



ISSN: 2525-815X

# Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: [www.jeap.ufrpe.br/](http://www.jeap.ufrpe.br/)

10.24221/jeap.8.2.2023.5284.062-069



## Panorama dos impactos causados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos na biodiversidade

### Overview of impacts caused by improper disposal of solid waste on biodiversity

Robério Satyro dos Santos Júnior<sup>a</sup>, Roberto Rodrigues de Souza<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal de Sergipe-UFS, Cidade Universitária, Prof. José Aloísio de Campos. Av. Marechal Rondon, S/N, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, Brasil. CEP: 49100-000. E-mail: [satyro.roberio@gmail.com](mailto:satyro.roberio@gmail.com).

#### ARTICLE INFO

Recebido 10 Out 2022

Aceito 10 Fev 2023

Publicado 05 Mai 2023

#### ABSTRACT

Biodiversity was and is in constant natural transformation, but due to the actions carried out by man, either by the extraction of natural resources and consequently the generation of pollution by the inadequate disposal of waste, it accelerated the extinction of species and raw materials applied in the production process. In this scenario, the extraction to produce new products required the physical and chemical transformation of the residues and, therefore, the adoption of specific technologies for environmentally correct treatment and final disposal. However, not all types of waste (solid, liquid, and gaseous) generated are disposed of in an environmentally correct way, causing several impacts on biodiversity. In this sense, the study aimed to identify the impacts caused by the irregular disposal of solid waste in the environment. The applied methodology consisted of a systematic review considering the improper disposal and the impacts generated by waste between 2018 and 2022. It was found that the most generated were industrial and urban, with plastic being the main cause of problems for biodiversity by polluting the oceans, land, and air, demonstrating the need for greater participation by governments in the adoption of public policies for the waste generated.

**Keywords:** Solid waste disposal, biodiversity, environmental impact.

#### RESUMO

A biodiversidade esteve e está em constante transformação natural, mas devido às ações exercidas pelo homem, seja pela extração de recursos naturais e conseqüentemente a geração de poluição pelo descarte inadequado dos resíduos, acelerou a extinção de espécies e matérias-primas aplicadas no processo de produção. Nesse cenário, a extração para produção de novos produtos necessitou da transformação física e química dos resíduos e, portanto, a adoção de tecnologias específicas para o tratamento e disposição final ambientalmente correta. Todavia, nem todos os tipos de resíduos (sólido, líquido e gasoso) gerados são descartados de forma ambientalmente correta, ocasionando diversos impactos na biodiversidade. Nesse sentido, o estudo objetivou identificar os impactos causados pelo descarte irregular dos resíduos sólidos no meio ambiente. A metodologia aplicada consistiu em uma revisão sistemática considerando o descarte inadequado e os impactos gerados pelos resíduos entre 2018 e 2022. Ficou constatado que os resíduos mais gerados foram os industriais e os urbanos, sendo o plástico, o principal causador dos problemas para a biodiversidade, pela poluição de oceanos, terra e ar, demonstrando a necessidade de maior participação dos governos na adoção de políticas públicas para os resíduos gerados.

**Palavras-Chave:** Biodiversidade, disposição de resíduos, impacto ambiental.



#### Introdução

A biodiversidade passou por diversas eras evolutivas, com espécies surgindo e outras

desaparecendo de forma natural. Nenhum processo evolutivo se compara ao atual processo de transformação que a biodiversidade vem sofrendo

pela interferência humana, com a extração e a contaminação dos recursos naturais. O resultado demonstra impactos diretos na qualidade do ar, solo e água (Kumara & Pallegedara, 2020). Nesse contexto, os resíduos de diversas origens (sólido, líquido e gasoso) são os principais causadores dessa poluição da biodiversidade.

Ao longo do tempo, os resíduos também passaram por diversas transformações, mas a principal delas com impactos ambientais advém da primeira revolução industrial no século XIX, com a incorporação de novos materiais e a transformação drástica nas características físico-químicas dos resíduos (Paniagua & Santos, 2021).

