DOI: https://doi.org/10.29327/5448756.1-7

IMPACTOS RELACIONADOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS: O QUE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA NOS INDICA

Thaís Fátima Rodrigues[1]
Jenifer Panizzon[2]
Daniela Müller de Quevedo[3]
Marco Alésio Figueiredo Pereira[4]
Vanusca Dalosto Jahno[5]

HIGHLIGHTS

- A problemática dos resíduos sólidos está presente em todas as regiões do Brasil.
- Diversas bacias hidrográficas são impactadas por resíduos sólidos.
- A destinação e disposição incorreta dos resíduos é a principal causa de contaminação.
- A situação dos lixões é preocupante e promove a degradação dos ecossistemas.

1 Mestre em Qualidade Ambiental. Discente do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale. E-mail: thais.fatimarodrigues@gmail.com

2 Mestre em Qualidade Ambiental. Discente do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale. E-mail: panizzonj@gmail.com

3 Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS. Docente do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale. E-mail: danielamq@feevale.br

4 Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS.

5 Doutora em Medicina e Ciências da Saúde pela PUCRS. Docente do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale. E-mail: vanusca@feevale.br

1. INTRODUÇÃO

O movimento que ocorre a partir da extração da matéria-prima até o eventual descarte é denominado economia linear. Este sistema degrada o ambiente natural e fomenta diversos desafios globais, incluindo as mudanças climáticas e a perda de biodiversidade (Ellen MacArthur Foundation, 2023). Historicamente, a disposição irregular de resíduos sólidos urbanos causa a contaminação de solos, cursos d'água, lençóis freáticos e diversas doenças (Szigethy; Antenor, 2021).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2021), grande parte do volume de água no Brasil ocorre em aquíferos subterrâneos. Além disso, a superfície terrestre capta e escoa a água da chuva, formando rios e córregos, que drenam para uma saída comum em um ponto mais baixo do relevo, denominado de bacia hidrográfica. O território brasileiro, assim como outras partes do globo terrestre, está subdividido naturalmente em diversas bacias hidrográficas.

O objetivo deste estudo foi analisar os impactos dos resíduos sólidos em bacias hidrográficas brasileiras, a partir de uma revisão sistemática da literatura, realizada no período de 2019 a 2023. A avaliação qualitativa e quantitativa foi obtida a partir da revisão e categorização de 28 artigos científicos.

O presente capítulo foi estruturado com uma breve fundamentação teórica, apresentando os dados relativos a atual situação da geração de resíduos sólidos no Brasil, seguido pela metodologia desenvolvida para atingir o objetivo proposto. Os resultados estão apresentados na sequência e, por fim, as conclusões geradas por essa análise.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A intensa geração de resíduos é uma preocupação emergente tendo em vista que, segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – UNEP (2023), cerca de 11,2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos são coletados no mundo por ano. Destes, conforme o *The World Counts* (2023), aproximadamente 24% são relacionados aos resíduos domésticos, corroborando com as estimativas do Banco

Mundial (2022), de que a geração de resíduos sólidos global foi de 2,24 bilhões de toneladas em 2020.

No Brasil, foram gerados 77,1 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos em 2022, que incluem os resíduos domésticos e de limpeza urbana. Dessa forma, cada brasileiro produziu, em média, 1,0 kg de resíduo por dia. O país apresentou um índice de cobertura de coleta de 93%, embora esse dado seja elevado, os 7% restantes correspondem a aproximadamente 5,4 milhões de toneladas de resíduos não coletados e, consequentemente, destinados de forma inadequada. Em relação a disposição final, após a coleta, cerca de 61% foram encaminhados corretamente para aterros sanitários (Abrema, 2023).

É possível observar que há uma grande quantidade de resíduos sólidos ainda sendo destinados de maneira incorreta no meio ambiente ou dispostos em lixões e aterros controlados. A legislação brasileira relacionada à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos foi estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, onde foi definido resíduo sólido como: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Os resíduos sólidos também integram um eixo do Saneamento Básico, sendo este o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, além de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, conforme a Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. A integração entre todos os componentes do Saneamento Básico é importante, especialmente para a conservação dos recursos hídricos.

De acordo com dados do IBGE (2021), a origem da água utilizada para o abastecimento humano, irrigação, dessedentação de animais e todas as atividades industriais e de serviços desenvolvidas em território brasileiro advém, predominantemente, de bacias hidrográficas. O Atlas Águas, elaborado pela Agência Nacional de

Águas e Saneamento Básico – ANA (2021) indica que o abastecimento de cerca de 85% da população urbana depende de mananciais superficiais, os 15% restantes utilizam mananciais subterrâneos.

