. Nas zonas urbanizadas, o material particulado, a deterioração asfáltica, os resíduos de edificação e a descarga de esgoto sanitário são casos de fontes geradoras de carga de poluentes (ALI; BONHOMME; CHEBBO, 2016).

3.1.1 Microplásticos e o meio ambiente

O aumento do consumo e produção de plásticos cresceram nos últimos tempos; que quando degradados originam partículas microscópicas, chamadas de microplásticos, aquelas com tamanhos menores que 5 mm. Nesse crescimento existe a problemática de gerenciamento de resíduos. Percebe-se que através do mal gerenciamento ocorre a contaminação dos sistemas de água doce e salgada e dos ambientes terrestres, que passaram a ser cada vez mais evidenciadas em estudos (SOUZA MACHADO *et al*., 2018; TEOTÔNIO, 2020).

Assim, a urbanização e o consumo da praticidade que o plástico oferece, desenfreadamente, vem chamando atenção, pois os sistemas de gestão de resíduo são falhos; e, em qualquer meio, são encontradas estas micropartículas. Todavia, faltam estudos referentes sobre até onde os microplásticos conseguem afetar a vida humana (BOUWMEESTER et al., 2015; TEOTÔNIO, 2020).

A poluição microplástica, possivelmente, é uma das alterações antropogênicas mais difundida e duradoura na superfície do nosso planeta. Considerada um dos pontos de preocupação à biodiversidade em escala global. Pesquisadores intensificaram drasticamente nos últimos tempos estudos acerca do tema, visto que, resulta em efeitos que são capazes de prejudicar a saúde direto e indiretos na biota marinha costeira e oceânica (SOUZA MACHADO *et al*., 2018). A incidência de detritos plásticos foi reconhecida em diversos ambientes aquáticos, evidenciado a presença de microplásticos em montanhas, no gelo do ártico, florestas, rios, lagos, estuários, litorais e nos mares (ZIAJAHROMI *et al*., 2016; TEOTÔNIO, 2020).

Desse modo, no mar os microplásticos podem ser transportados por via fluvial e por correntes aéreas, e como são de baixa densidade e de ínfimos tamanhos, os torna fáceis de serem levados também naturalmente pelo vento (ALLEN *et al*., 2019). Existe um déficit de

estudos referente ao transporte de microplásticos atmosféricos. Foi identificado em estudo de uma bacia hidrográfica remota e intocada (Pirineus franceses) que, ao longo de cinco meses, a deposição úmida e seca atmosférica de fibras de até ≈ 750 μm de comprimento e fragmentos ≤ 300 μm, classificadas como microplásticos (ALLEN *et al*., 2019, p. 1). E como apontam GEYER et al.:

> Em 2015, aproximadamente 6.300 toneladas métricas (mt) de resíduos de plástico foram gerados, cerca de 9% dos quais foram reciclados, 12% foram incinerados e 79% foram acumulados em aterros ou o ambiente natural. Se as tendências atuais de produção e gestão de resíduos continuarem, cerca de 12.000 mt de resíduos de plástico estarão em aterros ou no ambiente natural em 2050 (GEYER *et al*., 2017, p. 1).

Assim, estima-se que de 1950 a 2017 foi acumulada uma quantidade ativa de lixo plástico de 8300 milhões de toneladas de plástico distribuídos em ambientes terrestres e aquáticos (GEYER *et al*., 2017). No entanto, a relevância da contaminação por microplásticos em sistemas de ambientes marinhos e de água doce só foi observada recentemente, identificando-se também em água potável (REZANIA *et al.,* 2018). Nota-se que a emissão espacial e o destino a longo prazo dos microplásticos no ambiente marinho ainda não está definida (REZANIA *et al.,* 2018).

A presença de plásticos nesses ambientes pode modificar as propriedades físicas, químicas e as funções de ecossistemas, além de provocar relevantes impactos aos seres humanos (GÓMEZ *et al.,* 2018). Estabelecendo riscos tanto à saúde de organismos aquáticos como à humana (OLIVATTO *et al.,* 2018).

Resíduos plásticos descobertos em solos, rios e oceanos, são capazes de ocasionar a degradação de ecossistemas naturais, pois os microplásticos interagem alterando fatores abióticos desses ecossistemas, por consequência atinge a biota local (SOUZA MACHADO *et al.,* 2018).

O plástico ingerido é prejudicial à saúde dos animais; registros comprovam que todas espécies de vida marinha foram impactadas pela ingestão e emaranhado nestes. Visto que, a ingestão pode causar obstrução do trato digestivo, causando ou não levar à morte imediata, mas sendo responsável por efeitos que podem ser letais a curto prazo. Já o emaranhado, acontece ao terem membros e/ou corpo obstruidos por material plástico, resultando em afogamento, asfixia, ou até mesmo tornando o animal vulnerável a predadores (ARAÚJO; CAVALCANTI, 2016).

ESPINOSA *et al.*, (2018, p. 1) destacam como “a exposição contínua de peixes a microplásticos de PVC (policloreto de vinila) ou PE (polietileno) pode prejudicar os parâmetros imunológicos dos peixes, provavelmente devido ao estresse oxidativo produzido nos leucócitos dos peixes”. Além de que, foi observado que as toxinas do plástico ingerido também prejudicam a reprodução e afetam o sistema imunológico (RAZA, A, 2018; ESPINOSA *et al.*, 2018).

Diversos organismos (peixes, aves marinhas e mamíferos marinhos) são conhecidos por ingerir microplástico diretamente ou por meio de níveis tróficos mais baixos. Organismos estes que podem também estar dentro da cadeia de produção alimentar, provocando bioacumulação; uma vez que, essas partículas podem se acumular no sistema digestivo e em outros tecidos.

O impacto na saúde humana dos micro e nanoplásticos presentes na cadeia alimentar ainda não pode ser avaliada, pois dados essenciais sobre o conteúdo alimentar e subsequentes a exposição dietética e a toxicidade nanoplástica ainda são ausentes (BOUWMEESTER *et al*., 2015).

Ao se observar a toxicidade potencial de partículas microplásticas na saúde humana, nota-se que na literatura atual não há relatos de estudos de toxicidade in vivo ou in vitro de microplásticos. Entretanto estudos em roedores mostraram que os microplásticos ingeridos dificilmente são absorvidos (menor que 1%) (BOUWMEESTER *et al*., 2015); uma vez não constatados danos à saúde daqueles não houveram pesquisas sequenciais. BOUWMEESTER *et al*., (2015) também relatam outro exemplo obtido sobre a toxicidade, no qual uma fração muito pequena de microplástico adentra a circulação sanguínea através da linfa, porém não consegue penetrar profundamente nos órgãos e provavelmente é eliminado pelo baço. No entanto, devido a capacidade sortiva e de transporte de poluentes daqueles, existem riscos potenciais aos diversos níveis tróficos expostos à essas partículas.

3.2 PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA

O processo de tratamento de esgotos é definido a partir de algumas exigências fundamentais: nível de eficiência desejada para o efluente final, área disponível, relação custo-benefício, incluindo-se as despesas operacionais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

Segundo VON SPERLING (2014, p. 172), “os métodos de tratamento dividem-se em operações e processos unitários, e a integração destes compõem o sistema de tratamento”.

Os sistemas são selecionados em função do poluente a ser removido e do grau de eficiência desejado (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

> As operações unitárias costumam ser divididas em função dos fenômenos atuantes, predominantes, em:
>
> • Operações físicas unitárias: gradeamento, homogeneização e mistura, sedimentação, flotação, filtração;
> • Processos químicos unitários: coagulação química e floculação, precipitação química, adsorção, desinfecção;
> • Processos biológicas unitários: oxidação ou estabilização biológica da matéria orgânica, remoção biológica de nutrientes, digestão de lodo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015, p. 244).

O efluente tratado ao ser lançado no corpo receptor necessita estar de acordo com as restrições determinadas pela RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e Nº 430, de 13 maio de 2011 (BRASIL, 2011). Essas limitações e requisitos em função das características do corpo receptor, tais como a capacidade de diluição e de autodepuração e uso da água a jusante do ponto de lançamento. “Os níveis de tratamento da fase líquida do esgoto são usualmente classificados como: preliminar, primário, secundário e terciário” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015, p. 244).

Assim, os níveis de tratamento a que serão expostos poderão ser obtidos mediante o emprego de grande número de processos, que utilizam unidade de tratamento isolada ou em arranjos de unidades, estudados conforme as condições locais e eficiência desejada, sempre objetivando a simplicidade e menor custo de implantação e operação (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

3.2.1 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar é inevitável em qualquer um dos processos de tratamento em sistemas de esgoto, sendo responsável pela remoção, por ordem física, de sólidos grosseiros e areia presentes no esgoto (VON SPERLING, 1996). Suas principais finalidades da remoção dos sólidos são: a proteção dos equipamentos de bombeamento, evitando abrasões, sedimentos incrustáveis nas canalizações e em parte componentes da ETEs (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015). “Objetiva, portanto, encaminhar para o tratamento apenas as substâncias constituintes naturais dos esgotos” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015, p. 246).

O tratamento preliminar consiste no gradeamento de sólidos grosseiros, de acordo com suas características e dimensões, para retenção nas grades (VON SPERLING, 1996), e também, na remoção de partículas de areia nos esgotos por meio de unidades especiais denominadas desarenadores (caixa de areia). O dispositivo de remoção da areia é simplesmente o de sedimentação: os grãos de areia, devido às suas maiores dimensões e densidades, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, sendo de sedimentação bem mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as unidades de jusante (VON SPERLING, 1996).

3.2.2 Tratamento primário

Embora a remoção dos sólidos seja realizada pelas operações anteriores, o esgoto contém alta carga poluidora. Dessa forma, nesta etapa usam-se decantadores primário, com objetivo de remover os sólidos em suspensão sedimentáveis, incluindo a parte da matéria orgânica em suspensão grossa, sendo predominante o mecanismo físico de sedimentação e a fase de digestão e estabilização da matéria orgânica sedimentada pela via anaeróbia (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

“As unidades de tratamento usuais nesta etapa são: decantador simples (primário); flotador simples; precipitador químico; decanto/digestor conjugado (tanque séptico, tanque Imhoff)” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015, p 248).

3.2.3 Tratamento secundário

O tratamento secundário é configurado de forma a acelerar os mecanismos de degradação mediante mecanismos biológicos (reações bioquímicas), objetivando principalmente a remoção da matéria orgânica, de microrganismos e nutrientes como nitrogênio e fósforo. “Essa decomposição biológica do material orgânico requer a presença de oxigênio como componente fundamental dos processos aeróbios, além de manutenção de outras condições ambientais favoráveis, como temperatura, pH, tempo de contato, etc.” (VON SPERLING, 1996, p. 185).

Consegue-se substancial redução na matéria orgânica em suspensão fina, que não foi removida no tratamento primário, e na matéria orgânica na forma de sólidos não sedimentáveis, dissolvidos (DBO solúvel) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015). O tratamento secundário dispõe a uma eficiência que pode chegar a 95%, dependendo da operação da ETE,

ou seja, apresenta um reduzido nível de poluição por matéria orgânica, podendo ser despejada no corpo receptor (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012).

3.2.4 Tratamento terciário

O tratamento terciário é utilizado para completar a remoção de poluentes, regularmente antes do lançamento final no corpo receptor, é fundamental proceder à desinfecção das águas residuais tratadas para a remoção dos organismos patogênicos ou, em casos especiais, à remoção do nitrogênio e o fósforo, que podem potenciar, isoladamente ou em conjunto, a eutrofização das águas receptoras (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

Existem diferentes técnicas para remoção de nitrogênio e fósforo. Métodos de filtragem em areia, lagoa de polimento, etc. podem reduzir a quantidade de nitrogênio. O sistema de lodo ativado, se bem projetado, pode também reduzir significante parte do nitrogênio. A remoção de fósforo pode ser feita por precipitação química, usualmente com sais de ferro ou de alumínio (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

A desinfecção das águas residuais tratadas, remove os organismos patogênicos. A desinfecção por cloração contribui significativamente na redução de odores. Um dos processos artificiais de menor custo e elevado grau de eficiência. Existem outros métodos como a ozonização que é bastante dispendiosa a radiação ultravioleta, que não é aplicável a qualquer situação (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012).

3.2.5 A problemática das estações de tratamento de esgoto (ETE’S)

O tratamento convencional de águas residuárias é o mais comum no Brasil, logo, o tratamento avançado que se dá além do convencional, como o próprio nome refere, não é o mais usual pelo custo de implantação e manutenção.

Nas circunstâncias em que se pretende o reúso mais nobre, como o industrial por exemplo, do efluente desse tipo de sistema, torna-se necessário o tratamento adicional através de processos mais avançados, como técnicas de filtração em meios porosos ou através de membranas, com propósito a se obter efluente final com qualidade compatível com o reuso pretendido (PORTO, 2001).

Desse modo, o tratamento convencional não é projetado com características para remover microplástico, logo, devem ser implementadas medidas para adequar esse tratamento para tal objetivo.