Todo esse processo de mudança nas características dos resíduos ocorreu para atender o padrão rápido de consumo imposto pelo sistema capitalista, que tem como principal propósito o estímulo do consumismo em larga escala. Em virtude disto, o aumento na extração de matérias-primas para a produção de novos produtos começa a ocorrer também, tendo como descarte diversos tipos de resíduos com características de alta periculosidade (Simões et al., 2019).

Nesse cenário, os principais responsáveis pelo descarte de resíduos no ambiente é a sociedade comum e as indústrias que despejam o rejeito de todo o processo de produção e consumo em corpos d'água, solo e/ou ar. Esses resíduos descartados podem ser encontrados na forma sólida, líquida ou gasosa.

Os resíduos sólidos, em sua maioria, são constituídos pelos restos de alimentos, plásticos, metais, vidros, papel ou qualquer material que apresente estrutura rígida. Quanto aos resíduos líquidos, são provenientes dos processos de produção, onde podemos citar a indústria têxtil e as estações de tratamento de esgotos (ETE's), como principais fontes de geração. Os resíduos gasosos também têm sua origem nos procedimentos de produção, pela queima de materiais aplicados no processo ou pela emissão de poluentes pelos veículos e animais que emitem gás carbônico e metano.

Os estudos de Huang et al. (2020) apontam que a contaminação pelos resíduos plásticos se tornou uma prioridade, em virtude da grande quantidade de problemas ambientais associados ao seu descarte. No estudo de Leal Filho et al. (2019), a poluição plástica representa uma ameaça para o ecossistema costeiro dos Estados insulares do Pacífico, além de comprovar que os resíduos plásticos são o material mais utilizado em todo o mundo.

Em decorrência de todo esse processo de consumo e descarte inadequado, estima-se que 2,01 bilhões de toneladas de resíduos foram gerados,

globalmente, em 2016, com cada pessoa gerando 0,74 kg de resíduos por dia, em média (Kaza et al., 2018). Outro fator atrelado ao aumento da quantidade de resíduos lançados no ambiente é o aumento da população mundial que, em 1970, era de 3,7 bilhões e cresceu para 7,9 bilhões em 2021 e tem-se uma expectativa que chegue a 9 bilhões em 2050, podendo alcançar 11 bilhões em 2100 (Koops & Van Leeuwen, 2017).

Segundo Huang et al. (2020), a China é o país que mais importou lixo plástico, com um acumulado de 45%, as importações são impulsionadas pelo consumo do setor doméstico. Em adição, o estudo de Khan et al. (2022) mostrou que, em 2016, a China gerou mais de 10% dos resíduos sólidos urbanos globais.

No Brasil, segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2020), a geração de resíduos sólidos urbanos, em 2019, foi de 79,6 milhões de toneladas, em comparação com o ano de 2017, quando constatou-se um aumento de, aproximadamente, 1%.

No mesmo panorama da ABRELPE, a composição gravimétrica mostra os seguintes valores: matéria orgânica (45,3%), têxteis, couros e borracha (5,6%), metais (2,3%), vidro (2,7%), plástico (16,8%), papel/papelão (10,4%), embalagens multicamadas (1,4%), rejeitos (14,1%) e outros (1,4%). Nesse contexto, a porcentagem de resíduos plásticos gerados no Brasil perde apenas para a matéria orgânica, onde apenas 4% dos materiais são reciclados.

Os problemas decorrentes do descarte inadequado dos resíduos sólidos produzem diversos impactos no meio ambiente, seja na contaminação do solo, água e/ou ar. Nesse contexto, a pesquisa se justifica pela necessidade de evidenciar os problemas causados pelo descarte dos resíduos no meio ambiente e o impacto na saúde das pessoas.

Como consequência da variedade e na quantidade de resíduos descartados no meio ambiente, percebemos diversos impactos na biodiversidade, como a ingestão de resíduos plásticos pelos animais marinhos, muitas vezes incorrendo na morte deles (Fagundes & Missio, 2019). Os riscos para a biodiversidade residem na contaminação dos oceanos, rios, lagos e lençóis freáticos, no ar a emissão de gases do efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O), além da poluição de solos e, por conseguinte, a contaminação de alimentos para a população humana (Gomes, 2021). Outro impacto importante é na saúde das pessoas que ingerem esses alimentos contaminados pelos resíduos, além de doenças respiratórias, infecções, peste bubônica e intoxicações (Chen et al., 2019).