Recentemente, as informações apresentadas no Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2024), detalham que em 2023 a demanda pelo uso de água foi de 50,5% para a irrigação, 23,9% para o abastecimento urbano, 9,4% para a indústria, 8% para uso animal, 5% para as termelétricas, 1,6% para abastecimento rural e 1,6% para a mineração. A irrigação nos estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Bahia, e o abastecimento urbano, em São Paulo, representam as maiores demandas de retirada de água no país.

Há, ainda, preocupações acerca das secas severas em corpos hídricos naturais, em que metade das bacias hidrográficas brasileiras estiveram abaixo da média histórica em 2023, assim como em 53% das sub-bacias nível 1 e 57% das sub-bacias de nível 2. Por exemplo, a Amazônia abriga 62% da água superficial do Brasil. Em 2022, seus corpos hídricos apresentavam uma área de aproximadamente 15,3 milhões de hectares, ocorrendo uma retração de 3,3 milhões de hectares de superfície de água em 2023 (MAPBIOMAS, 2023). Portanto, torna-se imprescindível o cuidado ao que afeta a qualidade e a quantidade deste recurso indispensável à vida, de forma a garantir sua disponibilidade para as presentes e futuras gerações (IBGE, 2021).

3. METODOLOGIA

O estudo apresentou uma abordagem qualitativa e quantitativa sobre impactos ambientais oriundos da gestão e gerenciamento inadequado de resíduos sólidos. A natureza da pesquisa foi classificada como básica, sendo adotado o procedimento técnico de pesquisa bibliográfica por meio de uma revisão sistemática de literatura. Em relação aos objetivos, a pesquisa foi classificada como descritiva e exploratória (Prodanov; Freitas, 2013).

O levantamento bibliográfico sobre o impacto dos resíduos sólidos em bacias hidrográficas brasileiras foi realizado em todas as bases de dados e coleções da *Web of Science*, com exceção de *preprint citation index*. Os termos utilizados concomitantemente foram *basin* (bacia) e *solid waste* (resíduo sólido), com o operador booleano *and*,

podendo estar no título do artigo, resumo ou palavras-chave, resultando, num primeiro momento, em 3699 estudos.

A busca foi refinada em relação ao tipo de publicação e região, sendo selecionado apenas artigos de pesquisa provenientes do Brasil. Dentre os 164 artigos observados desde 1994, foram selecionados os trabalhos publicados nos últimos cinco anos, entre 2019 e 2023. Após a aplicação desses critérios de inclusão, foram obtidos 77 resultados.

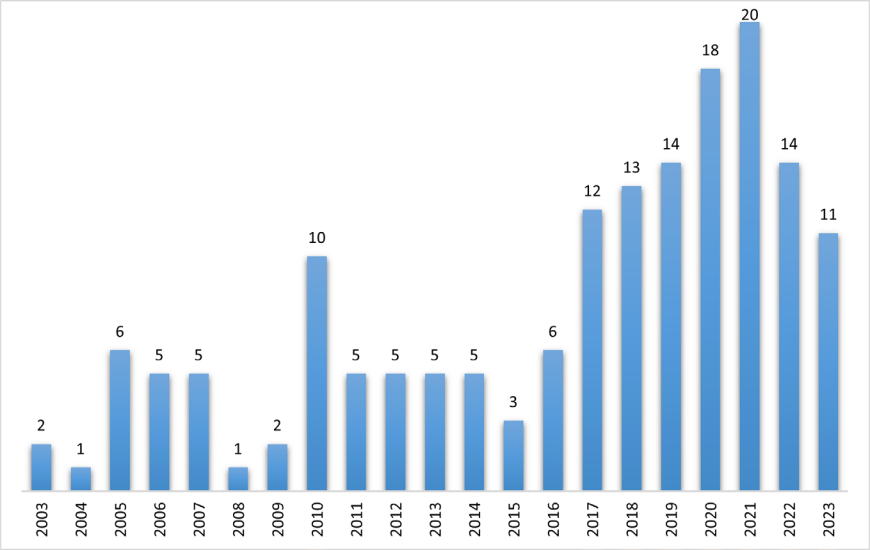
Na sequência, foram definidos os critérios de exclusão a partir da leitura dos resumos, sendo desconsiderados os estudos realizados fora do Brasil; que não utilizaram bacia hidrográfica como referência de localização; que não estavam relacionados aos resíduos sólidos; que realizaram revisões da literatura; e que não estavam disponíveis para acesso ao texto completo. Em decorrência disso, foram selecionados 28 artigos para *download* e análise.