Diversos autores apontam as estações de tratamento de águas residuárias como as principais fontes de MPs para as bacias hidrográficas à medida que recebem efluentes domésticos de residências que usam produtos contendo MPs e resíduos de indústrias de fabricação e uso de MPs, tal como, depuradores em produtos de limpeza e cosméticos (KAY *et al.*, 2018). Uma pesquisa realizada no norte da Inglaterra analisou a concentração de microplásticos nos rios à montante e à jusante de seis ETE's e descobriu que havia, em média, três vezes mais microplásticos à jusante em comparação com à montante das ETE's (KAY *et al.*, 2018).

Deve-se considerar que uma das necessidades mais importantes nesta nova área de pesquisa é estudo de MPs em rios, particularmente aqueles que recebem efluentes de ETE's.

3.3 MICROPLÁSTICO

Os microplásticos, MPs, são partículas de plástico, sendo classificados em três classes de acordo com o tamanho que apresentam: MPs grandes (1 a < 5 mm), mesoplásticos (5 a < 25 mm) e macroplásticos (≥ 25 mm), (LEE *et al.*, 2013). Sendo relatados pela primeira vez em 1970, embora o termo "microplásticos" tenha sido usado pela primeira vez no ano de 2004 associado ao tamanho das partículas plásticas (THOMPSON, 2004).

Diante disso, altas concentrações de detritos plástico têm sido cada vez mais recorrentes em rios, lagos, mares e oceanos, o que tem propiciado um grande interesse e preocupação em grupo científico em razão do seu potencial de causar danos à biota por efeito do tamanho reduzido e sua disponibilidade para organismos marinhos (BOUWMEESTER *et al.*, 2015).

As fontes no meio terrestres e nos oceanos de resíduos plásticos são diversas: aterros sanitários mal administrados, transporte fluvial, esgoto não tratado, controle industrial inadequado, descargas de tempestades, detritos levados pelo vento, uso recreativo de áreas costeiras e atividades turísticas, existindo variações regionais (BOUWMEESTER *et al.*, 2015). Os microplásticos estão presentes em todo o meio, encontrados nos 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 de consumo são encontradas em centros populacionais como: garrafas, sacolas de compras e produtos de higiene pessoal, em grande parte de uso único, isto é, descartáveis (BOUWMEESTER *et al.,* 2015; TEOTÔNIO, 2020).

A exposição de macroplásticos a processos degradativos, especificamente, biodegradação (ação por bactérias e fungos), fotodegradação (incidência de radiação ultravioleta), degradação termal (influência da variação entre baixas e altas temperaturas), degradação termo-oxidativa (oxidação em temperaturas moderadas) e hidrólise (reação química com a água), colaboram para a quebra em fragmentos se tornando menor ao longo do tempo até que tornam-se microplástico, tendo potencial a se tornar indetectável a olho nu (ANDRADY, 2017; BROWNE *et al.,* 2007; COLE *et al.,*2011).

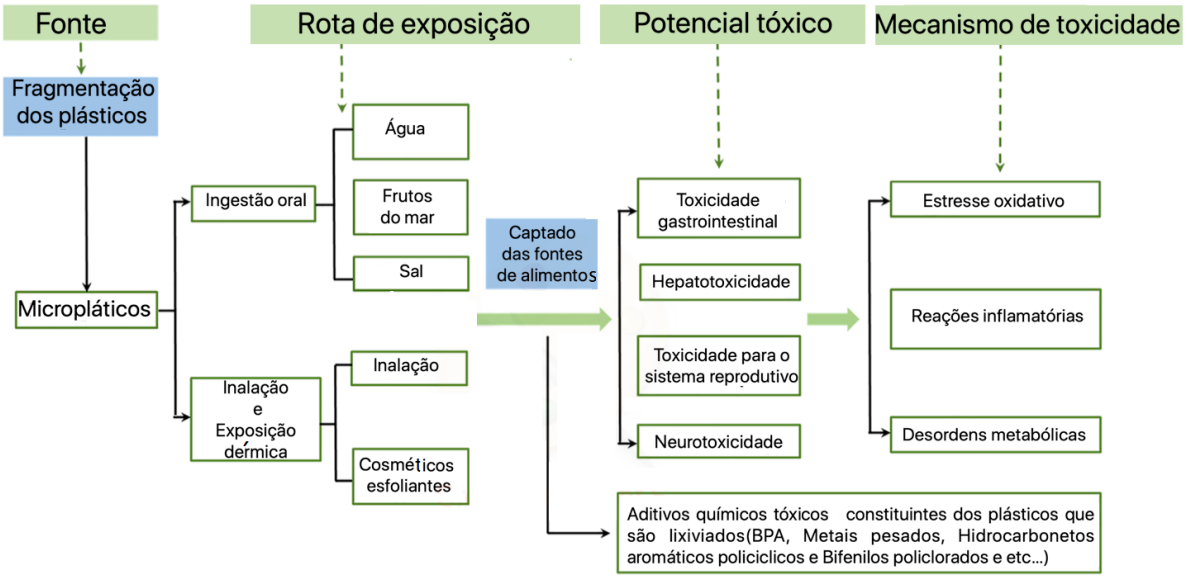
Uma pequena quantidade de radiação absorvida por esses integrantes pode iniciar uma ação que produz o radical hidroxilo ao reagir com o oxigênio, levando a uma foto-oxidação. Por conseguinte, o plástico sofre alteração de suas propriedades físicas, como a perda da resistência à tração, a elasticidade, e assim tornam-se mais frágeis e quebram-se mais facilmente e dessa forma, as partículas podem chegar a tamanhos microscópicos (COLE *et al.,* 2011; HAMMER *et al.,* 2012).

Os cinco principais plásticos encontrados em MPs são termoplásticos: polietileno (PE), polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC), poliestireno (PS) e polietileno tereftalato (PET). Os termoplásticos pós-uso podem ser prontamente reciclados, derretendo-os novamente para formar outros produtos (ANDRADY, 2017).

O impacto ecológico do plástico é evidente, até o momento existem diversas indícios sobre o efeito dos microplásticos e nanoplásticos na saúde humana, uma ameaça que "pode entrar na cadeia alimentar humana por inalação ou ingestão, particularmente de moluscos e crustáceos" (WARING *et al.,* 2018), podendo ocorrer de outras formas como: exposição direta no meio ambiente ou por transferência trófica de microplásticos entre predadores e presas em espécies comestíveis, Figura 1, (TOUSSAINT *et al.,* 2019; WARING *et al.,* 2018).

> Os riscos potenciais para a saúde humana estão focados em sua toxicidade gastrointestinal, toxicidade hepática, reprodutiva toxicidade, neurotoxicidade e a toxicidade conjunta de seus contaminantes adsorvidos, cujos mecanismos poderiam estar envolvidos no estresse oxidativo, inflamatório, distúrbios de reação e metabolismo. (CHANG *et al.,* 2019, p. 3).

Figura 1 - Diferentes rotas de exposição aos microplásticos e possíveis efeitos na saúde humana.



Fonte: Adaptado de CHANG *et al.*, 2019, apud TEOTÔNIO, 2020.

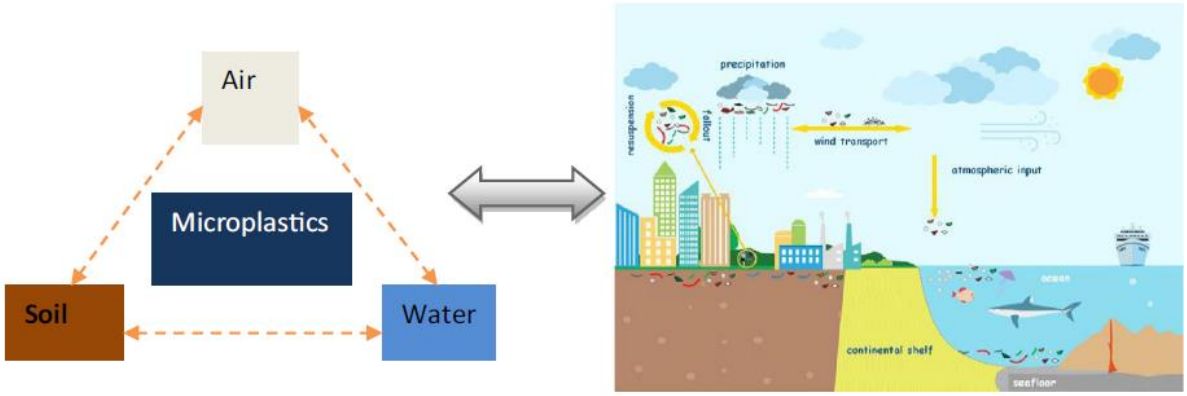
Os microplásticos podem ser ingeridos por muitos organismos devido seu ínfimo tamanho, e inúmeras investigações certificaram a biodisponibilidade de microplásticos em diversos ambientes. Por exemplo, microplásticos encontrados no zooplâncton (DESFORGES *et al*., 2015), mexilhões (LI *et al*., 2018), peixes (LUSHER *et al*., 2013), e em mamíferos (ERIKSSON; BURTON, 2003). Em consequência, o aumento e acúmulo de microplásticos no meio ambiente representa ameaças significativas para todos os organismos, incluindo humanos. Uma pesquisa relata que a exposição alimentar anual dos consumidores europeus de frutos do mar pode chegar a 11.000 microplásticos por ano (CAUWENBERGHE; JANSSEN, 2014).

Além da transferência de microplásticos através das cadeias alimentares, os microplásticos podem ser deslocados para os humanos pelo ar. Em virtude de seu pequeno tamanho e características flutuantes, os SAMPs (microplástico suspenso na atmosfera) são capazes de ser inalados por humanos, colocando em risco a saúde humana (LIU *et al*., 2019).

O risco ecológico é influenciado pela capacidade do ar em transportar MPs em direção a novas áreas contaminando a área por reconcentração. Logo, ecossistemas terrestre e aquático podem ser poluídos por microplásticos via aérea, atuando como fonte de contaminação. Nota-se que pode existir uma interação dinâmica entre microplásticos de diferentes meios, por exemplo, solo ou água se espalhando pelo ar e contaminando ar enquanto MPs aerotransportados na atmosfera podem se depositar no solo ou na água através da superfície de escoamento, lado esquerdo Figura 2, (ENYOH *et al.*, 2019).

Este processo pode envolver microplásticos em um ciclo de contaminação do ecossistema. A ilustração do ciclo de contaminação de microplásticos no ambiente é apresentada no lado direito Figura 2 (LIU *et al*., 2019).

Figura 2 – Ciclo de contaminação de microplásticos.



Fonte: ENYOH *et al.*, 2019 (lado esquerdo); LIU *et al*., 2019 (lado direito).

3.4 CASOS DE OCORRÊNCIA NO BRASIL E NO MUNDO

A seguir apresenta-se tabelas com dados de microplástico provenientes de pesquisas realizadas em países de diferentes continentes (África, América do Sul, Ásia e Europa). Contendo também dados em ecossistema brasileiro. A Tabela 1 dispõe valores mínimos e máximos de partículas microplásticas (item/m³) contidas em amostras realizadas para as mesmas regiões analisadas, isto é, a flutuação desses dados em uma mesma localidade. A Tabela 2, por sua vez, a média de número de partículas presentes nas diversas amostras realizadas para cada uma das áreas estudadas.

Tabela 1 – Resultados encontrados na literatura de quantidade mínima e máxima de microplástico.

Autor(es)	**Valores (item/m³)**	**Localidade**
Strady *et al.* (2020)	0,35 - 2522	21 sítios de amostragem em rios, lagos, baías, praias, Vietnã
Martínez, Silva e Nanny (2020)	0,097 - 0,135	Rio Magdalena, Colômbia
Alfonso *et al.* (2020)	0,9 - 143	Lago salino, Argentina
Ramírez-Álvarez *et al.* (2020)	0,01 - 0,70	Baía Todos Los Santos, México
Dahms *et al.* (2020)	160 - 2080	Riacho urbano, Johanesburgo
Scherer et al. (2020)	0,88 - 13,24	Rio Elbe, Alemanha
Faria et al. (2019)	1 - 31	Rio Cuiabá e planície pantaneira

Fonte: Autoras, 2021.

Tabela 2– Resultados encontrados na literatura de quantidade média de microplástico.

Autor(es)	**Valores (item/m³)**	**Localidade**
Nel *et al.* (2017)	1200 ± 133,2	Porto de Durban, África do Sul
Ta e Babel (2020)	63 ± 12	Estuário do Rio Chao Phraya, Tailândia
Naidoo *et al*. (2015)	15,82 ± 18,54	Porto de Durban no Canal Bayhead, África do Sul
Preston-Whyte *et al.* (2021)	93,07 ± 36,78	Porto de Durban, África do Sul

Fonte: Autoras, 2021.

Os dados são apresentados de forma diversa visto que não existe um padrão estabelecido para estes. Assim como não há padronização de protocolos de amostragem e equipamentos (BARROWS *et al*., 2017; COVERNTON *et al*., 2019). No entanto, instituir um protocolo mundial comum ainda é inviável devido às desigualdades de instalações, recursos financeiros e humanos entre os países (STRADY *et al*. 2020).