Diante do exposto, o estudo tem como finalidade observar os impactos causados pelos resíduos (sólido, líquido e gasoso) na biodiversidade, entendendo a necessidade de preservação dos animais, plantas e microrganismos que constituem o sistema. Para tanto, a pesquisa se utilizou de uma revisão sistemática, por meio do levantamento de artigos que abordassem, como tema, resíduos e trouxesse, em sua estrutura, o impacto causado pelo descarte irregular no ambiente.

### Material e Métodos

A pesquisa foi construída a partir dos estudos desenvolvidos por Medeiros *et al.* (2015) e Oliveira, Kalid & Souza (2017), pela organização permitir um maior levantamento de estudos. Sendo uma revisão sistemática da literatura constituída a partir da coletânea de artigos científicos contendo dados primários, secundários e empíricos, validados em âmbito acadêmico.

A natureza dos dados, em sua maioria, é qualitativa, buscando analisar, de forma ampla, o objeto da pesquisa, identificando o contexto no qual ele está inserido e as características do local a que pertence. O método de procedimento definido nesta etapa foi o de Análise e Síntese Temática (Cruzes & Dybå, 2011), que identifica os temas ou questões recorrentes em diversos estudos, com o objetivo de interpretar e explicar esses temas e fenômenos na retirada de conclusões dos resultados da revisão.

A revisão sistemática foi dividida em sete fases: Planejamento da pesquisa, Busca pelos artigos, Seleção por título e resumo, Seleção por introdução e conclusão, Avaliação da qualidade, Extração e Síntese.

### Planejamento da pesquisa

O planejamento tem como base o modelo desenvolvido por Gohr *et al.* (2013), que propõem três etapas na revisão sistemática da literatura:

I. Perguntas da pesquisa: delimitação do tema; definição das palavras-chave e combinações; delimitação do período de publicação dos artigos; seleção da base de dados.

II. Pesquisa/Seleção: busca de artigos com critérios estabelecidos na fase anterior; inclusão e exclusão de artigos selecionados.

III. Descrição/Classificação: ordenação dos artigos, de acordo com os critérios de maior relevância considerada pelo pesquisador.

### Busca pelos artigos

Tentando garantir uma busca abrangente e uma maior cobertura possível sobre o tema, foi escolhida a plataforma de busca da *Science Direct*, com acesso institucional permitido pela Universidade Federal de Sergipe, via Portal de Periódicos da CAPES.

A busca foi realizada a partir das palavras-chave, utilizando os operadores booleanos “OR” e “AND”. Foram utilizados como parâmetros a combinação das palavras-chave *solid waste disposal* (descarte de resíduos sólidos), *biodiversity* (biodiversidade) e *environment impact* (impacto ambiental). O resultado da busca foi exportado para uma planilha no Excel para a construção das etapas seguintes.

### Seleção por título e resumo

Os artigos selecionados pelo processo de busca foram avaliados com base na leitura do título e resumo. Um artigo era incluído quando atendia a todos os critérios de inclusão, e excluído se atendesse a apenas um dos critérios de exclusão, os quais estão demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1. Critérios de inclusão e exclusão dos artigos publicados versando sobre resíduos e impactos causados no ambiente. Fonte: Medeiros *et al.* (2015).

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
IC1. Estudos que tratem dos impactos causados pelos resíduos sólidos na biodiversidade	EC1. Escrito em um idioma que não seja o inglês ou o português
IC2. Pesquisas qualitativas e quantitativas	EC2. Estudos duplicados ou repetidos
IC3. Estudos contendo dados primários e secundários	EC3. Estudos incompletos, rascunhos, slides, artigos de revisão, enciclopédia, capítulo de livro e resumos
IC4. Artigos que tragam no título e resumo informações sobre o tema da pesquisa	EC4. Estudos com dados terciários e metanálises
	EC5. Artigos que não estejam disponíveis gratuitamente para <i>download</i> nos ambientes institucionais (Periódicos/UFS)

Em caso de dúvida sobre a relevância, o artigo foi incluído para análise na etapa seguinte, para entender se realmente fornecia informações que respondessem à pergunta da pesquisa.

