



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS CORRENTE
CURSO: TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

MARIETE DE SOUZA SANTOS

IMPACTO DOS MICROPLÁSTICOS NO MEIO AMBIENTE: ANÁLISE
BIBLIOMÉTRICA

CORRENTE-PI

2024

MARIETE DE SOUZA SANTOS

IMPACTO DOS MICROPLÁSTICOS NO MEIO AMBIENTE: ANÁLISE
BIBLIOMÉTRICA

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como requisito parcial para obtenção
do diploma do Curso de Tecnologia em Gestão
Ambiental do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo da Silva Siqueira.

CORRENTE-PI

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Santos, Mariete de Souza

S237i Impacto dos Microplásticos no meio ambiente : análise
bibliométrica / Mariete de Souza Santos. - 2024.
17 p.: il. color.

Dissertação (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus
Corrente, 2024.

Orientador : Prof Dr. João Paulo da Silva Siqueira.

1. Gestão ambiental - estudo e ensino. 2. Bibliometria. 3.
Microplásticos. 4. Polímeros. I.Título.

CDD - 577

Elaborado por Tefischer Huanderson Soares e Sousa CRB 3/1251

IMPACTO DOS MICROPLÁSTICOS NO MEIO AMBIENTE: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Mariete de Sousa Santos¹

João Paulo da Silva Siqueira²

RESUMO

Atualmente a poluição por microplásticos é uma das preocupações globalmente urgentes como resultado da liberação de produtos plásticos no meio ambiente. A ecotoxicidade dos microplásticos é observada não só em plantas, mas também em animais. Os microplásticos são rapidamente absorvidos pelas espécies aquáticas e transferidos para organismos superiores, como os seres humanos, tornando-se assim uma fonte de preocupação para a saúde humana. Vários estudos comprovaram o potencial dos microplásticos em prejudicar a capacidade de reprodução e causar falência orgânica em peixes. Pensando nos problemas mencionados aos microplásticos e nanoplásticos para o meio ambiente, para a realização da presente pesquisa, utilizou-se uma abordagem bibliométrica na investigação do número de artigos científicos presentes em uma base de dados que armazena e divulga essas produções científicas. O método bibliométrico possibilita a análise de bases de dados de produções científicas por meio de uma abordagem quantitativa, possibilitando analisar o campo temático de forma sistêmica e promover um mapeamento da evolução da temática em estudo. A metodologia da presente pesquisa foi dividida em quatro etapas. Na etapa 1, o design da pesquisa será definido com opções de palavras-chave. Na etapa 2, inicia-se com o acesso à plataforma de dados de artigos científicos e é realizada uma busca utilizando palavras-chave como filtro de busca. Posteriormente, na etapa 3, os metadados gerados na pesquisa serão analisados estatisticamente e, por fim, na etapa 4, os principais resultados serão convertidos em tabelas e gráficos. A presente pesquisa observou que 95 países publicaram artigos científicos sobre o impacto dos microplásticos no meio ambiente durante o período de 2008 a agosto de 2023.

Palavras-chaves: Impactos, bibliometria, meio ambiente e polímeros.

¹ Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Corrente marietesouza64@gmail.com

² Doutor em Engenharia Civil (Recursos Hídricos): área de concentração Saneamento Ambiental – Professor do – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Corrente

ABSTRACT

Currently, microplastic pollution is one of the globally urgent concerns as a result of the release of plastic products into the environment. The ecotoxicity of microplastics is observed not only in plants, but also in animals. Microplastics are rapidly absorbed by aquatic species and transferred to higher organisms such as humans, thus becoming a source of concern for human health. Several studies have proven the potential of microplastics to impair the ability to reproduce and cause organ failure in fish. Thinking about the problems mentioned to microplastics and nanoplastics for the environment, for the accomplishment of the present research, a bibliometric approach was used in the investigation of the number of scientific articles present in a database that stores and disseminates these scientific productions. The bibliometric method enables the analysis of databases of scientific productions through a quantitative approach, making it possible to analyze the thematic field in a systemic way and promote a mapping of the evolution of the theme under study. The methodology of the present research was divided into four stages. In step 1, the search design will be defined with keyword options. In step 2, access to the scientific article data platform begins and a search is carried out using keywords as a search filter. Subsequently, in step 3, the metadata generated in the research will be statistically analyzed, and finally, in step 4, the main results will be converted into tables and graphs. The present research noted that 95 countries published scientific articles on the impact of microplastics on the environment during the period from 2008 to August 2023.

Keywords: Impacts, bibliometrics, environment and polymers.