Os trabalhos foram analisados por meio de sete categorias: 1) Título; 2) Nome da Revista; 3) Ano; 4) Palavras-chave; 5) Bacia hidrográfica; 6) Região do Brasil e 7) Resultados em relação aos impactos causados pelos resíduos sólidos ao ambiente.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

Foram publicados 163 artigos relacionados a resíduos sólidos em bacias no período entre 2003 e 2023, conforme a Figura 1, sendo que o intervalo analisado neste estudo representou 47% dos artigos. Ao considerar a publicação da PNRS (Brasil, 2010), não houve um aumento imediato de pesquisas nos anos seguintes, apenas a partir de 2017 até 2021, com novo decréscimo em 2022. Foi observado o maior número de publicações em 2021 (n=20).

Figura 1 – Artigos de origem brasileira, relacionados a resíduos sólidos e bacias, publicados entre 2003 e 2023 na base de dados da Web of Science.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Dentre os artigos selecionados, foram publicados três em 2019, doze em 2020, quatro em 2021, cinco em 2022 e quatro em 2023, totalizando 28 estudos. De acordo com o Quadro 1, a revista com maior número de publicações foi a Engenharia Sanitária e Ambiental, seguida pelo *Environmental Earth Sciences*, com três publicações. Em relação as revistas denominadas Geoambiente On-Line, Revista Formação e *Separation and Purification Technology*, foram observadas duas publicações em cada. Os demais artigos selecionados foram publicados em diferentes revistas.

Quadro 1 – Artigos com seus respectivos autores, títulos, revistas e ano de publicação.

AUTOR	**TÍTULO**	**REVISTA**	**ANO**
Urban, Nakada e Isaac	A system dynamics approach for large-scale water treatment plant sludge management: A case study in Brazil	Journal of Cleaner Production	2023
Rodrigues, Bovério e Galatti	Condições ambientais dos elementos de uma paisagem rural na região mais alta da Bacia Hidrográfica de Taquaritinga, SP, Brasil	Sistemas & Gestão	2023
Zerfass *et al.*	Ediacaran turbidites as geoheritage: Potential of the Itajaí Basin, Southern Brazil	Journal of South American Earth Science	2023
Kieling *et al.*	Development of an epoxy matrix hybrid composite with *Astrocaryum Aculeatum* (Tucumã) endocarp and kaolin from the Amazonas State in Brazil	Polymers	2023
Moura e Lacerda	Mercury sources, emissions, distribution and bioavailability along an estuarine gradient under semiarid conditions in Northeast Brazil	International Journal of Environmental Research and Public Health	2022
Anjinho *et al.*	Analysis of susceptibility to degradation of water ecosystem services as a fool for land use planning: A case study in a small Brazilian Watershed	Environmental Management	2022
Senkiio *et al.*	Multicriteria analysis and logistical grouping method for selecting areas to consortium landflls in Paraiba do Sul River Basin, Brazil	Environmental Earth Sciences	2022
Rodrigues *et al.*	Urban watershed management prioritization using the rapid impact assessment matrix (RIAM-UWMAP), GIS and field survey	Environmental Impact Assessment Review	2022
van Elk *et al.*	Potencial poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas águas da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara – RJ	Engenharia Sanitária e Ambiental	2022
Luz *et al.*	Processing of biomethane for electricity production as a sustainable way to treat municipal organic solid waste: A case study of the Corumbatai River Basin Region	Bioresources	2021
Toyama *et al.*	The artificialization in the sediment profiles of the streams in the Água Branca Basin – Itirapina, São Paulo, Brazil	Journal of Environmental Management	2021
Ferreira *et al.*	Impact of rapid urbanization on stream water quality in the Brazilian Amazon	Environmental Earth Sciences	2021
Fagundes, Oliveira e Nunes	Technogenic deposits and feature in Urban Sub-Basins of Teresina/PI: Identification, classification and spatialization	Revista Formação Online	2021
Maraschin, Ferrari e Carissimi	Acidification and flocculation of sludge from a water treatment plant: New action mechanisms	Separation and Purification Technology	2020