### Seleção pela introdução e conclusão

Nessa fase, os critérios foram aplicados com base na leitura da introdução e da conclusão dos artigos selecionados na fase anterior. Quando

necessário, foi realizada a leitura completa do artigo para um melhor entendimento.

#### Avaliação da qualidade

Após aplicar os critérios de inclusão e exclusão, foi realizada a avaliação da qualidade dos estudos contendo dados primários e secundários, resultantes da fase de seleção, considerando a introdução e a conclusão. Para isso, foi utilizado um questionário, adaptado de Dybå & Dingsøyr (2008). As respostas do questionário (Quadro 2) foram tabuladas, permitindo uma visão sobre a qualidade dos artigos selecionados.

Quadro 2. Questionário utilizado para avaliar a qualidade dos artigos publicados, versando sobre resíduos e impactos causados no ambiente. Fonte: Adaptado de Dybå & Dingsøyr (2008).

Questões
1. É um artigo de pesquisa?
2. Existe uma descrição clara dos objetivos da pesquisa?
3. Existe uma descrição adequada do contexto em que o estudo foi realizado?
4. O desenho da pesquisa foi adequado para atender os objetivos do estudo?
5. A estratégia de seleção da amostragem foi adequada aos objetivos da pesquisa?
6. Os dados foram coletados de maneira adequada para responder as questões?
7. A análise dos dados foi suficientemente rigorosa?
8. A relação entre os pesquisadores e demais (local, objeto, espaço e etc.) foi adequadamente considerada?
9. Há uma descrição clara dos resultados?
10. O estudo possui valor para a academia ou para a indústria?

A partir do somatório de cada questão, que podia variar de 0 a 1, os artigos foram classificados em quatro faixas de qualidade, de acordo com a pontuação obtida, conforme apresentado no Quadro 3. Os artigos, com somatório classificado nas faixas Média, Alta e Muito Alta, foram encaminhados para a fase de extração, os demais foram desconsiderados.

Quadro 3. Faixa de qualidade dos artigos selecionados dentre aqueles publicados versando sobre resíduos e impactos causados no ambiente. Fonte: Adaptado de Dybå & Dingsøyr (2008).

Baixa	Média	Alta	Muito alta
$0 \leq N \leq 2,9$	$3 \leq N \leq 5,9$	$6 \leq N \leq 8,9$	$9 \leq N \leq 10$

#### Extração

Nesta fase foi obtida a extração dos dados resultantes da análise dos artigos selecionados na fase anterior. O processo consistiu na retirada dos dados de forma estruturada, confeccionando uma planilha. Foram extraídos dados de publicação (referências) e de contexto (tipo de estudo, métodos de pesquisa e análise dos dados).

#### Síntese

A síntese e a análise dos dados foram construídas em paralelo para responder o seguinte questionamento: “Quais os impactos gerados pelo descarte dos resíduos na biodiversidade?”.

Com base em uma abordagem qualitativa, o estudo se limitou a inclusão de evidências extraídas de dados primários e secundários incluídos na pesquisa dos artigos analisados. O estudo conduziu uma síntese e uma análise temática dos dados, conforme processo recomendado por Cruzes & Dybå (2011). Para auxiliar no processo de análise e síntese das evidências, foi utilizada o programa Microsoft Excel 2013.

#### Resultados e Discussão

A partir da busca inicial, realizada na base de dados da *Science Direct*, foram obtidos 105 artigos, utilizando as palavras-chave definidas na metodologia. Com uma nova restrição para artigos de pesquisa aplicada na plataforma, permaneceram 50 artigos, os quais passaram para a fase de leitura do título e resumo. A efetivação da leitura selecionou 16 artigos, que seguiram para a próxima fase da revisão sistemática, com a avaliação da qualidade dos artigos, extração e síntese das informações contidas nestes artigos.