3.5 PROCESSOS DE TRATAMENTO VISANDO A REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICO

Sabe-se que a degradação de resíduos plásticos em frações gradativamente menores e o transporte e deposição atmosférica são fontes de microplásticos ao meio aquático. No entanto, neste ressalta-se o significante aporte de microplásticos nas estações de tratamento de águas residuárias, que deve-se aos efluentes domiciliares, oriundos de lavagem de tecidos sintéticos (fibras têxteis) e de produtos de higiene pessoal (TANG *et al.*, 2020). A descarga deste tipo efluente após tratamento convencional implica no lançamento das micropartículas nos corpos hídricos, visto que não são removidas naquele. E assim, consiste em uma forma na qual o microplásticos entram no ambiente de águas superficiais (CHANG, 2015; HARTLINE *et al*., 2016).

Entre as diferentes possíveis tecnologias de tratamento de águas residuais urbanas para a redução de microplásticos no efluente final de uma estação de tratamento, levantou-se o biorreator de membrana (MBR) e filtração rápida em areia (RSF); além de métodos, como

escumação e sedimentação, coagulação, ozonização, lodo ativado convencional e flotação de ar dissolvido, (BUI *et al*., 2020).

Lee e Kim (2018) relatam terem obtido resultados satisfatórios de remoção ao empregar tratamento biológico anaeróbio-anóxico-aeróbio (A2O), composto por bacias anaeróbia, anóxica e aeróbica; reator sequencial em lote (SBR); e processos com mídias biológicas. Os três métodos investigados apresentaram eficiências de tratamento de cerca de 98%.

De modo que na bacia anaeróbica ocorre a liberação de fósforo, na anóxica, a desnitrificação, e na bacia aeróbia ocorrem nitrificação, absorção de fósforo e decomposição da matéria orgânica. Já os processos dos reatores (SBR) tem quatro fases que são: enchimento, reação, sedimentação e decantação. A fase de reação oferece a alternância dos ciclos aeróbicos e anóxicos (Kang *et al*., 2008). O processo de mídia é constituído por uma bacia anaeróbia, anóxica e aeróbia, usando transportador, conforme Korea (2015 *apud* LEE; KIM, 2018).

4. CIENCIOMETRIA

4.1 ESTUDO CIENCIOMÉTRICO

4.1.1 Ciência e sua classificação

Segundo Chauí (2000), ciência, no singular, refere-se a um modo e a um ideal de conhecimento; e ciências, no plural, refere-se às diferentes maneiras de realização do ideal de cientificidade, segundo os diferentes fatos investigados e os diferentes métodos e tecnologias empregados.

A história da ciência pode ser explorada por diferentes perspectivas, dentre as quais a exploração baseada na evolução das teorias em suas respectivas áreas do conhecimento ou, ainda, nos paradigmas que orientam a atividade científica confrontados com o sistema social então vigente, de acordo com Gomes (2018).

O processo de classificação das ciências, por sua vez, deve ser feito de acordo com o próprio desenvolvimento das ciências contemplando toda sua complexidade e dinâmica evolutiva, segundo Oliveira (2016). Neste sentido, conforme Piedade (1977), são feitas as classificações filosóficas, direcionadas para a definição e hierarquização do conhecimento humano.

Como especifica Chauí (2000), cada uma das ciências subdivide-se em ramos específicos, com nova delimitação do objeto e do método de investigação. Por sua vez, os próprios ramos de cada ciência subdividem-se em disciplinas cada vez mais específicas, à medida que seus objetos conduzem a pesquisas cada vez mais detalhadas e especializadas.

Pombo (1998) define que, toda classificação das ciências supõe um agente classificador (um cientista, um epistemólogo, etc); cada classificação das ciências tem por trás um mecanismo classificador realizando as operações necessárias à classificação, obedecendo a exigências de proliferação, de derivação, de linearidade, de regularidade e simetria, de circularidade, de hierarquia ou mesmo de subordinação; e toda classificação das ciências supõe um princípio de classificação exercendo-se sobre um conjunto de elementos finitos.

A primeira classificação sistemática das ciências foi proposta por Aristóteles (384 – 322 a.C.), dividindo em três tipos diferentes: ciências produtivas, que visam a algum tipo de fabricação, ciências práticas, que utilizam o saber para uma ação ou alguma finalidade e ciências teóricas, que buscam o saber independente de alguma finalidade ou utilidade.

E a sistematização do conhecimento de maneira esquemática acontece após o século XV, observa Dahlberg (1979, *apud* SOUSA, 2007). Assim, com pequenas variações, a classificação aristotélica foi mantida até o século XVII, quando ocorreu a Revolução Científica havendo uma separação dos conhecimentos entre conhecimentos filosóficos, científicos e técnicos, segundo Cohen (1985, *apud* OLIVEIRA, 2016).

Das inúmeras classificações propostas, as mais conhecidas e utilizadas foram feitas por filósofos franceses e alemães do século XIX, baseando-se em três critérios: tipo de objeto estudado, tipo de método empregado, tipo de resultado obtido. Desses critérios e da simplificação feita sobre as várias classificações anteriores, resultou aquela que se costuma usar até hoje: ciências matemáticas ou lógico-matemáticas, ciências naturais, ciências humanas ou sociais, e ciências aplicadas.

O Positivismo estabeleceu uma lei de classamento das ciências, segundo a qual a ciência, conjunto de princípios gerais e abstratos relativos a uma ordem específica de fenômenos, é organizada em generalidade decrescente e complexidade crescente. Assim, em uma particularização dos fenômenos estudados, que são cada vez mais específicos; ao mesmo tempo, ocorre um aumento na complexidade destes, isto é, a quantidade de variáveis envolvidas aumenta.

No entanto, o positivismo de Augusto Comte pretendia, segundo Lefebvre (1901-1991), compor um quadro definitivo, escapando de nossa percepção uma separação rígida entre a teoria e a prática, entre a ciência e suas aplicações, entre os diferentes domínios das ciências, aponta Oliveira (2016).

A Cienciometria consistindo em pesquisa quantitativa, centrada na objetividade, pode ser vista como imbuída de positivismo; pois tende a sugerir que a realidade somente é compreendida a partir da análise de dados brutos, obtidos por meio de instrumentos padronizados e neutros, conforme menciona Fonseca (2002, *apud* PARRA; COUTINHO; PESSANO, 2019). No entanto, deve-se ressaltar que esta dedica-se a mensuração e a avaliação da produção científica, ultrapassando o aspecto meramente quantitativo, como observa Hayashi (2013).

4.1.2 História da cienciometria

Há aproximadamente um século, surgiam métricas quantitativas associadas a publicações acadêmicas, originando uma imagem da produtividade e do impacto destas. No princípio eram números como publicações por autor, número de referências e citações, e outros indicadores. A bibliometria iniciava-se como uma área de características quantitativas e leis da informação registrada.

Assim, a ideia de avaliar a literatura remete ao começo do século, entretanto, a criação do Science Citation Index (SCI) em 1963 abriu caminho para todos os que buscavam medir a ciência usando métodos quantitativos e objetivos. Governos de todos os países gradualmente perceberam a necessidade de analisar criticamente suas políticas científicas e tecnológicas (MACIAS, 1998).

Entre os primeiros autores a utilizar o termo cienciometria em uma publicação estão Dobrov e Karennoi, referindo-se à aplicação de métodos quantitativos para o estudo da história da ciência e do progresso tecnológico, Vanti (2002).

Segundo Vanti (2002), depois do Institute for Scientific Information (ISI), banco de dados bibliográficos fundada por Eugene Garfield na Filadélfia (EUA), vender sua base de dados para diferentes instituições, na década de 80, como ferramenta auxiliar na elaboração de políticas científicas, a quantificação da ciência – scientometrics, tem início como área de

interesse acadêmico. Atualmente, a disciplina sendo utilizada para a medição do conhecimento científico.

Cerca de uma década depois disso, a cienciometria se concentraria na medição científica do trabalho dos cientistas, especialmente por meio da análise de suas publicações e das citações dentro delas com a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos ao estudo da literatura científica. A produtividade e o impacto acadêmico seriam assim quantificados. Saracevic e Garfield (2010) apontam que desta forma é feita uma distinção entre bibliometria/cienciometria relacional, mensuração da produtividade e bibliometria/cienciometria avaliativa que mede o impacto.

Existem muitas controvérsias a respeito de onde surgiu o termo Cienciometria, possivelmente na Europa, citam-se na antiga União Soviética, mas a maioria sugere o nome do inglês Derek John de Solla Price como o pai da Cienciometria. Price foi um físico, historiador da ciência e cientista da informação. Para desenvolver sua metodologia, Price apoiou-se nas "propostas de Lotka, Bradford e Zipf para formular suas leis cienciométricas [...] centrando-se, fundamentalmente, na análise da dinâmica da atividade científica, incluindo tanto os produtos quanto os produtores de ciência", Santos e Kobashi (2009).

Conforme Price (1963), o crescimento exponencial da informação científica produziu impactos na análise da enorme quantidade de textos científicos disponíveis, e para tanto é necessário aplicar técnicas estatísticas aos escritos científicos, (PARRA *et al*., 2019). Price (1963) também descreve que não basta estudar as representações teóricas ou metodológicas presentes em alguns estudos de caso e derivar a generalidade, mas sim construir estruturas interligadas dos textos que permitam não só quantificá-los, mas também classificá-los e a partir daí derivar tendências de um conceito, tópico ou disciplina.

Gradualmente, a informetria e a cienciometria foram orientadas para a política científica. Em meio século, essas disciplinas conquistaram seu lugar como instrumentos para medir a ciência tanto nos países industrializados do Ocidente, como no Leste Europeu e em países em desenvolvimento, como a Índia. A Holanda e o Reino Unido foram os primeiros a publicar estudos regulares sobre ciência usando indicadores informétricos e cienciométricos. Grupos de pesquisa nesses países foram pioneiros na construção teórica e na aplicação desses campos (MACIAS, 1998).

Portanto, a Cienciometria como a conhecemos hoje desponta a partir dos anos 60, do cruzamento da documentação científica, da Sociologia da Ciência e da História Social da

Ciência, com a finalidade de investigar a atividade científica como fenômeno humano, social e mediante parâmetros e indicadores baseados em modelos matemáticos (PARRA; COUTINHO; PESSANO, 2019).

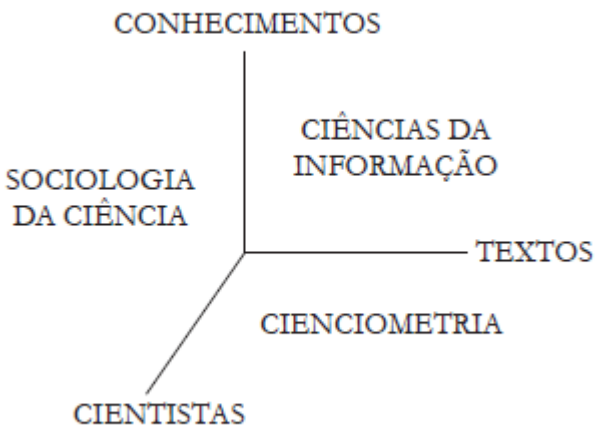
Esta abordagem subsidiou autores como Price (1973), Garfield (1983), Leydesdorff (2001), Callon, Courtial e Penan (2005) na construção de modelos metodológicos para observação do comportamento da ciência e análise de sua evolução em termos relacionadas ao desenvolvimento social e econômico, sobretudo em países desenvolvidos.

Como ressalta Kuhn (1962, *apud* Cuartas, 2013), a ciência não é construída a partir de critérios transcendentais e linear evolucionários, mas mediante saltos paradigmáticos, motivados pelos mesmos movimentos sociais da ciência e as próprias escolhas dos cientistas de acordo com seu contexto de prática.

4.1.3 Cienciometria, o estudo métrico

Cienciometria é o estudo dos aspectos quantitativos da ciência enquanto uma disciplina ou atividade econômica. A cienciometria é um segmento da sociologia da ciência, sendo aplicada no desenvolvimento de políticas científicas, além de ter um relacionamento analítico intrínseco com outras unidades do conhecimento científico como as Ciências da Informação e a Sociologia da Ciência como observa Spinak (1996, *apud* RAZERA, 2016), como elucida a Figura 3. Assim, sobrepõe-se à bibliometria.

Figura 3 - Representação das dimensões analíticas vinculadas à cienciometria.



Fonte: Leydesdorff (apud SPINAK, 1996, p. 50).

Os temas de interesse da cienciometria incluem, entre outros, o desenvolvimento das disciplinas e subdisciplinas, a obsolescência dos paradigmas científicos, a produtividade e criatividade dos pesquisadores, as relações entre o desenvolvimento científico e o crescimento econômico (SPINAK, 1996).

Para Van Raan (1997), a cienciometria se dedica a realizar estudos quantitativos em ciência e tecnologia e a descobrir os laços existentes entre ambas, visando ao avanço do conhecimento e buscando relacionar este com questões sociais e de políticas públicas. A cienciometria teria, portanto, um caráter multidisciplinar no que diz respeito aos métodos que utiliza. Tais métodos provêm tanto das ciências naturais quanto das ciências sociais e comportamentais (estatística e outros métodos matemáticos, modelos sociológicos, pesquisas e métodos psicológicos de entrevista, informática, filosofia da ciência, linguística, etc.), conforme Vanti, (2000).

Além de trazer à luz a estrutura das disciplinas científicas e as conexões entre elas, como aponta Macias (1998), a análise destes dados pela cienciometria oferece informações sobre a orientação e a dinâmica científica de um país, bem como sobre sua participação na ciência e na tecnologia mundial. Análises cooperativas tornam possível identificar redes científicas e revelar os elos entre países, instituições e pesquisadores, assim como permitem conhecer o impacto dos principais programas e organizações.