Data de aprovação:06/03/2024

¹ Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Corrente marietesouza64@gmail.com

² Doutor em Engenharia Civil (Recursos Hídricos): área de concentração Saneamento Ambiental – Professor do – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Corrente

1. INTRODUÇÃO

O termo plástico é utilizado genericamente para definir material polimérico sintético e semissintético de alto peso molecular e plasticidade derivado do petróleo (COSTA et al., 2016). De acordo com Caixeta e colaboradores (2018), a produção e comercialização de plásticos tem se expandido significativamente desde o século XIX e pesquisas multidisciplinares e complexas abordam diferentes perspectivas em decorrência do consumo exagerado de produtos fabricados por esses polímeros, principalmente em relação à grande quantidade de resíduos gerados, que por sua vez nem sempre são reciclados ou reutilizados. Eles são então lançados direta ou indiretamente no meio ambiente, causando uma série de danos, por exemplo, poluição dos recursos hídricos, solo, fauna e flora (COSTA et al., 2016; GEYER et al., 2017; CAIXETA et al., 2018; SHEN et al., 2020; REDDY et al., 2023). Pesquisas recentes mostram que 8,3 milhões de toneladas de plástico foram geradas em todo o mundo desde sua criação.

Estima-se que 9% dessa quantidade tenha sido reciclada (REDDY et al., 2023). Pesquisas estimam ainda que a quantidade de resíduos plásticos em aterros sanitários ou no ambiente natural pode chegar a 12.000 milhões de toneladas métricas até 2050 (GEYER et al., 2017). No entanto, há informações limitadas disponíveis sobre a formação de microplásticos em aterros sanitários e o tempo necessário para concluir a mineração total em CO₂ (CHAMANEE et al., 2023)

(2016), os plásticos podem ser degradados por fatores abióticos ou bióticos, sendo a radiação ultravioleta, a ação mecânica e a hidrólise de fundamental importância na fragmentação. Assim, o processo de degradação gera partículas em micro e nanométricas escalas, por exemplo, que são classificadas em microplásticos e nanoplásticos, respectivamente. (2023) caracterizam os microplásticos como plásticos com tamanho médio inferior a 5 mm e são substâncias não biodegradáveis, acumulativas e altamente persistentes. (2018) propuseram o termo nanoplástico para definir pequenos plásticos, como partículas simples ou na forma de homo e/ou heteroagregados, com dimensões entre 1 nm e 1 µm.

(2021), os microplásticos podem ser classificados como primários e secundários de acordo com sua fonte, ou seja, a origem do microplástico. Microplásticos primários são partículas muito pequenas usadas para fins comerciais. Secundários, por outro lado, são produtos degradados derivados da quebra de plásticos maiores devido à exposição a algumas condições adversas, como a radiação ultravioleta da ação das ondas solares e a abrasão do vento (SHEN et al., 2020).

Microplásticos e nanoplásticos, devido à sua alta área superficial, podem promover uma forte sorção de compostos tóxicos, como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAs), bifenilos policlorados (PCBs) e diclorodifenil tricloroetano (DDTs) (BERGAMI et al., 2017). Atualmente, a poluição por microplásticos e nanoplásticos é uma das preocupações globalmente urgentes como resultado da liberação de produtos plásticos no meio ambiente (THUAN VAN TRAN et al., 2023).

Além disso, produtos químicos tóxicos e perigosos são utilizados durante o processo de fabricação desses polímeros, a fim de melhorar as propriedades dos polímeros e aumentar sua vida útil, esses produtos tóxicos podem ser transportados para as plantas, por exemplo (REDDY et al., 2015; DU, XIE E WANG, 2021). A ecotoxicidade dos microplásticos é observada não só em plantas, mas também em animais. Os microplásticos são rapidamente absorvidos ou incorporados por espécies de níveis tróficos inferiores e transferidos na cadeia por organismos superiores, como os seres humanos, tornando-se assim uma fonte de preocupação para a saúde humana. Diversos estudos comprovaram o potencial dos microplásticos em prejudicar a capacidade de reprodução e causar falência orgânica em peixes (RAINIERI et al., 2018; CHENG, et al., 2021).

Esses microplásticos transportados pelo ar podem causar lesões ou até mesmo a morte por exposição crônica devido às suas propriedades carcinogênicas ou mutagênicas, potencialmente levando ao câncer (ABBASI e TURNER, 2021). Os microplásticos também têm uma influência considerável sobre várias enzimas reguladoras, como catalase, glutational-s-transferase e acetilcolinesterase, que resultam em processos inflamatórios e até neurotóxicos (JAIKUMAR et al., 2019; REDDY et al., 2023).

O Brasil ainda não possui leis que limitem o uso de microplásticos pelas indústrias e não há alternativas para a remoção desses fragmentos por tratamento de água, uma vez que eles já estão presentes nas águas brasileiras, por isso é necessário desenvolver políticas públicas e alternativas sustentáveis para esse problema (LUCIO et al., 2019).