Giacomazzo e Almeida	Estudo do potencial de contaminação do Aterro Controlado do Jóquei Clube, Distrito Federal	Engenharia Sanitária e Ambiental	2020
Silva, Bezerra e Rêgo	Identificação de potenciais fontes de poluição pela disposição de resíduos sólidos na Microbacia do Rio do Encanto/RN	Geoambiente On-Line	2020
Maraschin *et al.*	Aluminum sludge thickening: Novel helical pipes for aggregation by dual flocculation and thickening by filtration applied to water treatment plants	Separation and Purification Technology	2020
Ercoli, Matias e Zago	Urban expansion and erosion processes in an Area of Environmental Protection in Nova Lima, Minas Gerais State, Brazil	Frontiers in Environmental Science	2020
Beraldi e Vazquez	Diagnóstico das matas ciliares urbanas de Votuporanga/SP: Levantamento da vegetação exótica invasora	Geoambiente On-Line	2020
Costa *et al.*	Bioactive compounds and value-added applications of cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) agroindustrial by-product	Food Science and Technology	2020
Dullios *et al.*	An assessment of landfill leachate influences on water quality in the Boi Piguá River Basin (Paraná, Brazil) using the TXRF technique	Environmental Earth Sciences	2020
Costa *et al.*	*Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Decapoda) used to biomonitor mercury contamination in rivers	Archives of Environmental Contamination and Toxicology	2020
Mesquita, Pereira e Neto	Modelagem da drenagem urbana e avaliação das cargas bacteriológicas na Vertente Marítima de Fortaleza, Ceará	Engenharia Sanitária e Ambiental	2020
Bataghin *et al.*	Administração pública municipal e gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde na Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema – MS, Brasil	Revista Formação Online	2020
Moura *et al.*	Developing a plastic waste management program: From River Basins to Urban Beaches (case study)	Journal of Engineering and Technological Sciences	2020
Faustino *et al.*	Removal of iron ore slimes from a highly turbid water by DAF	Environmental Technology	2019
Sobrinho *et al.*	Geração, tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco	Engenharia Sanitária e Ambiental	2019
Filho, Batista e Albuquerque	Levantamento de aspectos físico-químicos das águas da Microbacia do Mindu em Manaus-Amazonas	Revista Geográfica de América Central	2019

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Foram identificadas 128 palavras-chave diferentes utilizadas pelos autores em seus artigos de pesquisa, apresentando maior recorrência o termo “resíduo sólido”, seguido de “aterro”, “bacia”, “degradação” e “qualidade da água”, conforme verificado na nuvem de palavras da Figura 2.

Figura 2 – Representação gráfica em nuvem de palavras-chave dos artigos analisados.

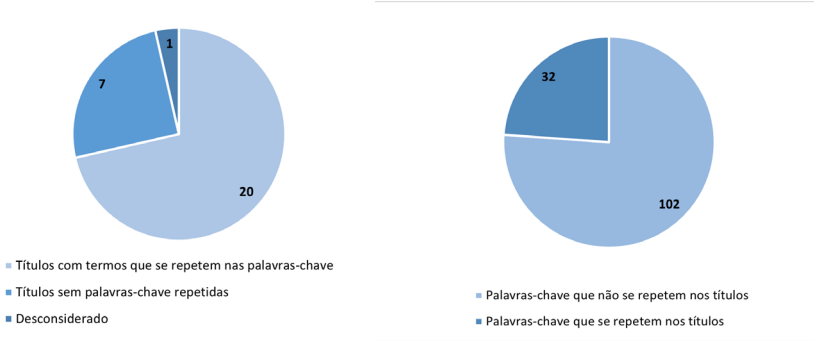


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Foi realizada uma comparação entre as palavras presentes nos títulos e os termos utilizados nas palavras-chave. Dos 28 artigos, um foi desconsiderado pois não apresentava palavras-chave. Então, os títulos que continham termos que se repetiram nas palavras-chave utilizadas representaram 74,1% e os títulos que não continham palavra-chave repetidas corresponderam a 25,9%, conforme a Figura 3a. Do total de palavras-chave analisadas nos 27 artigos, de acordo com a Figura 3b, a maioria (76,1%) não se repetiu nos títulos, ou seja, foram utilizadas palavras ou termos diferentes. Nos demais (23,9%), as mesmas palavras ou termos utilizados nos títulos, constavam também nas palavras-chave.

Segundo a Norma Técnica – NBR 6028 (ABNT, 2021), que normatiza resumos, e a NBR 14.724 (ABNT, 2011), que estabelece os princípios para a elaboração de trabalhos acadêmicos, não há uma obrigatoriedade relacionada a utilização de descritores diferentes ao título, apenas que seja "palavra representativa do conteúdo do documento, escolhida, preferentemente, em vocabulário controlado" (ABNT, 2021). No entanto, palavras variadas relacionadas a pesquisa, tanto abrangentes quanto específicas, podem contribuir com a busca pelo artigo em repositórios científicos.

Figura 3 – Dados referentes aos títulos dos artigos analisados, em relação ao uso de palavras-chave.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

De acordo com a Tabela 1, os estudos foram predominantemente realizados nas bacias hidrográficas da região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo, enquanto a região Centro-Oeste obteve a menor participação entre as publicações. Corroborando com este levantamento, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2022), a região Sudeste permanece com a maior geração de resíduos sólidos, correspondendo a 49,7% da geração do país, por outro lado, o Centro-Oeste representou pouco mais de 7% do total gerado, a menor entre as demais regiões.