Assim, de modo geral, como bem define Tague-Sutckiffe (1992), a cienciometria estuda, por meio de indicadores quantitativos, uma determinada disciplina da ciência. Estes indicadores quantitativos são utilizados dentro de uma área do conhecimento, por exemplo, mediante a análise de publicações, com aplicação no desenvolvimento de políticas científicas. Tenta medir os incrementos de produção e produtividade de uma disciplina, de um grupo de pesquisadores de uma área, a fim de delinear o crescimento de determinado ramo do conhecimento.

As análises sociológicas dos indicadores cienciométricos ultrapassam o aspecto meramente quantitativo da produção científica, permitindo “[...] mapear o campo científico e extrair informações úteis para a compreensão de sua estrutura social e intelectual” (HAYASHI, 2013).

4.1.4 Indicadores cienciométricos

Segundo Tague-Sutckiffe (1992), a cienciometria compreende uma determinada disciplina da ciência através de indicadores quantitativos, visando aproveitamento no desenvolvimento de políticas científicas. Vinkler (2006) afirma que análise cienciométrica é multidimensional e requer a análise conjunta de diferentes indicadores, de modo a buscar o crescimento e desenvolvimento de esferas e âmbitos científicos, sendo este o interesse da cienciometria. Assim, a partir dos diversos indicadores existentes, a Cienciometria pode resultar em dados possíveis de serem utilizados desde em políticas públicas até na avaliação da evolução ou estagnação de um específico campo de pesquisa, indicando a necessidade de pesquisa em uma dada área (PARRA; COUTINHO; PESSANO, 2019).

Vinkler (1988) apresenta 46 indicadores simples e compostos, que Spinak (1998) associa e divide em indicadores de publicação, que medem a quantidade e o impacto das publicações científicas, e indicadores de citação, que medem a quantidade e impacto das vinculações entre as publicações científicas. A seguir, apresenta-se os indicadores mais conhecidos e de importância no cenário nacional e/ou internacional: número de trabalhos, índice de citação, fator de impacto, índices de coautoria e cocitação e índice H.

4.1.4.1 Número de artigos

É a quantidade de publicações de um pesquisador, contabilizados pelos trabalhos e pelo tipo de documentos, por exemplo: livros, artigos, publicações científicas, relatórios, etc., (MACIAS-CHAPULA, 1998); que por meio desta produtividade reflete o impacto à comunidade científica. No entanto, nem sempre uma elevada produção acadêmica significa visibilidade e reconhecimento, alertam Oliveira e Grácio (2011).

No presente trabalho, a base de artigos a serem analisados é constituída, restritamente, por artigos publicados em periódicos cadastrados em plataformas científicas digitais. Esta resolução de utilizar apenas artigos baseia-se nas premissas para o uso de periódicos no progresso científico, conforme Vanti (2002 *apud* GOMES, 2018).

4.1.4.2 Índice de citação

Os índices de citação, método proposto por Eugene Garfield, são bases de dados bibliográficas e de citações empregadas no levantamento de indicadores para avaliação do

conhecimento científico, na qual elementos bibliográficos tais como autor, título, palavras-chave, etc., são listados em ordem alfabética (VANTI, 2011).

Este índice fornece o número de citações que um autor obteve para um determinado trabalho, portanto, é aplicado para verificar o reconhecimento que o pesquisador obteve em sua área de conhecimento, uma vez que aponta o impacto dos artigos ou assuntos citados (MACIAS-CHAPULA, 1998).

4.1.4.3 Fator de impacto

Também proposto por Eugene Garfield, este indicador possibilita a comparação e avaliação de diferentes periódicos de uma mesma área do conhecimento. Portanto, tem por finalidade verificar o impacto dos periódicos na comunidade científica (VANTI, 2011).

O fator de impacto estima a média de citações recebidas por artigo publicado por uma revista científica em um determinado período de tempo, geralmente de dois anos. Sendo calculado pela relação entre o número de citações ao periódico em um ano pelos artigos publicados dois anos anteriores e o número de artigos que publicou neste mesmo período. No entanto, ressalta-se que apenas citações de revistas indexadas pela ISI, *Web of Science*, são avaliadas, não sendo aplicadas no cálculo citações de livros e teses.

4.1.4.4 Índices de coautoria e cocitação

Segundo Chapula-Macias (1998), os índices de coautoria refletem o crescimento ou involução da pesquisa colaborativa e assim, o grau de contribuição na ciência em nível nacional e internacional. E a cocitação pode ser utilizada para analisar o desenvolvimento de áreas científicas, pois a análise desta verifica pares de documentos citados conjuntamente, indicando a maneira como dada área do conhecimento se estrutura para os pesquisadores (PIOVEZAN; FUJITA, 2015). Estes índices indicam ainda a regularidade de citações simultâneas entre dois documentos de tema em comum em publicações científicas (SMALL, 1973). Esses índices também utilizam métodos de análise de copropriedade e cocriação para patentes, e coautoria para artigos.

4.1.4.5 Índice H

Proposto por Jorge E. Hirsch (2005), este indicador objetiva avaliar a qualidade do trabalho de um determinado pesquisador através das citações de suas publicações e ainda, verificar o impacto acumulado. O índice-H expressa o número de citações sendo igual ao número de artigos publicados para cada um de seus trabalhos. Assim, um pesquisador com um índice-H de 2 possui dois artigos publicados e indexados que receberam no mínimo duas citações cada (SANTOS *et al.*, 2012). Sendo o valor do índice-H cumulativo, com acréscimo proporcional à quantidade de publicações e citações; este associa conjuntamente quantidade e impacto da pesquisa.

No entanto, Hirsch (2005) ressalta a variação de comportamento do índice-H para as diferentes áreas de conhecimento. No geral, pesquisadores das ciências naturais tendem apresentar índice-H maior do que aqueles que atuantes nas ciências humanas e sociais. Esta discrepância pode ser explicada pelo fato de que as publicações das ciências naturais são realizadas formato de artigos de poucas páginas e, normalmente, possuem muitos coautores, enquanto nas ciências humanas e sociais são publicados artigos mais extensos e até livros, com a participação de menos autores (SANTOS *et al.*, 2012).

5. METODOLOGIA DE PESQUISA

5.1 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PESQUISA

O presente estudo possui cunho descritivo e exploratório, e propõe-se ao levantamento do estado da arte acerca da remoção de microplástico em águas residuárias. No entanto, não trata-se apenas da definição do estado da arte do tema proposto, pois a realizará mediante métodos cienciométricos; o que implica a busca e análise da dinâmica, produtividade e avanços dos estudos acerca do tema objeto de análise neste.

Então, de início, delimitou-se os critérios de pesquisa a serem utilizados para levantamento de trabalhos a serem submetidos à análise cienciométrica neste estudo. Os quais:

5.1.1 Definição do tipo de publicações a serem analisadas

A princípio, definiu-se as plataformas de periódicos a serem empregadas como base de dados no presente trabalho, as quais: Portal de Periódicos da CAPES via Rede Comunidade Acadêmica Federada (CAFe) e o Google Scholar (Google Acadêmico).

E limitou-se os trabalhos a serem analisados, estritamente, aos artigos publicados em periódicos cadastrados nas citadas plataformas científicas digitais. Esta resolução de utilizar apenas artigos baseia-se na premissa de que estas produções são as mais completas para a comunidade científica, conforme Vanti (2002 *apud* GOMES, 2018).

5.1.2 Definição do período de tempo a ser estudado

E ainda, foi definido que seriam contabilizados e analisados apenas os trabalhos publicados recentemente, então estabeleceu-se o período dos últimos cinco anos, isto é, de janeiro de 2015 a dezembro de 2020.

5.1.3 Definição de palavras-chave

Foram eleitas as seguintes palavras chaves para seleção dos artigos: "microplastics", "removal technology", "removal of microplastic", "wastewater treatment".

5.2 INDICADORES CIENCIOMÉTRICOS UTILIZADOS

A partir desta filtragem pelas palavras-chaves nas plataformas efetuou-se a discriminação dos artigos por estrato *Qualis*, pelo fator de impacto, por número de citações, por país, pela editora, quanto ao número de autores, e quanto ao processo de tratamento abordado. Para tanto, aplicou-se os indicadores cienciométricos citados anteriormente: número de trabalhos, índice de citação, fator de impacto e índice H.

6. RESULTADOS

Apresenta-se os resultados obtidos. Da busca pelas palavras-chave nas bases de periódicos, filtrando pelo formato artigo e período de publicação de 2015–2020, obteve-se como resposta 372 publicações na plataforma Periódicos CAPES e 2850 no Google Scholar. Todavia, verificou-se que a maioria dos artigos (24, no total) presentes na plataforma Periódicos CAPES também constavam na do Google Scholar.

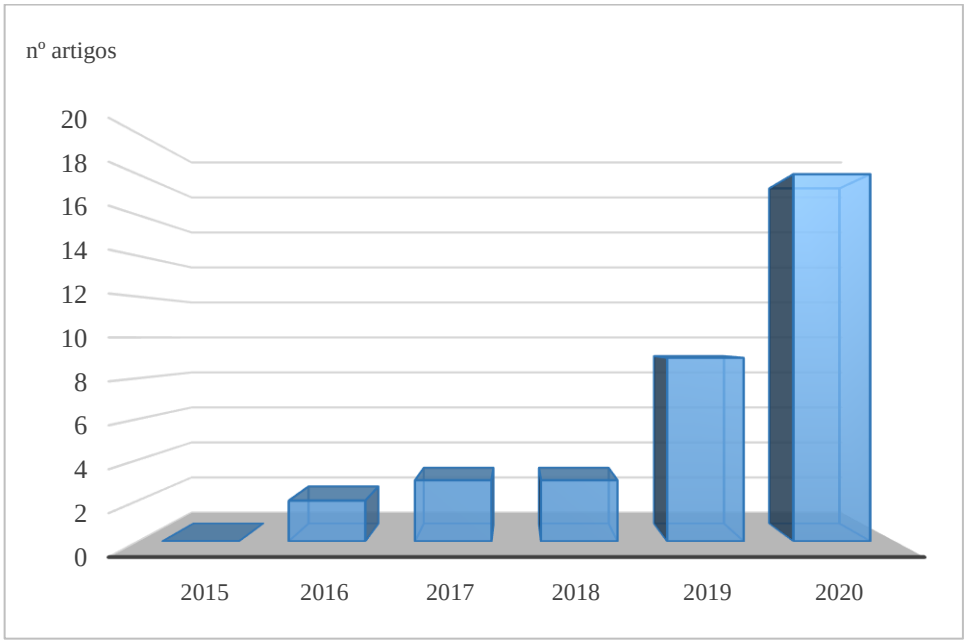
Os resumos destes artigos foram lidos e selecionou-se para estudo aqueles trabalhos que tratavam sobre a remoção de microplásticos de águas residuárias. Assim, apenas 35 da

plataforma Periódicos CAPES e 152 do Google Scholar, totalizando 187 artigos, foram submetidos à análise cienciométrica neste.

O levantamento dos índices cienciométricos destes (acerca de autores, publicações e periódicos) foi realizado mediante a base de dados *Web of Science*.

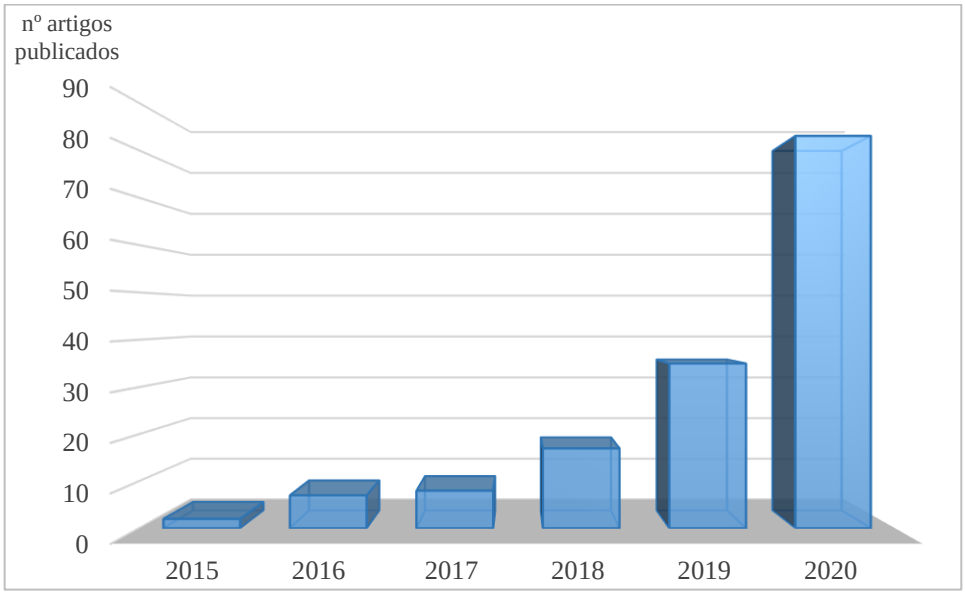
Analisando ainda o número de publicações, observou-se que a problemática do assunto abordado (remoção de microplástico de água residuárias) tem ganhado notoriedade, aumentando sua frequência como objeto de estudo a cada ano, como apresenta os gráficos das Figura 4 e Figura 5 . Ressalta-se que para o ano de 2015 não foi encontrado nenhum trabalho acerca do tema na plataforma Periódicos CAPES.