A população mundial apresenta taxas de crescimento, bem como o aumento do consumo, consolidando assim os problemas relacionados ao acúmulo de resíduos sólidos ao meio ambiente e plásticos apresentados acima. No passado, a durabilidade dos materiais plásticos era inicialmente considerada uma característica positiva, mas hoje é um grave problema ambiental e social. Em relação a toda essa abordagem dos nanoplásticos e microplásticos e dos problemas gerados por eles, a pesquisa deve ser realizada e incentivada com a cooperação entre países e entidades de pesquisa. Diante disso, o presente trabalho realizou um levantamento bibliométrico entre pesquisas publicadas sobre a temática dos microplásticos, utilizando o *software* R na interface *do R Studio* e a rotina operacional *bibliometrix*, para avaliar quantitativamente os aspectos da produção científica relacionados ao tema.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para a realização da presente pesquisa, utilizou-se uma abordagem bibliométrica para investigar o número de artigos científicos presentes em uma base de dados que armazena e divulga essas produções científicas. O método bibliométrico possibilita a análise de bases de dados de produções científicas por meio de uma abordagem quantitativa, possibilitando analisar o campo temático de forma sistêmica e promover um mapeamento da evolução da temática em estudo.

2.2. ETAPAS OPERACIONAIS DA PESQUISA BIBLIOMÉTRICA

A metodologia da presente pesquisa foi dividida em quatro etapas e adaptada de Sandri et al (2020). Na etapa 1, o design da pesquisa foi definido com opções de palavras-chave. Na etapa 2, inicia-se com o acesso à plataforma de dados de artigos científicos e é realizada uma busca utilizando palavras-chave como filtro de busca. Posteriormente, na etapa 3, os metadados gerados na pesquisa foi analisado estatisticamente e, por fim, na etapa 4, os principais resultados serão convertidos em tabelas e gráficos.

Os passos metodológicos da presente pesquisa e as atividades realizadas estão ilustrados no fluxograma da Figura 1.

Figura 1: Fluxograma do processo metodológico da abordagem bibliométrica



Adaptado de Sandri et al (2020).

A primeira etapa da pesquisa iniciou-se com uma pergunta: qual o panorama científico do tema dos impactos dos microplásticos no meio ambiente? Nessa perspectiva, pensou-se em palavras-chave para representar essa questão em busca de produções científicas que pudessem descrever a história. Nesse sentido, foram escolhidas palavras-chave como "*Impactos*", "*meio ambiente*" e "*polímeros*".

Na segunda etapa, a busca de artigos na base de dados *Web of Science* (WOS) foi realizada entre 5 e 15 de agosto de 2023, utilizando as palavras-chave citadas acima nos campos título, resumo e palavras-chave. Posteriormente, todos os artigos selecionados foram exportados como extensão de arquivos ". BIB". Esses arquivos foram utilizados para análises posteriores. O ". BIB" incluiu informações sobre os autores, periódicos, títulos e palavras-chave, além de todas as referências utilizadas no estudo, para possibilitar mensurar as citações abordadas nesses estudos. O número de artigos científicos encontrados após a utilização de um filtro de busca com palavras-chave na base de dados utilizada foi de 1860 unidades, às quais foram aplicadas análises bibliométricas.

Para a análise, foi utilizado o software estatístico R em conjunto com o pacote *bibliometrix*, ferramenta especializada para análises bibliométricas. A *bibliometria* foi usada para extrair informações como taxas anuais de publicação, os países mais produtivos (ou seja, países de afiliação dos autores), número de autores e frequência de citações. Após esse procedimento, iniciou-se a Terceira Etapa, com a geração dos dados (*bibliometria*) e elaboração da mensuração dos resultados. A última etapa da presente pesquisa será apresentada no próximo tópico com tabelas, figuras, gráficos e discussões relacionadas aos resultados mais relevantes encontrados (Etapa 4).

Algumas informações foram registradas em tabelas na língua portuguesa. Os elementos fornecidos em inglês pelo pacote de análise de dados, como gráficos e figuras, permanecerão em inglês, uma vez que foram originalmente baixados da *plataforma bibliometrix*.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

De acordo com a análise bibliométrica relacionada às palavras-chave “Impactos”, “ambiente” e “polímeros”, foram encontrados 1859 artigos em 332 periódicos científicos com publicações iniciadas em 2008 (Tabela 1). Durante o período avaliado, observou-se que a taxa de publicação teve um aumento anual de 49,49%, passando do patamar de 1 artigo científico publicado em 2008 para 509 artigos em 2022 (Figura 2), apresentando uma média de 53,1 citações por artigo, abrangendo 6637 pesquisadores em 95 países. Isso indica que a questão dos microplásticos vem ganhando cada vez mais atenção dos pesquisadores, especialmente nos campos da ciência ambiental.