Como a busca ocorreu de forma manual, os artigos duplicados foram excluídos. Foi considerado um período de cinco anos para a seleção dos artigos que abordavam o descarte dos resíduos sólidos e o impacto na biodiversidade. A Figura 1 mostra a quantidade de artigos publicados por ano.

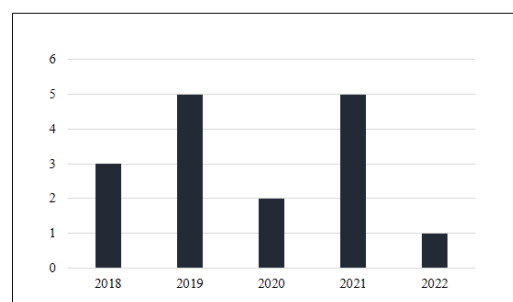


Figura 1. Artigos publicados sobre resíduos e impactos causados no ambiente, distribuídos por ano. Fonte: Santos Jr. & Souza (2022).

Ao observarmos os estudos, temos em destaque os anos de 2019 e 2021, seguidos pelos anos de 2018, 2020 e 2022. Em virtude da pandemia de COVID-19, as questões ambientais ficaram em segundo plano no período que compreende 2020 a 2022, com a prioridade para estudos que abordassem os impactos da COVID-19. Em relação aos periódicos onde os estudos foram publicados, a Figura 2 apresenta os nomes dos periódicos onde os artigos foram encontrados.

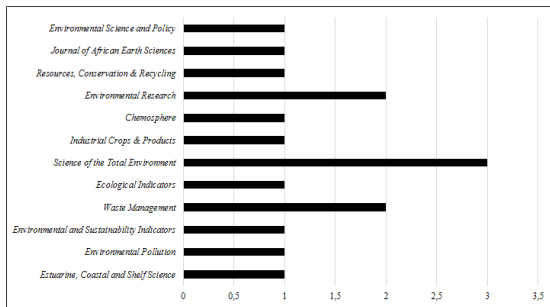


Figura 2. Periódicos com maior número de artigos publicados sobre resíduos e impactos causados no ambiente. Fonte: Santos Jr. & Souza (2022).

Os artigos selecionados foram publicados em 12 periódicos, seguindo a ordem daqueles que apresentaram um maior número de publicações: a *Science of the Total Environment* (3), *Environment Research* (2), *Waste Management* (2), os demais apresentaram apenas uma publicação, são eles: *Environmental Science and Policy*; *Journal of African Earth Sciences*; *Resources, Conservation & Recycling*; *Chemosphere*; *Industrial Crops & Products*; *Ecological Indicators*; *Environmental and Sustainability Indicators*; *Environmental Pollution* e *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.

Ao analisar os estudos, percebemos que os problemas causados pelos resíduos podem gerar problemas para a manutenção dos padrões de vida das pessoas e, principalmente, afetar a biodiversidade. Isso, em sua maioria, promove problemas causados pela emissão de gases e pelo descarte irregular dos resíduos no perímetro urbano.

Com base nos locais de desenvolvimento dos estudos, a China se destaca como o país com mais estudos voltados para os impactos causados pelos resíduos, seguido de estudos desenvolvidos no mundo e, particularmente, em países como Sri

Lanka, África, Cyprus, Egito, Estados insulares do Pacífico, Argélia, Taiwan e Tunísia.

Nesse contexto, segundo informações extraídas nos estudos de Khan et al. (2022), a China produziu mais de 10% dos resíduos sólidos urbanos globais. A produção elevada está vinculada ao aumento populacional e a expansão dos centros urbanos, todavia, cabe ao governo o incentivo para que as cidades atualizem seus planos de gestão para resíduos, com a finalidade de fornecer soluções para os impactos causados na biodiversidade.

Quanto às abordagens de pesquisa, foram identificados sete artigos com características qualitativas, quatro quantitativas e cinco quali-quantitativas. Os artigos com abordagem qualitativa se caracterizaram pela análise de documentos e levantamento bibliográfico.