Tabela 1 – Regiões brasileiras analisadas pelos autores dos artigos.

REGIÃO	**QUANTIDADE DE ARTIGOS**	
	(n)	(%)
Sudeste	10	36
Nordeste	6	21
Sul	5	18
Norte	5	18
Centro-Oeste	2	7

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Em relação as variadas bacias hidrográficas observadas nos artigos analisados (Quadro 2), apenas as Bacias Amazônica, do Rio São Francisco e do Rio Vacacaí, apresentaram repetições entre os artigos analisados.

Quadro 2 – Levantamento das bacias hidrográficas e regiões.

AUTOR	**BACIA HIDROGRÁFICA**	**REGIÃO**
Urban, Nakada e Isaac (2023)	Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí	Sudeste
Rodrigues, Bovério e Galatti (2023)	Bacia de Taquaritinga	Sudeste
Kieling *et al.* (2023)	Bacia do Rio Negro	Norte
Zerfass *et al.* (2023)	Bacia do Itajaí	Sul
Moura e Lacerda (2022)	Bacia do Rio Jaguaribe	Nordeste
Anjinho *et al.* (2022)	Bacia do Rio Água Quente	Sudeste
Senkiio *et al.* (2022)	Bacia do Paraíba do Sul	Sudeste
Rodrigues *et al.* (2022)	Bacias em Arapongas	Sul
van Elk *et al.* (2022)	Bacia da Baía de Guanabara	Sudeste
Luz *et al.* (2021)	Bacia do Rio Corumbataí	Sudeste
Toyama *et al.* (2021)	Bacia Água Branca	Sudeste
Ferreira *et al.* (2021)	Bacia Amazônica	Norte
Fagundes, Oliveira e Nunes (2021)	Bacia do Rio Poti	Nordeste
Maraschin, Ferrari e Carissimi (2020)	Bacia do Rio Vacacaí	Sul
Giacomazzo e Almeida (2020)	Bacia do Lago Paranoá	Centro-Oeste
Silva, Bezerra e Rêgo (2020)	Bacia Apodi-Mossoró	Nordeste
Maraschin *et al.* (2020)	Bacia do Rio Vacacaí	Sul
Ercoli, Matias e Zago (2020)	Bacia do São Francisco	Sudeste
Beraldi e Vazquez (2020)	Bacia Turvo/Grande	Sudeste
Costa *et al.* (2020)	Bacia Amazônica	Norte
Dullios *et al.* (2020)	Bacia do Rio Boi Piguá	Sul
Costa *et al.* (2020)	Bacia do Rio Guamá	Norte
Mesquita, Pereira e Neto (2020)	Bacia da Vertente Marítima	Nordeste
Bataghin *et al.* (2020)	Bacia do Rio Ivinhema	Centro-Oeste
Moura *et al.* (2020)	Rio Capibaribe	Nordeste
Faustino *et al.* (2019)	Bacia do Rio Doce	Sudeste
Sobrinho *et al.* (2019)	Bacia do Rio São Francisco	Nordeste
Filho, Batista e Albuquerque (2019)	Bacia do São Raimundo	Norte

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Por fim, a categorização dos resultados obtidos pelos artigos analisados foi realizada e apresentada no Quadro 3, indicando os impactos dos resíduos sólidos nas bacias hidrográficas e demais assuntos relacionados.

Quadro 3 – Impactos dos resíduos sólidos nas bacias hidrográficas

AUTOR	**IMPACTOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS**
Urban, Nakada e Isaac (2023)	Lodo gerado em estação de tratamento de água disposto em aterro pode contaminar solo e águas subterrâneas
Rodrigues, Bovério e Galatti (2023)	Área entorno de aterro controlado apresenta risco de contaminação do lençol freático e aquífero Bauru
Kieling *et al.* (2023)	Resíduos de Tucumã podem ser descartados indevidamente
Zerfass *et al.* (2023)	Patrimônio geológico (geossítios) impactado com resíduos deixados por visitantes
Moura e Lacerda (2022)	Disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos foi a principal fonte de mercúrio do estuário
Anjinho *et al.* (2022)	Disposição inadequada de resíduos sólidos associada a degradação hídrica da bacia
Senkiio *et al.* (2022)	69% das áreas da bacia são inadequadas para implementação de aterro sanitário
Rodrigues *et al.* (2022)	Resíduos sólidos localizados em áreas urbanas das bacias
van Elk *et al.* (2022)	Lixiviado de aterros controlados e lixões descartados em corpos hídricos
Luz *et al.* (2021)	Resíduos orgânicos tratados por compostagem e biometanização
Toyama *et al.* (2021)	Presença de microplásticos causando artificialização do sedimento e sendo consumidos por invertebrados e peixes
Ferreira *et al.* (2021)	Resíduos domésticos destinados em locais inadequados alteram a qualidade da água
Fagundes, Oliveira e Nunes (2021)	Descarte de resíduos domésticos às margens de riachos e lagoas
Maraschin, Ferrari e Carissimi (2020)	Desidratação eficaz de lodo gerado em estação de tratamento de água, reduzindo o volume para descarte
Giacomazzo e Almeida (2020)	Exposição de resíduos sólidos e contaminação de chorume na atmosfera e lençol freático
Silva, Bezerra e Rêgo (2020)	Disposição de resíduos sólidos urbanos em lixões impactando solo, recursos hídricos e o ecossistema local
Maraschin *et al.* (2020)	Tratamento de lodo gerado em estação de tratamento de água para classificá-lo como resíduo sólido
Ercoli, Matias e Zago (2020)	Descarte inadequado de resíduos de construção em áreas de proteção ambiental
Beraldi e Vazquez (2020)	Descarte de resíduos de construção em matas ciliares