Figura 4 – Publicações ao longo dos anos contidas no Periódicos CAPES.



Fonte: Autoras, 2021.

Figura 5 – Publicações ao longo dos anos contidas no Google Scholar.



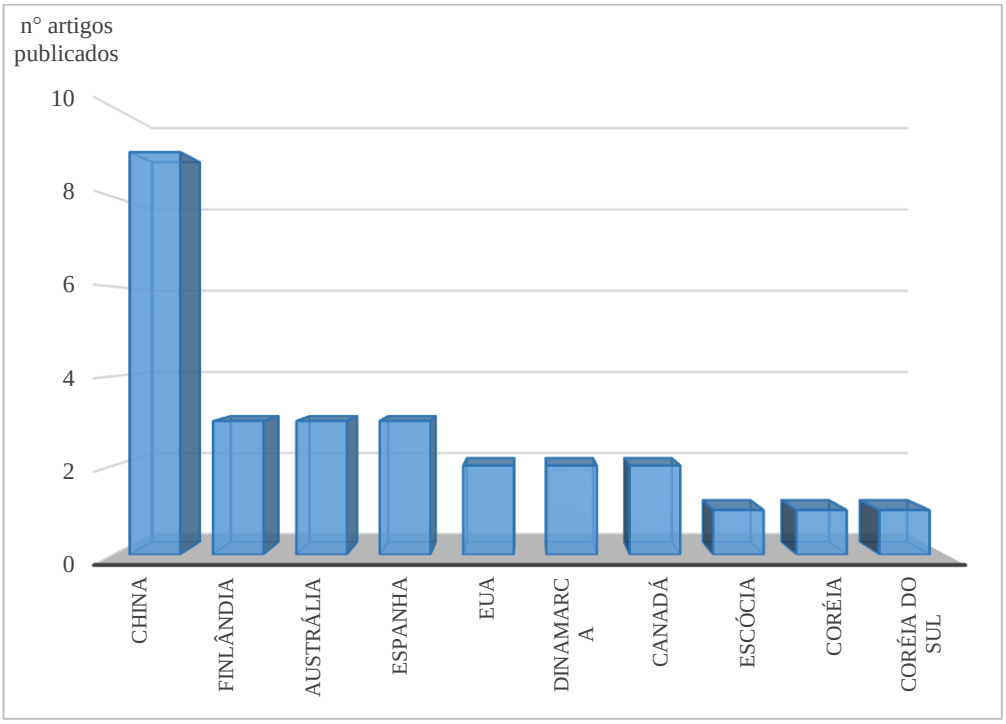
Fonte: Autoras, 2021.

Outro aspecto a ser destacado quanto ao número de publicações é sua correlação com os países de origem; assim sendo possível verificar em que regiões o tema tem sido desenvolvido, em escala global.

Devido à grande quantidade de dados (18 diferentes países para as publicações contidas nos periódicos CAPES e 36 no Google Scholar), organizou-se estes, em ordem decrescente, por número de artigos publicados por país e apresenta-se, nas Figura 6 e Figura 7, apenas os dez primeiros resultados.

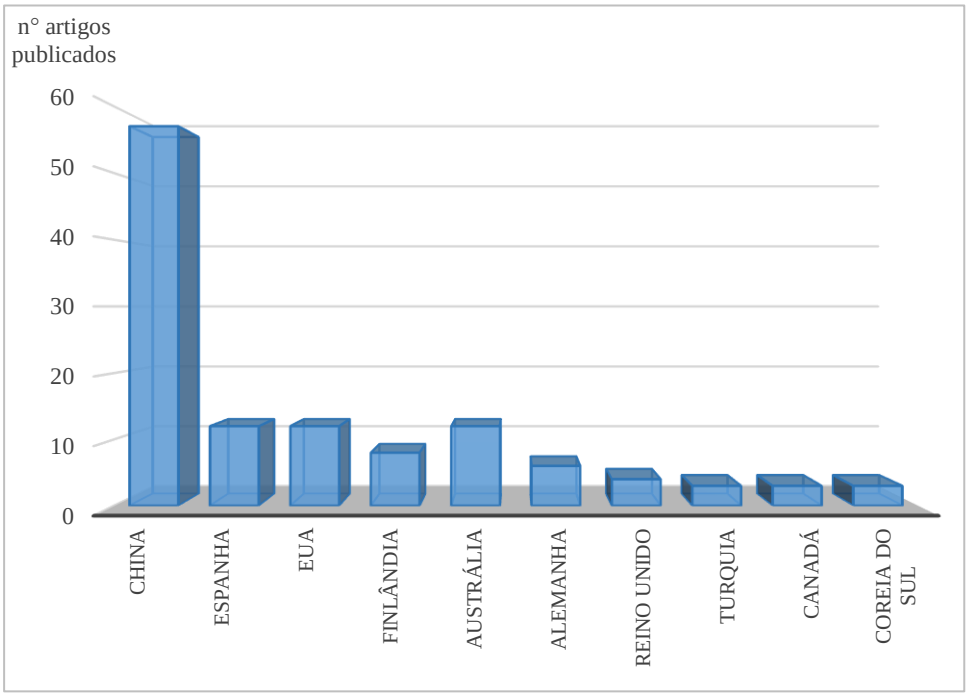
Observou-se, em ambas as plataformas, que os cinco primeiros lugares foram assumidos pelos mesmos países (Austrália, China, Espanha, EUA e Finlândia) porém em ordem diversa, exceto China. Pois também constatou-se que a China manteve-se em primeiro lugar em ambas plataformas, com uma significativa discrepância em relação aos demais países quanto ao número de publicações. Assim, deduz-se um acentuado interesse e desenvolvimento desta temática naquele país.

Figura 6 – Número de publicações por países contidas no Periódicos CAPES.



Fonte: Autoras, 2021.

Figura 7 – Número de publicações por países contidas no Google Scholar



Fonte: Autoras, 2021.

Um ponto de notável relevância para a comunidade científica é o veículo de divulgação de seus trabalhos, isto é, a publicação em periódicos. Dessa forma, os periódicos que publicaram o montante de artigos analisados foram ordenados por número de artigos

publicados de forma decrescente; devido ao volume de dados, a seguir, Tabela 3 e Tabela 4, apresenta-se os dez primeiros lugares.

Observou-se, para os artigos de ambas plataformas, uma significativa discrepância entre o primeiro colocado, Water Research, e os demais. E que a editora Pergamon-Elsevier Science LTD, que publica este e dois outros periódicos entre os dez, somou 19 artigos publicados para o Periódicos CAPES e 43 para o Google Scholar, obtendo assim um patamar expressivamente acima das demais editoras, vide Tabela 4 e Tabela 6.

Tabela 3 – Número de publicações por periódicos contidas na plataforma Periódicos CAPES.

Periódico	**Editora**	**N° artigos**
Water Research	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	11
Environmental Science & Technology	AMER CHEMICAL SOC	2
Environmental Pollution	ELSEVIER SCI LTD	3
Marine Pollution Bulletin	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	4
Chemosphere	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	4
Journal of Cleaner Production	ELSEVIER SCI LTD	1
Chemical Engineering Journal	ELSEVIER SCIENCE SA	2
Science of the Total Environment	ELSEVIER	3
Journal of Hazardous Materials	ELSEVIER	1
Coatings	MDPI	1

Fonte: Autoras, 2021.

Tabela 4 – Número de publicações por editoras contidas na plataforma Periódicos CAPES.

Editora	**N° artigos**
PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	19
AMER CHEMICAL SOC	2
ELSEVIER SCI LTD	4
ELSEVIER SCIENCE SA	2
ELSEVIER	4
MDPI	1

Fonte: Autoras, 2021.

Tabela 5 – Número de publicações por periódicos contidas na plataforma Google Scholar.

Periódico	Editora	n° artigos
WATER RESEARCH	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	22
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	ELSEVIER	21
MARINE POLLUTION BULLETIN	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	14
CHEMOSPHERE	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	7
JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	ELSEVIER	6
WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	IWA PUBLISHING	6
ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	SPRINGER HEIDELBERG	5
ENVIRONMENTAL POLLUTION	ELSEVIER SCI LTD	5
CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	ELSEVIER SCIENCE SA	5
ENVIRONMENTAL SCIENCE-WATER RESEARCH & TECHNOLOGY	ROYAL SOC CHEMISTRY	4

Fonte: Autoras, 2021.

Tabela 6 – Número de publicações por editoras contidas na plataforma Google Scholar.

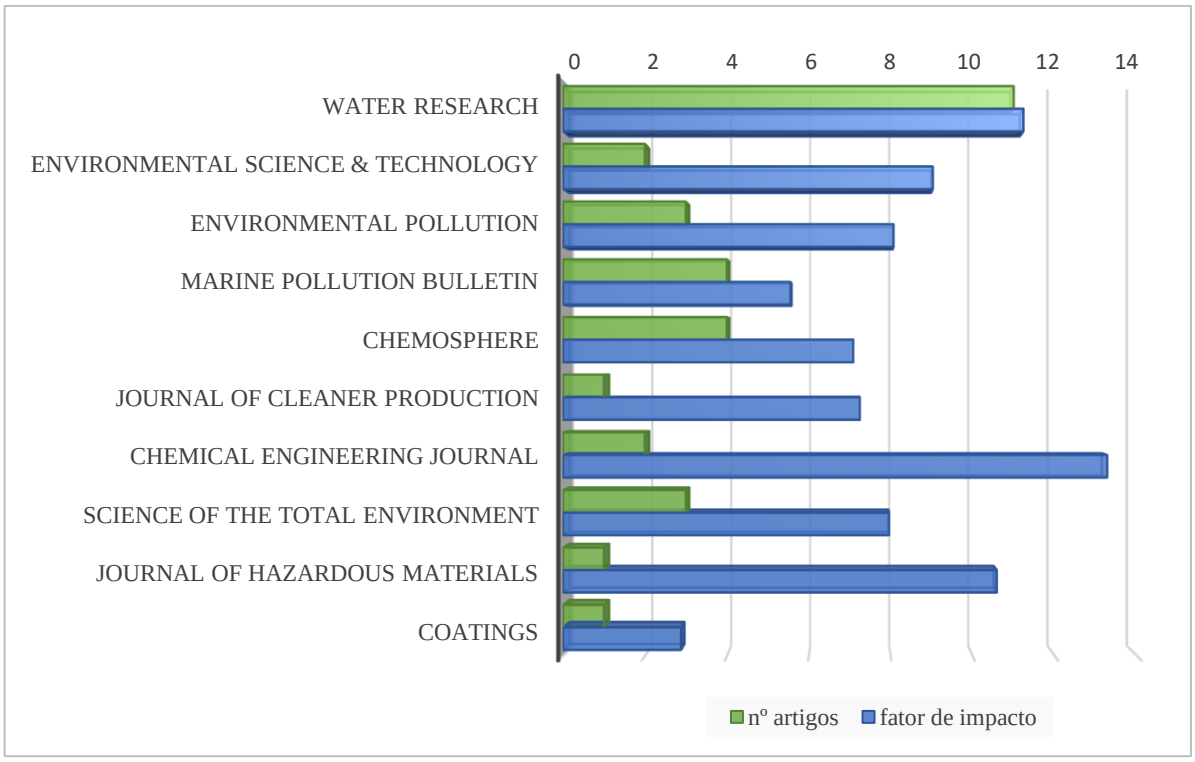
Editora	n° artigos
PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	43
ELSEVIER	27
IWA PUBLISHING	6
SPRINGER HEIDELBERG	5
ELSEVIER SCI LTD	5
ELSEVIER SCIENCE SA	5
ROYAL SOC CHEMISTRY	4

Fonte: Autoras, 2021.

No entanto, para os artigos de ambas plataformas o primeiro colocado não possui o maior fator de impacto dentre todos periódicos, como apresentam os gráficos das Figura 8 e

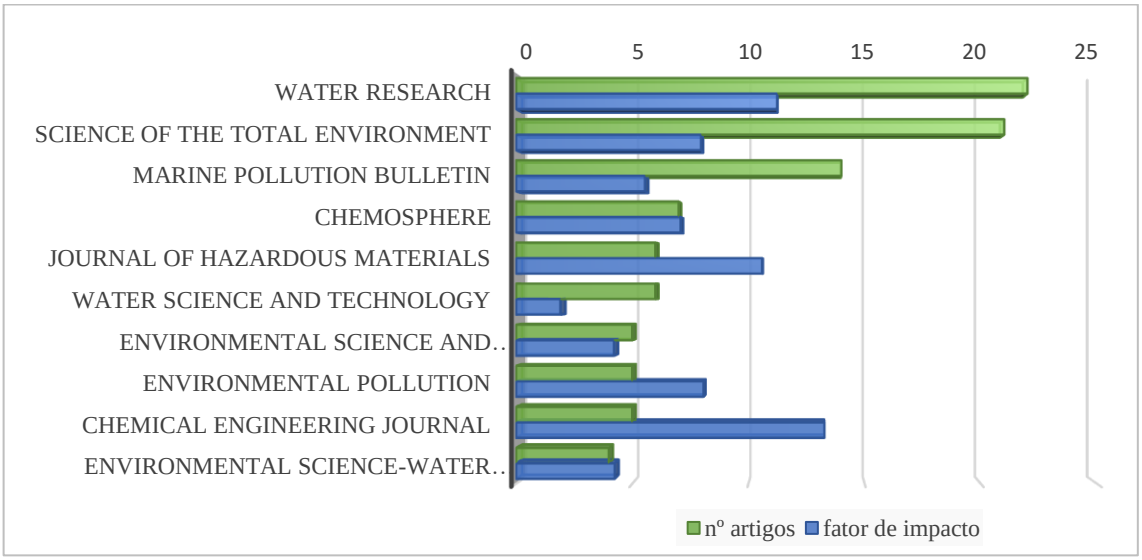
Figura 9. Este indicador cienciométrico que contabiliza em seu cálculo as citações recebidas, é a principal métrica avaliadora de revistas científicas globalmente. Assim, quanto maior o fator de impacto de um periódico, maior relevância ele detém.