Foram 16 artigos selecionados, cinco estudos de caso, três experimental, três bibliográfico e um amostral e multicritério. Em suma, os estudos se mostraram bastante importantes para o desenvolvimento de soluções para os impactos causados pelos resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) na biodiversidade. Por fim, os resultados apontaram que nenhum artigo possui qualidade baixa, no total foram nove com qualidade alta, seis com qualidade média e um com qualidade muito alta. Todos apresentavam uma boa estrutura, considerando os objetivos pretendidos no estudo, com caráter de relevância para a academia e a indústria.

No mais, a pesquisa fez o mapeamento das evidências que respondessem a uma questão central para o desenvolvimento deste estudo: Quais os impactos gerados pelo descarte dos resíduos na biodiversidade?

O mapeamento das evidências foi executado com a leitura de todos os artigos selecionados. Após a leitura dos artigos, foram extraídas informações que conseguissem responder o questionamento levantado: Quais os impactos gerados pelo descarte dos resíduos na biodiversidade?

Inicialmente foi visualizado o tipo de resíduo gerado, seguido da identificação do impacto causado e a área de impacto. O Quadro 4 sintetiza, de forma lógica, todos os aspectos levantados na construção de um panorama para os impactos causados pelos resíduos na biodiversidade.

Quadro 4. Panorama dos resíduos sólido, líquido e gasoso na biodiversidade, a partir da análise dos artigos publicados sobre resíduos e impactos causados no ambiente. Fonte: Santos Jr. & Souza (2022).

Artigo	Resíduos	Impacto	Área
A1	Resíduo Industrial (fosfogesso)	Deteriora a vida e a flora marinha	Mar Mediterrâneo
A2	Combustão industriais, alcalinos.	Doenças respiratórias infecções, cardíacas e pulmonares	Urbana

A3	Águas residuais, resíduos sólidos domésticos e industriais	Contaminação do solo, água e ar	Urbana
A4	Resíduos de cinzas e gasoso	Emissões de poluição no ar, contaminação do solo e água	Urbana
A5	Resíduos gasosos	Emissão de gases	Área urbana da china
A6	Lixo plástico marinho e detritos	Contaminação da água e alimentos marinhos, bem como do ambiente vivo	Oceano e terras
A7	Resíduo orgânico	Causa odores, poluição orgânica e inorgânica, efeito estufa	Área urbana da China
A8	Resíduos sólidos urbanos	Contaminação do solo, ar e água contribuindo para as mudanças climáticas	Área urbana da China
A9	Resíduos industriais, plástico (inorgânicos e orgânicos)	Contaminação de áreas urbanas, praias e ar	Oceano
A10	Águas residuais que tem fosforo e nitrogênio	Alto potencial de erosão e escoamento superficial, contaminação de rios	Terras para Agricultura
A11	Resíduo da mineração (sedimentos)	Deterioração da qualidade do ambiente aquático	Rio Nilo
A12	Resíduo gerado pela agropecuária	No ar, na água e no solo, bem como na biodiversidade	Terras para Agricultura
A13	Resíduo plástico	Impactos adversos à saúde e muitas vezes levando a morte da vida selvagem.	Área urbana da china
A14	Resíduo da agricultura com uso descuidado de estrume, fertilizantes e produtos químicos	Degradação ambiental pelos resíduos da agricultura que são lançados nos esgotos sem tratamento.	Rios e florestas
A15	Resíduo agrícola (águas residuais)	Geração de Gases do Efeito Estufa (GEEs), como dióxido de carbono, óxido nitroso e metano	Terras para Agricultura
A16	Resíduo doméstico	Os lixões causam inúmeros problemas ao ambiente e, conseqüentemente, à saúde humana	Área urbana no Siri Lanka

A1 = (El Zrelli et al., 2019); A2 = (Chen et al., 2019); A3 = (Akrouf et al., 2021); A4 = (Wang et al., 2018); A5 = (Ledari, Saboohi & Azamian, 2021); A6 = (Leal Filho et al., 2019); A7 = (Duan et al., 2020); A8 = (Khan et al., 2022); A9 = (Sharma et al., 2022); A10 = (Kanter & Brownlie, 2019); A11 = (El-Anwar et al., 2021); A12 = (Akrouf, Moore & Grimes, 2021); A13 = (Huang et al., 2020); A14 = (Olanipekun, Olasehinde-Williams & Alao, 2019); A15 = (Koul, Yakoob & Shah, 2022); A16 = (Kumara & Pallegedara, 2020).