Costa *et al.* (2020)	Reaproveitamento de resíduos orgânicos de cupuaçu que são descartados no meio ambiente
Dullios *et al.* (2020)	Proximidade de aterro sanitário comprometeu a qualidade da água do rio e lençol freático
Costa *et al.* (2020)	Contaminação de mercúrio proveniente de lixão em crustáceos
Mesquita, Pereira e Neto (2020)	Contribuição difusa de resíduos sólidos ao aporte de poluentes no riacho
Bataghin *et al.* (2020)	Municípios que não adotam terceirização em coleta, tratamento e disposição final dos resíduos de saúde
Moura *et al.* (2020)	Ausência de proposta sobre poluição plástica em corpos hídricos no Plano Estadual de Resíduos Sólidos
Faustino *et al.* (2019)	Remoção de lama de minério de ferro de rio
Sobrinho *et al.* (2019)	Descarte de lodo de estação de tratamento de água sem tratamento em corpos hídricos e solo
Filho, Batista e Albuquerque (2019)	Descarte inadequado de resíduos sólidos em áreas de preservação de nascentes

Em 39% dos artigos, os autores consideraram a disposição inadequada de resíduos sólidos como o principal impacto causado. Há um destaque relacionado aos resíduos de saúde, que só foram abordados na Bacia do Rio Ivinhema, localizada na região Centro-Oeste, por Bataghin *et al.* (2020), e para um estudo de microplásticos, realizado na Bacia Água Branca, região sudeste, por Toyama *et al.* (2021).

O segundo assunto mais estudado, correspondendo a 25% dos artigos, se refere às graves contaminações de lixões, principalmente devido à produção de chorume e biogás, que impactam a qualidade da água, o solo e a atmosfera. Segundo a PNRS (Brasil, 2010), os lixões são proibidos desde 2014, entretanto, essa meta enfrenta dificuldades para ser implementada. Em função disso, houve uma alteração por meio da Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020, na qual passa a vigorar novos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, variando de 2020 a 2024 dependendo do número de habitantes dos municípios (Brasil, 2020). Ainda assim, não há previsão de cumprimento da legislação até o próximo ano.

Em 18% dos estudos, lodos e lama foram avaliados pelos autores. Segundo a NBR 10004:2004 (ABNT, 2004), o lodo de estações de tratamento de água é classificado como resíduo sólido Classe II-A, sendo não perigoso e não inerte, mas a destinação correta é necessária. O trabalho de Faustino *et al.* (2019), especialmente, se difere dos demais e tem como objetivo a remoção de lama proveniente dos

rejeitos de mineração da empresa Samarco, que degradou extensamente a Bacia do Rio Doce, em Minas Gerais.

Em relação aos resíduos orgânicos, tanto Kieling *et al.* (2023) quanto Luz *et al.* (2021) e Costa *et al.* (2020) apresentaram propostas de valorização, não abordando diretamente os impactos causados pelos respectivos resíduos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou uma revisão sistemática de abrangência nacional, analisando os impactos dos resíduos sólidos em diversas bacias hidrográficas do Brasil, principalmente relacionados ao descarte e disposição incorreta, demonstrando que essa problemática não é pontual e regionalizada, mas amplamente reconhecida no país.

Os resultados indicam a ocorrência de diversos impactos, como o chorume proveniente de lixões e aterros controlados afetando corpos hídricos e águas subterrâneas, a contaminação por mercúrio e por microplásticos em animais, assim como a degradação de matas ciliares e áreas de preservação de nascentes pela disposição de resíduos.

Infelizmente, a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos são temáticas que demandam consideráveis avanços. Em função da sua contaminação em ambientes naturais, ocorre uma intensa degradação de recursos hídricos, solos e áreas de proteção ambiental, prejudicando potencialmente a saúde de moradores dessas regiões impactadas, assim como a biodiversidade.