Tabela 1. Resumo dos resultados obtidos na plataforma WOS

Descrição	Resultados
Intervalo de tempo avaliado	2008 – 2023
Jornais (Revistas)	332
Artigos	1859
Taxa de crescimento anual (%)	49,49
Tempo médio de publicação	1,97
Média de citações por documento	53,11
Referências (citações)	55633
Palavras-chave dos autores (DE)	4409
Autores em geral	6637
Artigos de autoria única	26
Países	95

3.2. PRODUÇÃO CIENTÍFICA ANUAL

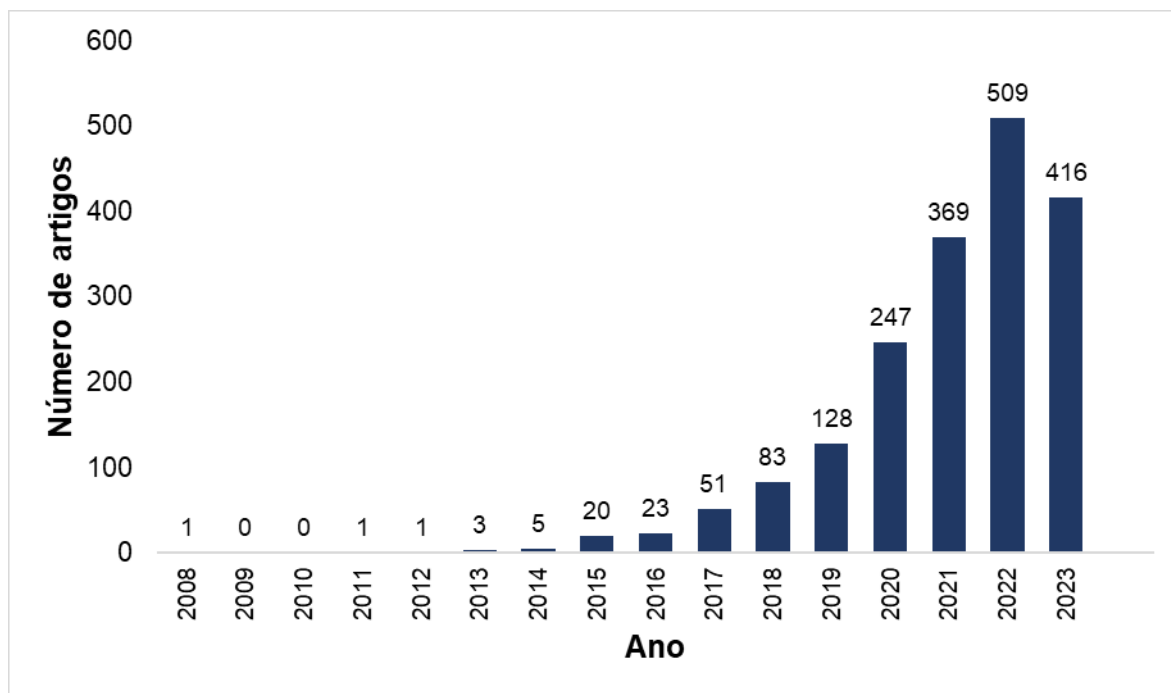
A Figura 2 mostra que a produção científica anual de artigos foi inicialmente baixa, considerando o período de 2008 a 2016, posteriormente o número de artigos sobre os temas pesquisados apresentou crescimento exponencial de 2017 até a presente data, chegando a agosto de 2023 com quase o mesmo número de artigos publicados no ano anterior.

Antes essa abordagem sobre o impacto dos microplásticos no meio ambiente, era muito escasso. Em 1997 ano da descoberta dos primeiros microplásticos na cadeia alimentar marinha por Richard Thompson e colegas da University of Plymouth atrai a atenção para o problema emergente dos microplásticos (Gall & Thompson, 2015).

Em 2004, o estudo seminal de Thompson et al., publicado na revista “Science”, documenta a presença generalizada de microplásticos em ambiente marinho. Conforme foi passando os anos, foi surgindo mais publicações, no ano de 2012 a pesquisa de Mark Browne e colaboradores, publicada na revista “Environmental Science & Technology”, destaca os efeitos adversos dos microplásticos nos organismos marinhos (Browne et al., 2011). No ano de 2016, lançamento do documentário “A Plastic Ocean”, que mostra os impactos devastadores da poluição por microplásticos nos ecossistemas marinhos (Creão, 2019).

microplásticos em produtos de cuidados pessoais, impulsionando a pesquisa sobre alternativas e efeitos ambientais (Pateiro, 2022). E por fim, em 2022, a realização de conferências e fóruns internacionais, como a Conferência Internacional sobre Microplásticos no Meio Ambiente (ICMME), promove a colaboração entre cientistas, ativistas e formuladores de políticas para abordar o problema dos microplásticos (Mello 2023).

Figura 2. Produção científica anual de artigos (2008 - 2023)



3.3. PAÍSES E REGIÕES

A presente pesquisa observou que 95 países publicaram artigos científicos sobre o impacto dos microplásticos no meio ambiente durante o período de 2008 a agosto de 2023 (Tabela 1). A Tabela 2 mostra o *ranking* dos 20 países que mais publicaram. China, país com mais publicações, publicou 539 artigos (29,0% do total), dos quais 390 artigos foram elaborados apenas com autores chineses e 149 artigos foram elaborados em cooperação com autores de outros países.