Figura 8 – Número de publicações e Fator de impacto por periódico, analisando artigos contidos na plataforma Periódicos CAPES.



Fonte: Autoras, 2021.

Figura 9 – Número de publicações e Fator de impacto por periódico, analisando artigos contidos na plataforma Google Scholar.



Fonte: Autoras, 2021.

No entanto, o fator de impacto é fornecido somente para os periódicos que compõem e foram indexados à coleção da *Web of Science*. Logo, não são contabilizadas as citações de artigos publicados em revistas que não pertencem a citada coleção ou estimado o fator de impacto das mesmas. Assim, periódicos inseridos na coleção *Web of Science* têm privilégios no debate científico, e outras distorções quanto às posições assumidas nesse ranqueamento de revistas, quando comparados aos periódicos ausentes, que em sua maioria são de países periféricos.

Todavia, no Brasil algumas comissões do Qualis Periódicos utilizam este indicador cienciométrico para compor suas avaliações. E avaliando este, obteve-se que todos os periódicos listados nas Tabela 3 e Tabela *5* possuem Estrato *Qualis* A1, exceto Water Science And Technology (B1), Archives of Environmental Contamination and Toxicology (A2) e Coatings (B2). Sendo que as categorias A1 e A2 contempla periódicos de excelência internacional e B1 e B2, abrange os periódicos de excelência nacional.

E ainda, ponderando sobre as citações recebidas pelos artigos, classificou-se estes por índice de citação em ordem decrescente, e pelos motivos já mencionados, apresenta-se os dez artigos com maior número de citação nas Tabela 7 eTabela *8*. Bem como o índice H do autor principal de cada um destes dez artigos. E ainda, verificou-se a média de cinco autores por artigo.

Tabela 7 – Índice de citação e Índice H para artigos contidos na plataforma Periódicos CAPES.

Título	**Autores**	**Índice de citação**	**Índice H**
Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment	Murphy, F.; Ewins, C.; Carbonnier, F.; Quinn, B.	647	15
Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants	Carr, S. A.; Liu, J.; Tesoro, A. G.	574	12
Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics	Ziajahromi, S.; Neale, P. A.; Rintoul, L.; Leusch, F. D. L.	366	7
Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal	Sun, J.; Dai, X.; Wang, Q.; van Loosdrecht, M. C.M.; Ni, B. J.	348	21
Solutions to microplastic pollution - Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies	Talvitie, J.; Mikola, A.; Koistinen, A.; Setala, O.	330	5

Título	Autores	Índice de citação	Índice H
Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology	Lares, M.; Ncibi, M. C.; Sillanpää, M.; Sillanpää, M.	315	2
Quantification of microplastic mass and removal rates at wastewater treatment plants applying Focal Plane Array (FPA)-based Fourier Transform Infrared (FT-IR) imaging	Simon, M.; van Alst, N.; Vollertsen, J.	195	4
Retention of microplastics in a major secondary wastewater treatment plant in Vancouver, Canada	Gies, E. A.; LeNoble, J. L.; Noel, M.; Etemadifar, A.; Bishay, F.; Hall, E. R.; Ross, P. S.	164	9
Review on the occurrence and fate of microplastics in Sewage Treatment Plants	Gatidou, G.; Arvaniti, O. S.; Stasinakis, A. S.	103	24
Removal of microplastics in municipal sewage from China's largest water reclamation plant	Yang, L.; Li, Kuixiao; C., Song; Kang, Y.; An, L.; Lei, K.	101	14

Fonte: Autoras, 2021.

Tabela 8 – Índice de citação e Índice H para artigos contidos na plataforma Google Scholar.

Título	Autores	Índice de citação	Índice H
Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment	Murphy, F.; Ewins, C.; Carbonnier, F.; Quinn, B.	604	15
Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants	Carr, Steve A.; Liu, Jin; Tesoro, Arnold G.	530	12
Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects	Karen Duis, Anja Coors	506	9
Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent	Sherri A.Mason, Danielle Garneau, Rebecca Sutton, Yvonne Chu, Karyn Ehmann, Jason Barnes, Parker Fink, Daniel Papazissimos, Darrin L.Rogers	383	17
Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota	H.A.Leslie, S.H.Brandsma, M.J.M.van Velzen, A.D.Vethaak	352	18
Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics	Ziajahromi, Shima; Neale, Peta A.; Rintoul, Llew; Leusch, Frederic DL	335	7

Título	Autores	Índice de citação	Índice H
Solutions to microplastic pollution - Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies	Talvitie, Julia; Mikola, Anna; Koistinen, Arto; Setala, Outi	302	5
Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology	Lares, Mirka; Ncibi, Mohamed Chaker; Sillanpää, Markus; Sillanpää, Mika	284	2
Microplastics in Sewage Sludge: Effects of Treatment	A. M. Mahon, B. O'Connell, M. G. Healy, I. O'Connor, R. Officer, R. Nash, L. Morrison	275	4
Microplastics in sewage sludge from the wastewater treatment plants in China	Xiaowei Li, Lubei Chen, Qingqing Mei, Bin Dong, Xiaohu Dai, Guoji Ding, Eddy Y. Zeng	271	17

Fonte: Autoras, 2021.

Observou-se para os resultados de ambas plataformas que os artigos com maior número de citações também são os de anos mais antigos, embora dentro do período analisado; e que estes tratam da remoção de microplástico mediante estações de tratamento de esgoto convencionais. Sendo possível notar a relação estabelecida entre o número de citações e o interesse em uma dada área, como aponta GOMES (2018).

Também verificou-se que o índice H é maior para os primeiros colocados, e portanto, seus autores tem maior quantidade de citações a todos seus respectivos trabalhos. Este indicador cienciométrico passou a ser muito utilizado no meio científico, como forma de mensurar a produtividade, porém isoladamente não é suficiente para avaliar autores.

Detalhando mais a análise, as Tabela 9 eTabela *10* apresentam os processos de tratamento abordados pelos dez artigos com maior número de citações, apresentados pelas Tabela 7 e Tabela *8*.

Tabela 9 – Processos de tratamento abordado pelos artigos contidos na plataforma Periódicos CAPES.

Título	Processo de tratamento abordado
Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment	O estudo aborda tratamento secundário - sistema de lodo ativado
Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants	Tratamentos secundário convencional e terciário - microfiltração (utilizando uma pilha montada de peneiras com tamanhos de malha entre 400 e 45 µm)

Título	Processo de tratamento abordado
Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics	Tratamento secundário e terciário (ultrafiltração, osmose reversa e descarbonatação)
Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal	Revisão tratamento primário, secundário e terciário - biorreator de membrana
Solutions to microplastic pollution - Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies	O estudo incluiu biorreator de membrana tratando efluente primário e diferentes tecnologias de tratamento terciário (filtro de disco, filtração rápida em areia e flotação por ar dissolvido) tratando efluente secundário
Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology	Processo convencional de lodo ativado (CAS) e biorreator de membrana em escala piloto (MBR)
Quantification of microplastic mass and removal rates at wastewater treatment plants applying Focal Plane Array (FPA)-based Fourier Transform Infrared (FT-IR) imaging	Remoção biológica de N e P baseada em tecnologias de lodo ativado
Retention of microplastics in a major secondary wastewater treatment plant in Vancouver, Canada	Tratamento secundário - filtro biológico
Review on the occurrence and fate of microplastics in Sewage Treatment Plants	Revisão tratamentos primário e secundário, e terciário - processos de microfiltração
Removal of microplastics in municipal sewage from China's largest water reclamation plant	Tratamento primário e secundário, e terciário - ultrafiltração, ozonização e ultravioleta

Fonte: Autoras, 2021.

Tabela 10 – Processos de tratamento abordado pelos artigos contidos na plataforma Google Scholar.

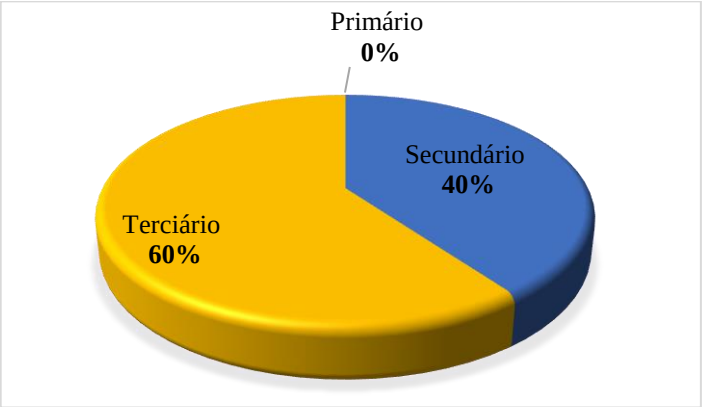
Título	Processo de tratamento abordado
Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment	O estudo aborda tratamento secundário - sistema de lodo ativado
Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants	Tratamentos secundário convencional e terciário - microfiltração (utilizando uma pilha montada de peneiras com tamanhos de malha entre 400 e 45 µm)
Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects	Revisão tratamentos primário, secundário e terciário
Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent	Revisão tratamentos primário, secundário e terciário
Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota	ETARs com tratamento convencional e com uso de biorreator de membrana (MBR)
Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics	Tratamento secundário e terciário - ultrafiltração, osmose reversa e descarbonatação

Título	Processo de tratamento abordado
Solutions to microplastic pollution - Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies	O estudo incluiu biorreator de membrana tratando efluente primário e diferentes tecnologias de tratamento terciário - filtro de disco, filtração rápida em areia e flotação por ar dissolvido, tratando efluente secundário
Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology	Revisão tratamento primário, secundário e terciário - Processo convencional de lodo ativado e biorreator de membrana em escala piloto (MBR)
Microplastics in Sewage Sludge: Effects of Treatment	Tratamento secundário - Processo de tratamento de digestão anaeróbia, secagem térmica ou estabilização de cal

Fonte: Autoras, 2021.

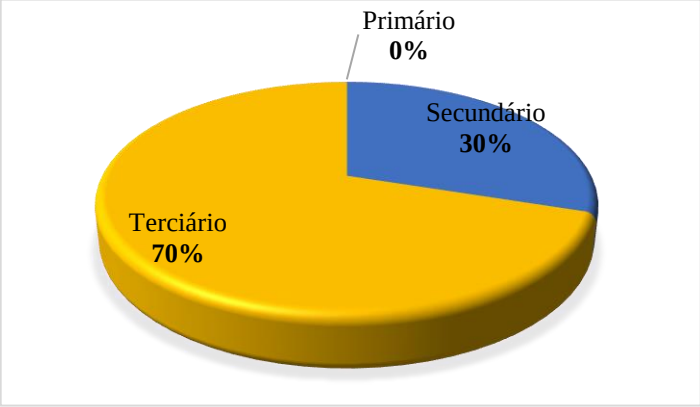
Os resultados anteriores categorizados em primário, secundário e terciário são apresentados pelos termos de porcentagem pelos gráficos, Figura 10 e Figura 11. Verificou-se, em ambas plataformas, que majoritariamente tem sido estudados métodos de tratamento terciário.

Figura 10 – Tipo de processos de tratamento abordado pelos artigos contidos na plataforma Periódicos CAPES



Fonte: Autoras, 2021.

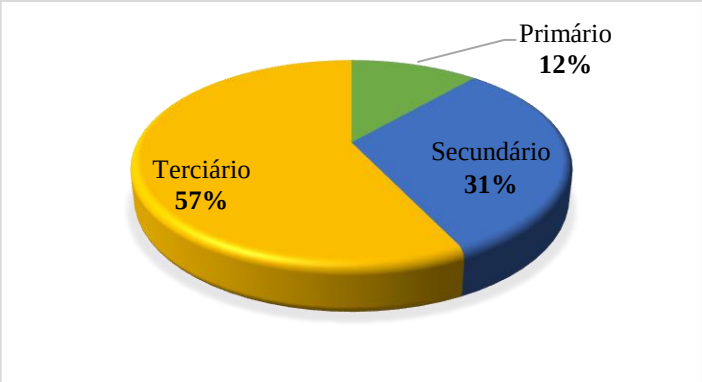
Figura 11 – Tipo de processos de tratamento abordado pelos artigos contidos na plataforma Google Scholar.



Fonte: Autoras, 2021.