Ao considerar as regiões, o Sudeste obteve a maior quantidade de artigos, enquanto o Centro-Oeste foi analisado apenas por dois autores, indicando uma necessidade de observar com maior atenção as bacias hidrográficas presentes nestes estados.

Em relação a estrutura dos artigos, a abordagem realizada pelos autores foi diversa, sendo notável a divergência entre as palavras-chave utilizadas entre os 28 trabalhos analisados, assim como a semelhança de termos utilizados no título e nas palavras-chave, o que pode restringir a busca e localização dos estudos ao pesquisá-los nas bases da dados.

REFERÊNCIAS

ABREMA. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023**. São Paulo, 2023. 54 p.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022**. São Paulo, 2022. 60 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023**: informe anual. Brasília: ANA, 2024. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/101813. Acesso em: 9 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730. Acesso em: 9 ago. 2024.

ANJINHO, Phelipe da Silva *et al.* Analysis of Susceptibility to Degradation of Water Ecosystem Services as a Tool for Land Use Planning: a case study in a small Brazilian watershed. **Environmental Management**, v. 70, n. 6, p. 990-1003, set. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14724**: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2011. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6028**: Informação e documentação – Resumo, resenha e recensão – Apresentação. 2, ed. Rio de Janeiro, 2021. 3 p.

BANCO MUNDIAL. **Solid Waste Management**. 2022. Disponível em: https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management. Acesso em: 12 jan. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2 ago. 2010.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Brasília, 15 jul. 2020.

BATAGHIN, Fernando Antonio *et al.* Administração pública municipal e gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde na bacia hidrográfica do rio Ivinhema – MS, Brasil. **Formação (Online)**, v. 27, n. 50, p. 219-243, 2020.

BERALDI, Amália Luiza Poiani Gomes; VAZQUEZ, Gisele Herbst. Diagnosis of Urban Riparian Forests in Votuporanga/SP: Invasive Exotic Vegetation Survey. **Geoambiente On-Line**, n. 37, p. 282-303, ago. 2020.

COSTA, Brenda Natasha Souza *et al. Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Decapoda) Used to Biomonitor Mercury Contamination in Rivers. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 78, n. 2, p. 245-253, dez. 2019.

COSTA, Russany Silva da *et al.* Bioactive compounds and value-added applications of cupuassu (*Theobroma grandiflorum Schum.*) agroindustrial by-product. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 401-407, jun. 2020.

DULLIUS, Thaisa *et al.* An assessment of landfill leachate influences on water quality in the Boi Piguá river basin (Paraná, Brazil) using the TXRF technique. **Environmental Earth Sciences**, v. 79, n. 5, p. 1-11, fev. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **O que é a economia linear?** Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/o-que-e-economia-linear. Acesso em: 11 dez. 2023.

ERCOLI, Rafael Falci; MATIAS, Vandeir Robson da Silva; ZAGO, Valéria Cristina Palmeira. Urban Expansion and Erosion Processes in an Area of Environmental Protection in Nova Lima, Minas Gerais State, Brazil. **Frontiers In Environmental Science**, v. 8, jun. 2020.

FAGUNDES, Gabriel Cunha Linhares; OLIVEIRA, Rafael Leal dos Santos; NUNES, Hikaro Kayo de Brito. Depósitos e feições tecnogênicas em sub-bacias urbanas de Teresina/PI: identificação, classificação e espacialização. **Formação (Online)**, v. 28, n. 53, p. 957-974, 2021.

FAUSTINO, Livia Marques *et al.* Removal of iron ore slimes from a highly turbid water by DAF. **Environmental Technology**, v. 40, n. 26, p. 3444-3455, maio 2018.

FERREIRA, Sávio José Filgueiras *et al*. Impact of rapid urbanization on stream water quality in the Brazilian Amazon. **Environmental Earth Sciences**, v. 80, n. 8, p. 1-16, abr. 2021.

FILHO, Elton Alves de Souza; BATISTA, Ieda Hortêncio; ALBUQUERQUE, Carlossandro Carvalho de. Levantamento de aspectos físico-químicos das águas da microbacia do mindu em Manaus-Amazonas. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 63, p. 341-367, jun. 2019.

GIACOMAZZO, Andressa Pereira; ALMEIDA, Wagner Santos de. Estudo do potencial de contaminação do Aterro Controlado do Jóquei Clube, Distrito Federal. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 909-920, dez. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Bacias e divisões hidrográficas do Brasil.** 2021. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101854.pdf. Acesso em: 12 dez. 2023.