O segundo país que mais publicou foi o Reino Unido, com 136 artigos no total (7,3% do total), dos quais 82 artigos foram elaborados com pesquisadores do próprio país e 54 artigos foram publicados com colaboração técnica com autores de outros países. Em terceiro lugar estão os EUA, com uma percentagem de publicação aproximadamente semelhante à do Reino Unido: 7% de todos os artigos publicados. Pesquisas revelam que os EUA e o Reino Unido têm estado na vanguarda da publicação de artigos na área dos impactos dos microplásticos no meio ambiente, fornecendo subsídios técnicos e científicos inicialmente para o tema em questão, enquanto a pesquisa chinesa sobre microplásticos tem se desenvolvido rapidamente nos últimos anos (ZHOU, 2022).

O Brasil ocupa o décimo segundo lugar entre os países que mais publicam sobre o tema, com 30 publicações em formato de artigo, 20 artigos publicados apenas por autores brasileiros e 10 artigos com colaboração técnica com outros países. Os países que apresentaram maior colaboração técnica em estudos, pesquisas e publicações envolvendo os impactos dos microplásticos no meio ambiente foram China, Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha, Noruega e Austrália, a interação entre estes e outros países pode ser vista na figura 3.

O Brasil, com base nos artigos estudados, possui colaborações com países que mais publicaram artigos, segundo dados desta pesquisa, como China (4 colaborações), Reino Unido (3 colaborações), Estados Unidos (4 colaborações), Alemanha (4 colaborações), Itália (2 colaborações) e Índia (5 colaborações), no total o Brasil teve interação com 29 países, sendo Bangladesh o país com mais colaborações técnicas com o Brasil. totalizando 7 artigos publicados.

Tabela 2: Listagem dos países que mais publicam

	País	Total de Artigos	Artigos publicados somente com autores do país	Artigos publicados em colaboração com outros países	Frequência das publicações
1	China	539	390	149	29,0%
2	Reino Unido	136	82	54	7,3%
3	Estados Unidos	130	93	37	7,0%
4	Itália	110	73	37	5,9%
5	Índia	91	67	24	4,9%
6	Alemanha	85	55	30	4,6%
7	Coreia do Sul	61	43	18	3,3%
8	Austrália	56	29	27	3,0%
9	Canadá	46	27	19	2,5%
10	Espanha	38	26	12	2,0%
11	França	34	19	15	1,8%
12	Brasil	30	20	10	1,6%
13	Malásia	28	15	13	1,5%
14	Portugal	27	12	15	1,5%
15	Holanda	26	11	15	1,4%
16	Turquia	26	21	5	1,4%
17	Suécia	24	16	8	1,3%
18	Noruega	21	7	14	1,1%
19	Polônia	20	18	2	1,1%
20	Irã	18	5	13	1,0%



Neste mapa, observa-se que a China destacada na cor azul escuro, é o país que mais tem colaboração com outros países, entre eles o Brasil, Austrália, Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha entre outros. E o que identifica essa troca de informações são essas linhas vermelhas. Quanto mais vermelhas é a linha, mais é a colaboração.

3.4. PERIÓDICOS MAIS PRODUTIVOS

Os artigos foram publicados em um total de 332 periódicos diferentes (Tabela 1). A Tabela 3 apresenta um ranking dos 10 periódicos que mais publicaram artigos relacionados aos impactos dos microplásticos no meio ambiente.

A revista *Science of the Total Environment* obteve um percentual de 12,80% do total de artigos publicados, seguida pela revista *Environmental Pollution* com 11,46% do total de artigos e a terceira revista que mais publicou foi a *Marine Pollution Bulletin* com 5,70%.

A Tabela 4 mostra o *ranking* dos periódicos com os artigos mais citados e os três periódicos que mais publicam permaneceram entre os três com mais citações, sendo o *Marine Pollution Bulletin* o periódico mais citado com 13645 citações.

Uma análise bibliométrica realizada por Sorensen e Jovanović (2021) identificou os principais periódicos publicados, como *Marine Pollution Bulletin*, *Environmental Science and Technology*, *Environmental Pollution* e *Marine Environmental Research*. A presente, pesquisa destaca alguns desses periódicos no *Ranking* de maior número de publicações e citações. Isso porque esses periódicos possuem fator de impacto relevante e grande divulgação entros temas mais relevantes presentes nos 1859 artigos científicos avaliados por esta pesquisa apresentados em dois eixos, Relevância do tema (Centralidade) por Densidade (Grau de desenvolvimento do tema) e ainda os divide em quatro quadrantes. A relevância está associada à saturação do tema e o desenvolvimento da produção do tema em artigos científicos e os estudos científicos, sendo atrativos para pesquisas com temas inovadores.