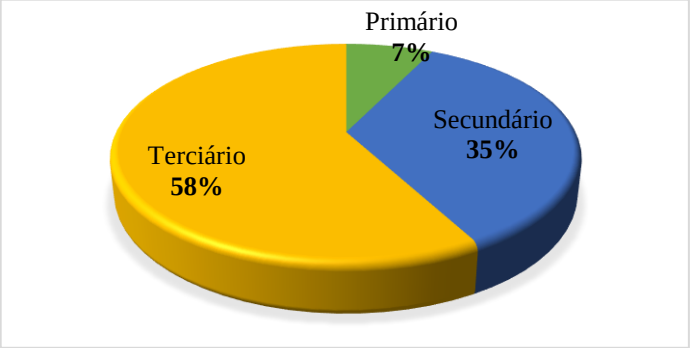
Também analisou-se os resultados do tipo de tratamento abordado para a totalidade de artigos, os mesmos são apresentados pelos gráficos, Figura 12 e Figura 13. E o mesmo foi observado, predominantemente são avaliados métodos de tratamento terciário, nos trabalhos de ambas plataformas.

Figura 12 – Tipo de processos de tratamento abordado pela totalidade de artigos contidos na plataforma Periódicos CAPES.



Fonte: Autoras, 2021.

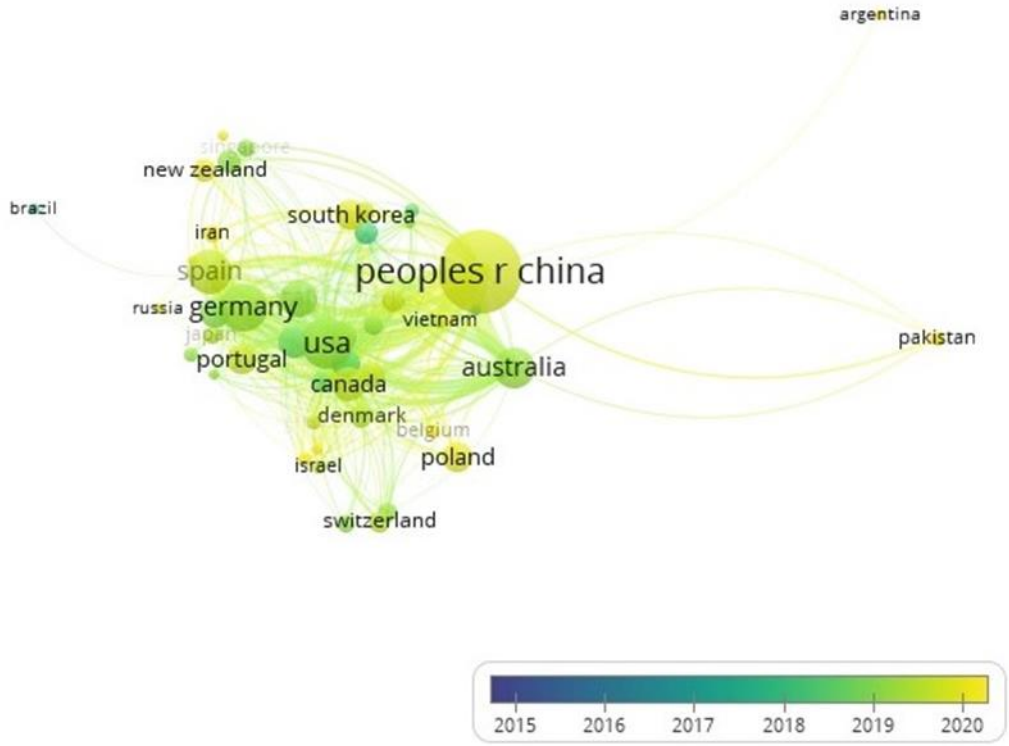
Figura 13 – Tipo de processos de tratamento abordado pela totalidade de artigos contidos na Google Scholar.



Fonte: Autoras, 2021.

Comparando os resultados apresentados com os obtidos em uma busca pelas mesmas palavras utilizadas na plataforma digital da Web of Science, administrada pela Clarivate Analytics, porém em forma de função, a saber: removal of microplastic* OR microplastic* AND removal techonology AND wasterwater treatment; e a resposta desta sendo submetida a tratamento de dados pelo software livre VOSviewer versão 1.6.17, apresentados pelas Figura 14 eFigura *15*, verificou-se compatibilidade entre ambos.

Figura 14 – Quantidade de publicações por países e período de publicação.

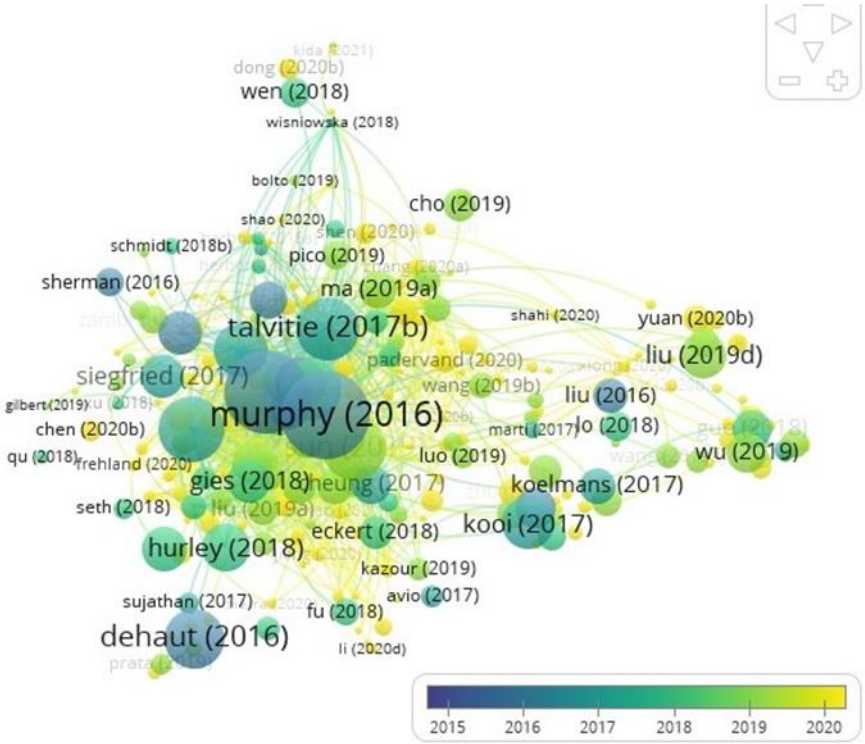


Fonte: Autoras, 2021.

Observou-se que a China é o país com o maior número de publicações e se mostra atuante, isto é, desenvolvendo e publicando trabalhos recentemente, em 2020. E que os países que ficaram entre os dez com mais publicações aparecem também em destaque, todavia, percebe-se a diferença em relação aos demais países quanto a este número. O Brasil aparece nos resultados, com sua pequena contribuição acerca do tema.

A linhas que ligam os países representam as citações entre si, sendo aqueles das esferas maiores dos citados pelos das menores.

Figura 15 – Quantidade de citações por autores e período de publicação.



Fonte: Autoras, 2021.

E ainda, verificou-se que as publicações mais antigas dentro do período analisado têm maior quantidade de citações. Sendo o autor F. Murphy o mais citado, tendo também as publicações mais antigas, como esperado pela análise anterior.

Do mesmo modo, as linhas que conectam os autores representam as citações entre si, sendo aqueles das esferas maiores dos citados pelos das menores.

7. CONCLUSÃO

A progressiva presença de microplásticos em recursos hídricos e os problemas que desencadeiam no meio ambiente e saúde humana tem motivado pesquisadores de todo mundo pela busca por soluções.

Pela busca nas plataformas de periódicos constatou-se que os trabalhos sobre remoção por tratamento secundário embasaram estes últimos. E ainda, que a maioria dos trabalhos acerca de microplástico estão voltados para a quantificação e identificação do tipo de material, tamanho, e outras propriedades destes que influenciam no seu comportamento no meio líquido, e a métodos que possibilitem e facilitem estes processos; com a justificativa de que

esse conhecimento acerca das citadas partículas é fundamental no planejamento do melhor meio de sua remoção.

Através da análise cienciométrica, verificou-se que apesar dos tratamentos secundários implementados em estações de tratamento convencionais mostrarem bons resultados quanto a remoção de microplásticos de águas residuárias, isto é, apresentarem alta eficiência de remoção, uma grande quantidade destes ainda é lançada em corpos d'água. Assim, as estações de tratamento revelaram-se as maiores fontes de microplástico atualmente.

Observou-se também que por este motivo, é crescente a quantidade de pesquisas que avaliam a possibilidade de associar esse tratamento ao do tipo terciário; principalmente, a processos de filtração e microfiltração, mediante filtros de areia, peneiras e membranas. Deste modo, estas são as tendências de pesquisas identificadas.

Não foram identificados resultados quanto ao Brasil na busca nas plataformas, somente no software VOSviewer.

Ressalta-se que para realização desta análise cienciométrica, foram encontradas dificuldades quanto à disponibilidade das publicações, visto que os periódicos restringem e monetizam seu acesso. E que a utilização da plataforma da Web of Science só foi possível mediante a instituição de ensino.

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa e destas últimas constatações sugere-se que a realização de futuras investigações cienciométricas sejam realizadas empregando o supracitado software de modo mais aprofundando.

8. REFERÊNCIAS

ALFONSO, M. B.; ARIAS, A. H.; PICCOLO, M. C. Microplastics integrating the zooplanktonic fraction in a saline lake of Argentina: influence of water management. **Environ. Monit. Assess**. v. 192, p. 1-10, 2020.

ALI, S. A.; BONHOMME, C.; CHEBBO, G. Evaluation of the performance and the predictive capacity of build-up and wash-off models on different temporal scales. **Water**, v. 8, n. 312, p. 1-24, 2016.

ALLEN, S.; ALLEN, D.; PHOENIX, V. R.; ROUX, G. L.; JIMÉNEZ, P. D.; SIMONNEAU, A.; BINET, S.; GALOP, D. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. **Nature Geoscience**, v 12, p. 339-344, 2019.

ANDRADY, A. L. The plastic in microplastics: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 119, n. 1, p.12-22, 2017.

ARAÚJO, M. C. B.; CAVALCANTI, J. S. S.; Dieta indigesta: Milhares de animais marinhos estão consumindo plásticos. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 74-81, 2016.

BAYO, J.; LÓPEZ, J.; OLMOS, S. Membrane bioreactor and rapid sand filtration for the removal of microplastics in an urban wastewater treatment plant. **Boletim de Poluição Marinha**, v. 156, p. 1-9, 2020.

BARROWS, A. P. W.; NEUMANN, C. A; BERGER, M. L.; SHAW, S. D. Grab vs. rede de reboque neuston: uma comparação de desempenho de amostragem de microplástico e possíveis avanços no campo. **Anal Methods**,v. 9, p 1446 – 1453, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução n. 375**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Brasília. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 15/04/2021>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 4 ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p.

BOUWMEESTER, H.; HOLLMAN, P. C. H.; PETERS, R. J. B. Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 15, p. 8932–8947, 2015.

BRAGA, G. M. Informação, ciência, política científica: o pensamento de Derek de Solla Price. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 155-177, 1974.

BROWNE, M. A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. Microplastic-an emerging contaminant of potential concern? **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 3, n. 4, p. 559-561, 2007.

BUI, X. T.; VO, T. D. H.; NGUYEN, P. T.; NGUYEN, V. T.; DAO, T. S.; NGUYEN, P. D. Microplastics pollution in wastewater: characteristics, occurrence and removal technologies. **Environmental Technology & Innovation**, [s. l.], v. 19, 2020.

CAUWENBERGHE, L. V.; JANSSEN, C. R. Microplastics in bivalves cultured for human consumption, Environmental Pollution, v. 193, p. 65-70, 2014.

CHANG, X.; XUE, Y.; LI, J.; ZOU, L.; TANG, M. Potential health impact of environmental micro and nanoplastics pollution. **Journal of Applied Toxicology**, v. 40, n. 1, p. 4-15, 2019.

CHAUÍ, M. **Convite à Filosofia**. 7 ed. São Paulo: Editora Ática, 2000. 567 p.

COLE, M.; LINDEQUE, P.; HALSBAND, C.; GALLOWAY, T. S. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 12, p. 2588-2597, 2011.

COVERNTON, G. A.; PEARCE, C. M.; GURNEY, H. J.; SMITH, S. G.; CHASTAIN, P. S.; ROSS, J. F.; DOWER, S. E.; DUDAS. O tamanho e a forma são importantes: uma análise preliminar da técnica de amostragem de microplásticos em estudos de água do mar com implicações para a avaliação de risco ecológico. **Sci. Total Environ**, v.667, pp. 124 – 132 2019.

CUARTAS, G. V. Sociología de la Ciencia y Cienciometría: una revisión de las teorías subyacentes. **Revista Interamericana de Bibliotecología**, Colombia, v. 36, n. 1, p. 11-24, 2013.

DAHMS, H. T.J.; VAN RENSBURG, G. J.; GREENFIELD, R. The microplastic profile of an urban African stream. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 731, 2020.

DESFORGES, J. P. W.; GALBRAITH, M.; ROSS, P. S. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 69, n. 3, p. 320-330, 2015.