KIELING, Antonio Claudio *et al.* Development of an Epoxy Matrix Hybrid Composite with Astrocaryum Aculeatum (Tucumã) Endocarp and Kaolin from the Amazonas State in Brazil. **Polymers**, v. 15, n. 11, p. 2532, maio 2023.

LUZ, Fernanda Giffoni Fernandes *et al.* Processing of Biomethane for Electricity Production as a Sustainable Way to Treat Municipal Organic Solid Waste: A Case Study of the Corumbatai River Basin Region. **Bioresources**, v. 16, n. 3, p. 5601-5617, 2021.

MAPBIOMAS. Panorama da superfície de água no Brasil 1985-2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/06/Fact_MapBiomas_Agua_2023_25.06.24.pdf. Acesso em: 9 ago. 2024.

MARASCHIN, Manoel *et al*. Aluminum sludge thickening: novel helical pipes for aggregation by dual flocculation and thickening by filtration applied to water treatment plants. **Separation and Purification Technology**, v. 241, p. 116560, jun. 2020.

MARASCHIN, Manoel; FERRARI, Keila Fernanda Hedlund; CARISSIMI, Elvis. Acidification and flocculation of sludge from a water treatment plant: new action mechanisms. **Separation and Purification Technology**, v. 252, p. 117417, dez. 2020.

MESQUITA, Janine Brandão Farias; PEREIRA, Silvano Porto; NETO, Iran Eduardo Lima. Modelagem da drenagem urbana e avaliação das cargas bacteriológicas na Vertente Marítima de Fortaleza, Ceará. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 205-216, jan. 2020.

MOURA, Micaella R. F. *et al.* Developing a Plastic Waste Management Program: from river basins to urban beaches (case study). **Journal of Engineering and Technological Sciences**, v. 52, n. 1, p. 108-120, fev. 2020.

MOURA, Victor Lacerda; LACERDA, Luiz Drude de. Mercury Sources, Emissions, Distribution and Bioavailability along an Estuarine Gradient under Semiarid Conditions in Northeast Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 24, p. 17092, dez. 2022.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013. 276 p. Disponível em: https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf. Acesso em: 12 dez. 2023.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (UNEP). Solid Waste Management. Disponível em: https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/whatwe-do/cities/solid-wastemanagement#:~:text=Every%20year%2C%20an%20estimated%2011.2,solid%20waste%20ar . Acesso em: 12 dez. 2023.

RODRIGUES, Gilberto Aparecido; BOVÉRIO, Maria Aparecida; GALATTI, Kátia Cristina. Condições ambientais dos elementos de uma paisagem rural na região mais alta da bacia hidrográfica de Taquaritinga, SP, Brasil. **Sistemas & Gestão**, v. 18, n. 2, p. 131-137, 23 ago. 2023.

RODRIGUES, Marcos Vinicius Costa *et al.* Urban watershed management prioritization using the rapid impact assessment matrix (RIAM-UWMAP), GIS and field survey. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 94, p. 106-759, maio 2022.

SENKIIO, Caroline Souza *et al*. Multicriteria analysis and logistical grouping method for selecting areas to consortium landfills in Paraiba do Sul river basin, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 81, n. 8, p. 237-239, abr. 2022.

SILVA, Wagner Bandeira da; BEZERRA, Joel Medeiros; RÊGO, Alana Ticiane Alves do. Identification of Potential Sources of Pollution by the Disposal of Solid Waste in the Microbacy of River of Encanto/RN. **Geoambiente On-Line**, n. 38, p. 38-61, dez. 2020.

SOBRINHO, Maurício Alves da Motta *et al.* Geração, tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 761-771, ago. 2019.

SZIGETHY, Leonardo; ANTENOR, Samuel. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil**: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. 2021. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos. Acesso em: 12 dez. 2023.

THE WORLD COUNTS. **Tons of solid waste generated.** Disponível em: https://www.theworldcounts.com/challenges/planet-earth/state-of-the-planet/solid-waste. Acesso em: 12 jan. 2023.

TOYAMA, Daniele *et al*. The artificialization in the sediment profiles of the streams in the Água Branca basin – Itirapina, São Paulo, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 290, p. 112610, jul. 2021.

URBAN, Rodrigo Custodio; NAKADA, Liane Yuri Kondo; ISAAC, Ricardo de Lima. A system dynamics approach for large-scale water treatment plant sludge management: a case study in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 419, p. 138105, set. 2023.

VAN ELK, Ana Ghislane Henriques Pereira *et al.* Potencial poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas águas da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara – RJ. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, n. 1, p. 195-203, fev. 2022.

ZERFASS, Henrique *et al.* Ediacaran turbidites as geoheritage: potential of the Itajaí Basin, Southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 124, p. 104-253, abr. 2023.