Tabela 3. Ranking dos periódicos que mais publicaram

Classificação	Jornaleiro	Artigos	Porcentagem
1	<i>Ciência do Meio Ambiente Total</i>	238	12,80%
2	<i>Poluição Ambiental</i>	213	11,46%
3	<i>Boletim de Poluição Marinha</i>	106	5,70%
4	<i>Jornal de Materiais Perigosos</i>	99	5,33%
5	<i>Ciência Ambiental e Pesquisa em Poluição</i>	90	4,84%
6	<i>Quimiosfera</i>	78	4,20%
7	<i>Ciência Ambiental e Tecnologia</i>	76	4,09%
8	<i>Pesquisa em Água</i>	33	1,78%
9	<i>Pesquisa Ambiental</i>	30	1,61%
10	<i>Fronteiras da Ciência Ambiental</i>	28	1,51%

Tabela 4. Ranking entre os periódicos com os artigos mais citados

Classificação	Revista	Aspas
1	<i>Boletim de Poluição Marinha</i>	13645
2	<i>Poluição Ambiental</i>	12715
3	<i>Ciência do Meio Ambiente Total</i>	12155
4	<i>Ciência Ambiental e Pesquisa em Poluição</i>	11111
5	<i>Quimiosfera</i>	4035
6	<i>Pesquisa em Água</i>	3522
7	<i>Jornal de Materiais Perigosos</i>	3475
8	<i>Relatórios Científicos -Reino Unido</i>	2599
9	<i>Ciência</i>	2149
10	<i>Ciência Ambiental e Pesquisa em Poluição</i>	1766

3.5. PALAVRAS-CHAVE

Para avaliar as palavras-chave mais utilizadas, foi elaborado um gráfico das palavras mais comuns entre os artigos desta pesquisa. Um total de 4409 palavras-chave estavam presentes em todos os documentos. As 10 principais palavras-chave com maior representação e repetição foram poluição, ambiente marinho, ingestão, detritos plásticos, material particulado, acumulação, sedimentos, impactos, mar e impacto, respectivamente, em ordem crescente (Tabela 5).

A Figura 4 ilustra graficamente a frequência com que o termo foi utilizado como palavra-chave nas diferentes publicações. Quanto maior o tempo da palavra, mais o termo foi utilizado como palavra-chave, e a proximidade entre os termos indica a frequência de dois termos que ocorrem juntos no título do resumo ou na lista de palavras-chave das publicações (SORENSEN; JOVANOVIC, 2021).

A primeira pesquisa relacionada aos microplásticos foi proposta pela primeira vez para explicar o fim do destino dos resíduos plásticos marinhos, enquanto os riscos biológicos dos microplásticos se tornaram um tópico quente de pesquisa nos últimos anos. A toxicidade biológica, a contaminação, os impactos e os efeitos de adsorção com outros poluentes têm atraído mais atenção dos pesquisadores nos últimos anos (ZHOU, 2022), o que corrobora os resultados da presente pesquisa na formulação da nuvem de palavras-chave na Figura 4.

Tabela 5: Classificação de palavras-chave em inglês

Classificação	Palavra-chave	Número de itens
1	<i>Poluição</i>	408
2	<i>Marinho-ambiente</i>	343
3	<i>Ingestão</i>	309
4	<i>Detritos plásticos</i>	268
5	<i>Partículas</i>	265
6	<i>Acumulação</i>	232
7	<i>Sedimentos</i>	220
8	<i>Impactos</i>	197
9	<i>Mar</i>	196
10	<i>Impacto</i>	179