DIA, J, R, L.; PEREIRA, V, A. **Racionalização da Natureza: os embates entre a urbanização e a industrialização das cidades**. 1. ed. Rio de Janeiro: LATEC/UFRJ, 2015. v. 5. 18 p.

ENYOH, C. E.; VERLA, A. W.; VERLA, E. N.; IBE, F. C.; AMAOBIA, C. E. Airborne microplastics: A review study on method for analysis, occurrence, movement and risks, **Springer Nature Switzerland**, v. 191, n. 11, p. 191-668, 2019.

ERIKSEN, M., MASON, S., WILSON, S., BOX, C., ZELLERS, A., EDWARDS, W., FARLEY, H., AMATO, S. Poluição microplástica nas águas superficiais dos Grandes Lagos Laurentianos. **Mar. Pollu**t. Touro. v. 77, p.177-182, 2013.

ERIKSSON, C.; BURTON, H. Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island. **AMBIO**, v. 32, n. 6, p. 380-384, 2003.

ESPINOSA, C.; BELTRÁN, J. M. G.; ESTEBAN, M. A.; CUESTA, A. In vitro effects of virgin microplastics on fish head-kidney leucocyte activities. **Poluição ambiental**, v. 235, p. 30-38, 2018.

FARIA, E.; GIRARD, P.; NARDES, C. S.; MORESCHI, A.; CHRISTO, S. W.; FERREIRA JUNIOR, A. L.; COSTA, M. F. Microplastics pollution in the South American Pantanal. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, [s. l.], v. 3, 2020.

FILHO, J. C. L. S.; ABREU, M. C. S; FERNANDES, R. M. C. Análise da gestão ambiental nas companhias estaduais de saneamento básico. **Revista Alcance**, Bigaçu, v. 15, n 3, p. 322-342, 2008.

GEWERT, B.; PLASSMANN, M. M.; MACLEOD, M. Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. **Environmental Science: Processes and Impact**, Stockholm, n. 17, p. 1513-1521, 2015.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Adv**ances, v.3, p. 1-6, 2017.

GOMES, K.M.F. **Modelagem da poluição difusa em uma bacia de drenagem urbana**. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

GOMES, L. A. F. **Análise cienciométrica sobre aproveitamento da água da chuva em residências.** 2018. 61 f. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, 2018.

GÓMEZ, P. V.; CORNELL, S. E.; FABRES, J. Marine plastic pollution as a planetary boundary threat: the drifting piece in the sustainability puzzle. **Marine Policy**, v. 96, p. 213-220, 2018.

GONÇALVES, R. F; LUDUVICE, M.; VON SPERLING, M. Remoção da umidade de lodos de esgoto. *In*: VON SPERLING, M.; ANDREOLI, C.V.; FERNANDES, F. (Ed.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2001, v. 6, p.159-259.

HAMMER, J.; KRAAK, M. H. S.; PARSONS, J. R. Plastics in the Marine Environment: The Dark Side of a Modern Gift. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 220, p. 1-44, 2012.

HAYASHI, M. C. P. I. Afinidades eletivas entre a cientometria e os estudos sociais da ciência. **Filosofia e Educação**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 57-88, 2013.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. **PNAS**, [s. l.], v. 102, n. 46, p. 69-72, 2005.

INSTITUTO TRATA BRASIL – Manual do saneamento básico: entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica, São Paulo, 2012. Disponível em <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>.

KAY, P.; HISCOE, R.; MOBERLEY, I.; BAJIC, L.; MCKENNA, N.Wastewater treatment plants as a source of microplastics in river catchments. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 20264-20267, 2018.

KUHN, T. S. La estructura de las revoluciones científicas. 1 ed. México: FCE, 1962. 319 p.

LEE, H.; KIM, Y. Treatment characteristics of microplastics at biological sewage treatment facilities in Korea. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 137, p. 1-8, 2018.

LEE, M. J.; KANG, D.; SHIM, W. J. Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 77, p. 349-354, 2013.

LI, J.; GREEN, C.; REYNOLDS, A.; SHI, H.; ROTCHELL, J.M. Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom. **Environmental Pollution**, v. 241, p. 35-44, 2018.

LIU, K.; WANG, X.; FANG, T.; XU, P.; ZHU, L.; LI, D. Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. **Science of the Total Environment**, v. 675, p. 462-471, 2019.

LUSHER, A.; MCHUGH, M.; THOMPSON, R.C. Occurrence ofmicroplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. **Marine Pollution Bulletin**, v. 67, p. 94-99. 2013.

MACIAS-CHAPULA; C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, 1998.

MARTÍNEZ SILVA, P., NANNY, M. A. Impact of microplastic fibers from the degradation of nonwoven synthetic textiles to the Magdalena River Column and River Sediments by the City of Neiva, Huila. **Water**, Colombia, v. 12, 2020.

NAIDOO, T., GLASSOM, D., SMIT, A. J. Plastic pollution in five urban estuaries of KwaZulu-Natal, South Africa. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 101, p. 473–480, 2015.

NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. **Revista Engenharia Sanitaria e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 36-48, março 2005.

NEL, H. A., HEAN, J. W., NOUNDOU, X. S., FRONEMAN, P. W. Do microplastic loads reflect the population demographics along the southern African coastline? **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 115, p. 115–119, 2017.

NETTO, O. V. C.; LAURINDO, F. J. B. Uma análise cienciométrica da literatura de inteligência competitiva. **Production**, [s. l.] v. 25, n. 4, p.764-778, 2015.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**, Campinas, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018.

OLIVEIRA, A. R. E. A classificação das ciências segundo Henri Lefebvre. *In*: IX CONGRESSO EM HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA. 2016, Rio de Janeiro. *Anais*: **Scientiarum Historia IX**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2016. v. 1. Disponível em: <http://www.hcte.ufrj.br/downloads/sh/sh9/SH/trabalhos.html>. Acesso em: 24 mar. 2021.

OLIVEIRA, E. F. T.; GRÁCIO, M. C. C. Indicadores bibliométricos em ciência da informação: análise dos pesquisadores mais produtivos no tema estudos métricos na base Scopus. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.16, n.4, p.16-28, 2011.

PARRA, M. R.; COUTINHO, R. X.; PESSANO, E. F. C. Um breve olhar sobre a cienciometria: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o ensino de ciências. **Revista Contexto & Educação**, [s.l.], v. 34, n. 107, p. 126-141, 2019.

PIEDADE, M. A. R. **Introdução à teoria da classificação**. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1977. 185 p.

PIOVEZAN, L. B.; FUJITA, M. S. L. Análise de cocitação de autores: uma aplicação em estudos de indexação. **Revista da Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação da UFRGS**, [s. l.], v. 21, n. 1, 2015.

POLEDO, C.; MARTINEZ. L. L. G. Sedimentos Urbanos: ambiente e água. **Holos Environment**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2011.

POMBO, O. Da classificação dos seres à classificação dos saberes. **Revista da Biblioteca Nacional de Lisboa**, Lisboa, n. 2, p. 19-33, 1998.

PRESTON-WHYTE, F.; SILBURN, B.; MEAKINS, B.; BAKIR, A.; PILLAY, K.; WORSHIP, M.; PARUK, S.; MDAZUKA, Y.; MOOI, G.; HARMER, R.; DORAN, D.; TOOLEY, F.; MAES, T. Meso- and microplastics monitoring in harbour environments: A case study for the Port of Durban, South Africa. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 163, 2021.

PORTO, T. G.; **Tratamento avançado de esgoto sanitário em sistema sequencial composto por processo biológico anaeróbio, flotação, filtração em areia e em membranas**. 2001. 165 f. Dissertação (Mestrado, Hidráulica e saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PRICE, D. J. D. **Little science, big Science**. New York: Columbia University Press, 1963.

RAMÍREZ-ÁLVAREZA, N.; MENDOZA, L. M. R.; MACÍAS-ZAMORA, J. V.; OREGEL-VÁZQUEZ, L.; ALVAREZ-AGUILAR, A.; HERNÁNDEZ-GUZMÁNA, F. A.; SÁNCHEZ-OSORIO, J. L.; MOORE, C. J.; SILVA-JIMÉNEZ, H.; NAVARRO-OLACHE, L. F. Microplastics: Sources and distribution in surface waters and sediments of Todos Santos Bay, Mexico. **Environment**, [s. l.], v. 703, 2020.

RAZA, A. Microplastics in freshwater systems: a review on its accumulation and effects on fishes. **International Journal of Research and Analytical Reviews**, v. 5, n 4, p. 1-14, 2018.

RAZERA, J. C. C. Contribuições da cienciometria para a área brasileira de Educação em Ciências [editorial]. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 3, p. 557-560, 2016.

REZANIA, S.; PARK, J.; MD DIN, M. F.; MAT TAIB, S.; TALAIEKHOZANI, A.; YADAV, K.; KAMYAB, H. Microplastics pollution in different aquatic environments and biota:A review of recent studies. **Marine Pollution Bulletin**, 2018. v. 133. p. 191-208.

SANTOS, T.M.; OLIVEIRA, B.R.R.; VIANA, B.F.; ARAÚJO, C.G. S. Reflexões sobre a utilização de indicadores cienciométricos. **Motricidade**, [s. l.], v. 8, n. S2, p. 15-22, 2012.

SARACEVIC, T.; GARFIELD, E. **On measuring the publication productivity and citation impact of a scholar: a case study**. *In*: LARSEN, B.; SCHNEIDER, J. W.; ÅSTRÖM, F. (Eds.). The Janus Faced Scholar: a Festschrift in honour of Peter Ingwersen. Copenhagen: Det Informationsvidenskabelige Akademi, 2010. v. 6, p. 185-199.

SCHERER, C.; WEBER, A.; STOCKB, F.; VURUSIC, S.; EGERCI, H.; KOCHLEUS, C.; ARENDT, N.; FOELDI, C.; DIERKES, G.; WAGNER, M.; BRENNHOLT, N.; REIFFERSCHEID, G. Comparative assessment of microplastics in water and sediment of a large European river. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 738, 2020.

SILVA, S. **ETE Goiânia-Go: estudo ambiental e gestão do lodo.** 2017. 124f. Dissertação (Mestrado em tecnologia de processos sustentáveis) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2017.

SMALL, H. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 265-269, 1973.

STRADY, E.; DANG, T. H.; DAO, T. D.; D, DINH, H. M.; DO, T. T. D.; DUONG, T. N.; DUONG, T. T.; HOANG, D. A.; KIEU-LE, T. C.; QUYNH LE, T. P.; MAI, TRINH, D. M.; NGUYEN, Q. A.; TRAN-NGUYEN, Q. A.; TRAN, Q. V.; TRUONG, T. N . S.; B, CHU, V. H.; VO, V. C. Baseline assessment of microplastic concentrations in marine and freshwater environments of a developing Southeast Asian country, Viet Nam. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 162, 2020.

SOUSA, R. T. B. Os princípios da teoria da classificação e o processo de organização de documentos de arquivo. **Arquivo & Administração**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 5-26, 2007.

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**, Berli, v. 24, p. 1405–1416, 2018.

SPINAK, E. Indicadores cienciométricos. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 141-148, 1998.

TA, A. T.; BABEL, S. Microplastics pollution with heavy metals in the aquaculture zone of the Chao Phraya River Estuary, Thailand. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 161, 2020.

TAGUE-SUTCLIFFE, J. An introduction to informetrics. **Information Processing & Management**, [s.l.], v. 28, n. 1, p. 1-3, 1992.

TEOTÔNIO, M. H. R. **Presença de microplástico em águas de torneira no plano piloto uma região administrativa de Brasília**. 2020. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

THOMPSON, R. C.; OLSEN, Y.; MITCHELL, R. P.; DAVIS, A.; ROWLAND, S. J.; JOHN, A. W. G.; MCGONIGLE, D.; RUSSELL, A. E. Lost at sea: where is all the plastic? **Science**, v. 304, p. 304, 2004.

TOUSSAINT, B.; RAFFAEL, B.; ANGERS-LOUSTAU, A.; GILLILAND, D.; KESTENS, V.; PETRILLO, M.; RIO-ECHEVARRIA, I. M.; Van den Eede, G. Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain. **Food Additives & Contaminants**, v. 36, n. 5, p. 639-673, 2019.

VAN RAAN, A. F. J. Scientometrics: state-of-art. **Scientometrics**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 205-218, 1997.

VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 152-162, 2002.

VANTI, N. A. P. A Cientometria revisitada à luz da expansão da ciência, da tecnologia e da inovação**. Ponto de Acesso**, Salvador, v.5, n.3 p. 05-31, 2011.

VINKLER, P. An attempt of surveying and classifying bibliometric indicators for scientometric purposes. **Scientometrics**, [s. l.], v. 13, n. 6, p. 239-259, 1988.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos – Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 2 ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. v. 1, 452 p.

WARING, R. H.; HARRIS, R. M.; MITCHELL, S. C. Plastic contamination of the food chain: A threat to human health?. **Maturitas**, v. 115, p. 64-68, 2018.

ZIAJAHROMI, S.; NEALE, P. A.; LEUSCH, F. D. L. Wastewater treatment plant effluent as a source of microplastics: Review of the fate, chemical interactions and potential risks to aquatic organisms. **Water Research X**, Austrália, v. 3, p. 2253-2269, 2019.