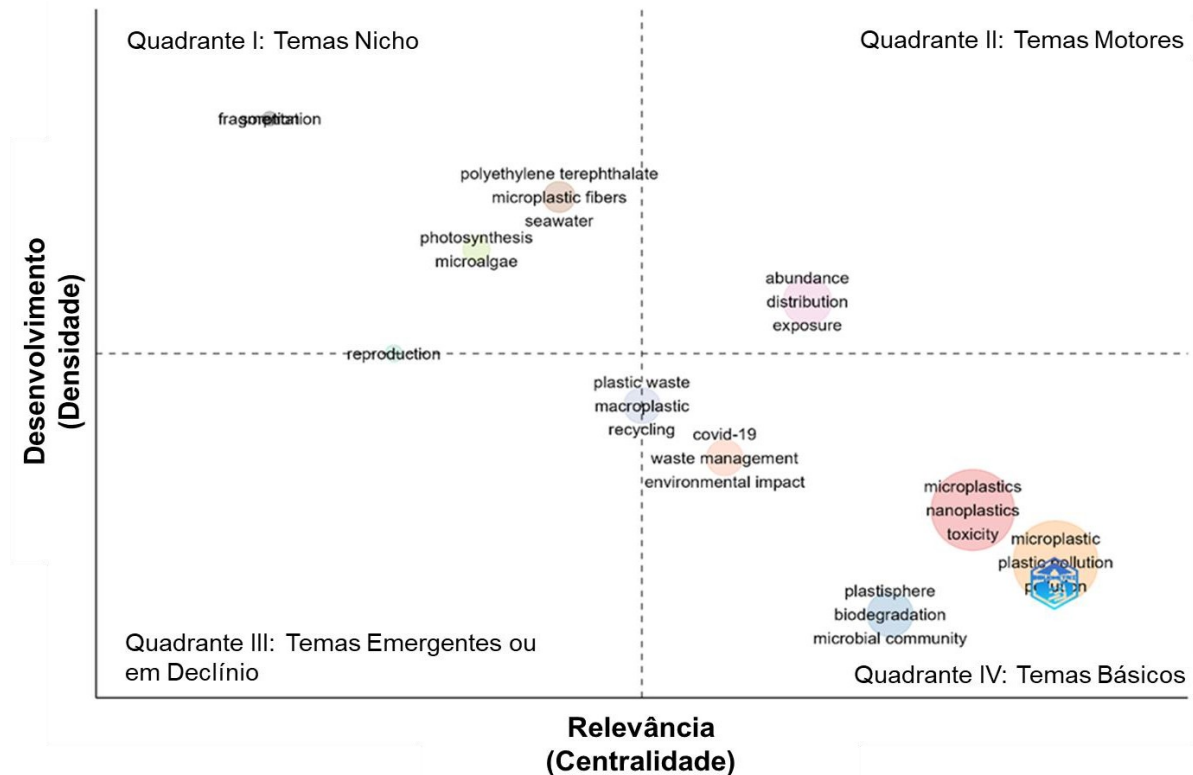
Figura 4. Lista das principais palavras-chave



Ainda na figura 5 ilustra os temas mais relevantes presentes nos 1859 artigos

científicos avaliados por esta pesquisa apresentados em dois eixos, Relevância do tema (Centralidade) por Densidade (Grau de desenvolvimento do tema) e ainda os divide em quatro quadrantes. A relevância está associada à saturação do tema e o desenvolvimento da produção do tema em artigos científicos.

Figura 5. Chamadas dos quadrantes



No quadrante I estão os temas nicho com alta densidade e pouca relevância, são temas em ascensão nos trabalhos recorrentes em artigos científicos, mas com potencial para novas publicações, provavelmente respostas às hipóteses desses temas ainda podem ser exploradas. No quadrante II estão os temas motores com características de alta relevância e densidade, são temas que têm sido amplamente estudados, mas ainda não ultrapassados, ou seja, estão atendendo a demanda por informações sobre a questão dos impactos dos microplásticos no meio ambiente.

No quadrante III estão temas emergentes ou em declínio com baixo desenvolvimento e relevância, neste quadrante estão listados temas com baixo desenvolvimento em artigos científicos e baixa relevância. Por fim, no quadrante IV estão os temas básicos, temas que já são bem discutidos e apresentam baixo desenvolvimento na produção de artigos, ou seja, são temas que entram em estado de saturação.

Diante disso, podemos elencar que temas como Fragmentação, Sorção (absorção e adsorção), fibras microplásticas de polietileno tereftalato e água do mar são temas adequados para pesquisas atuais, pois são temas com potencial de publicação, bem como temas presentes no segundo quadrante, por exemplo, abundância, distribuição e exposição de microplásticos no meio ambiente. Não podemos deixar de mencionar os outros quadrantes também, que tiveram seu papel em contribuir bastante com informações do tema em questão, mesmo estando em declínio ou em estado de saturação, eles tiveram seu potencial em agregar com informações relevantes.

3 CONCLUSÃO

De acordo com a análise bibliométrica levantada na investigação do número de artigos relacionados ao impacto dos microplásticos no meio ambiente, apontam que tem muitos pesquisadores publicando informações muito relevante sobre as questões ambientais relacionada ao tema, e vários países contribuem com informações em formato de trabalhos como artigos, revistas, trazendo grande relevância aos estudos.

Sabemos que o Brasil ainda não tem leis que limitem o uso dos microplásticos pelas indústrias e não há alternativas para remoção desses fragmentos por tratamento de água, uma vez que eles já estão nas águas brasileiras, por isso é necessário desenvolver políticas públicas e alternativas sustentáveis para conter esse problema.

Com base nos artigos estudados, alguns países como a China, Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha, Noruega e Austrália apresentaram maior colaboração técnica em estudos, pesquisas publicações envolvendo os impactos dos microplásticos no meio ambiente. Também estão listados no ranking dos 20 países que mais publicaram artigos científicos, se posiciona a China, Estados Unidos, Reino Unido, deixando o Brasil na décima posição entre os países que mais publicam artigos sobre o tema. No entanto as hipóteses desse tema ainda têm muito a ser estudadas e exploradas.

REFERÊNCIAS

ABBASI S., TURNER A. Exposição humana a microplásticos: um estudo no Irã. **Revista de Materiais Perigosos**, vol. 403: 123799, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123799>.

CAIXETA D. S., CAIXETA F. C., FREDERICO, MENEZES FILHO F. C. M. Nano e microplásticos em ecossistemas: impactos ambientais e efeitos sobre organismos.

Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Saber - Goiânia, vol. 15 n.27; p. 19-34, 2018. CAIXETA, D., CAIXETA, F. C., MENEZES FILHO, F. Nano e microplásticos em ecossistemas: impactos ambientais e efeitos sobre organismos. **Enciclopedia Biosfera**, vol.15, nº27, 2018.

CHAMANEE, GAYATHRI; SEWWANDI, MADUSHIKA; WIJESEKARA, HASINTHA; VITANAGEM, METHTHIKA. Perspectiva global sobre microplásticos em lixiviado de aterro sanitário; Ocorrência, abundância, características e impacto ambiental. **Gestão de resíduos**. vol. 171. p. 10-25, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.08.011>.

CHENG H, FENG Y, DUAN Z, DUAN X, ZHAO S, WANG Y, GONG Z, WANG L. Toxicidades de fibras microplásticas e grânulos no desenvolvimento de embriões de peixe-zebra e seus efeitos combinados com cádmio. **Quimiosfera**, vol. 269:128677, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128677>.

COSTA, J. P. SANTO, P. S. M., DUARTE, A. C.; ROCHA-SANTOS, T. (Nano) plásticos no meio ambiente – Fontes, destinos e efeitos. **Ciência do Ambiente Total**, vol. 1, p. 15-26, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.041>.

DU H., XIE Y., WANG J. Impactos ambientais dos microplásticos nos produtos da pesca: uma visão geral. **Pesquisa Gondwana**, vol. 108, p. 213-220, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.08.013>.

JAIKUMAR G., BRUN N. R., VIJVER M. G., BOSKER T. Toxicidade reprodutiva de

microplásticos primários e secundários a três cladóceros durante exposição crônica. **Poluição Ambiental**, vol. 249, p. 638-646, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.085>.

LUCIO, F. T., MAGNONI, D. M., VICENTINI, V. E. P., & CONTE, H. Disponibilidade e influência dos PMs nos seres vivos e no ambiente: uma revisão. *Conexão CI. Formiga*, Minas Gerais, v. 14, n. 1, p. 47-55, 2019.

MONTAGNER C. C., DIAS M. A., PAIVA M. E., VIDAL C. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química Nova**, vol. 44, nº 10, p. 1328-1352, 2021. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>.

RAINIERI S., CONLLEDO N., LARSEN B.K., GRANBY K., A. Barranco Efeitos combinados de microplásticos e contaminantes químicos na toxicidade orgânica do peixe-zebra (*Danio rerio*) **Pesquisa Ambiental**, vol. 162, p. 135-143, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.12.019>.

REDDY C. N., KALLEMP P., MOUNIKA K. V. S. S. N., MUQEET A., CALEB JOEL RAJ J., AISHWARYA C.V.S., GUPTA, R. K., POLISETTI V., MISHRA B., YADAVALLI R., MANDAL S. K., HEDENQVIST M. S., BANAT F. Revisão da degradação de microplásticos: Entendendo abordagens metagenômicas para organismos degradadores de microplásticos, **Polymer Testing**, vol. 128, p. 1-13, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.108223>.

REDDY C. N., MODESTRA J. A., KUMAR A. N., MOHAN S. V. Waste Remediation Integrating with Value Addition: Biorefinery Approach Towards Sustainable Bio-based Technologies V. Kalia (Ed.), **Microbial Factories**, Springer, Nova Delhi, vol. 1, p. 231–256, 2015. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2598-0_14.

SANDRI EC, KUMASAKA JMVC, CRUZ JAW, CRUZARA G. Avaliação de impacto social: um levantamento bibliométrico. **Revista de Teoria e Prática em Administração**, vol. 11, n. 1, p. 106-122, 2020. <https://doi.org/10.22478/ufpb.2238-104X.2021v11n1.52611>.

SORENSEN, RACHEL M E JOVANOVIĆ BORIS. Do nanoplástico ao microplástico: uma análise bibliométrica sobre a presença de partículas plásticas no ambiente. **Boletim de Poluição Marinha**. vol. 163. 111926, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111926>.

THUAN VAN TRAN, A.A. JALIL, TUNG M. NGUYEN, THUY THI THANH NGUYEN, WALID NABGAN, DUYEN THI CAM NGUYEN. Uma revisão sobre a ocorrência, métodos analíticos e impacto dos microplásticos no meio ambiente, **Toxicologia e Farmacologia Ambiental**, vol. 102, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104248>.

OLIVEIRA, R.; SU C.; LIU W.; WANG T. A questão emergente dos microplásticos no ambiente marinho: uma análise bibliométrica de 2004 a 2020. **Boletim de Poluição Marinha**. vol. 179. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113712> 113712, 2022.