A procura por uma natureza mais sustentável tem sido o objetivo de muitos pesquisadores, no entanto, o padrão de consumo exercido pelas ações praticadas pelo homem coloca-se como a principal barreira para atingir esse objetivo. A consequência desse padrão de consumo pode ser observada na quantidade de resíduos gerados e descartados.

Nesse aspecto, os estudos apresentados mostraram que o padrão de consumo e descarte aumentam com passar do tempo, onde, segundo Nizami et al. (2017), as cidades urbanas mundiais irão gerar 1,3 bilhão de toneladas de resíduos sólidos e chegarão a 2,2 bilhões de toneladas ano<sup>-1</sup> até 2025.

Os resultados apontaram que os resíduos industriais e os urbanos foram os principais causadores de impacto no meio ambiente,

especificamente com a contaminação de oceanos pelo descarte de resíduos plásticos, do solo pelo descarte irregular de resíduos da agroindústria, bem como pelo lançamento dos resíduos domésticos diretamente no ambiente, em virtude dos processos produtivos e lançamento irregular. Ocorre, também, uma contaminação do ar que respiramos, com a emissão de GEEs e diversos outros gases contaminantes, os quais causam doenças respiratórias e pulmonares na população humana.

Os estudos analisados apontam o uso de novas tecnologias no monitoramento dos impactos causados pelos resíduos sólidos. Fica nítido nas pesquisas a necessidade de novas formas de abordagens para os problemas causados pelos resíduos, como a busca por uma economia mais circular, que proporcione o aproveitamento total

dos materiais aplicados na cadeia de produção, impactando diretamente no descarte de resíduos no meio ambiente.

### Conclusão

A revisão sistemática apontou que os resíduos (sólido, líquido e gasoso) possuem um alto potencial de contaminação na biodiversidade, particularmente quando descartados de maneira irregular. Todavia, a aplicação de tecnologias e o implemento de políticas públicas pelos governos locais pode amenizar ou tornar o processo de gerenciamento dos resíduos mais seguro para a manutenção da biodiversidade.

Destacamos a necessidade de políticas públicas mais rígidas, dirigidas para os impactos causados pelos resíduos, além do comprometimento dos geradores de resíduos em elaborar planos de contingência para os problemas causados pelo descarte inadequado, além de desenvolver processos produtivos mais sustentáveis, com base nos princípios da economia circular. Diante deste cenário, sugerimos estudos posteriores versando sobre políticas públicas mais eficientes para a solução ou minimização do problema relativo à contaminação do ambiente e riscos para a biodiversidade causados por resíduos.

### Agradecimentos

Robério Satyro dos Santos Jr. agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa (nível doutorado).

### Referências

Akrour, S.; Moore, J.; Grimes, S. 2021. Assessment of the ecological footprint associated with consumer goods and waste management activities of south Mediterranean cities: Case of Algiers and Tipaza. *Environmental and Sustainability Indicators*, 12, 100154. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100154>

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. 2020. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo.

Chen, T. L.; Fang, Y. K.; Pei, S. L.; Pan, S. Y.; Chen, Y. H.; Chiang, P. C. 2019. Development and deployment of integrated air pollution control, CO<sub>2</sub> capture and product utilization via a high-gravity process: comprehensive performance evaluation. *Poluição ambiental*, 252, 1464-1475. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.06.047>

Cruzes, D. S.; Dybå, T. 2011. Recommended steps for thematic synthesis in software

engineering. In: International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, 5, Banff, Canadá. Proceedings... Banff: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ESEM.2011.36>

- Duan, Y.; Pandey, A.; Zhang, Z.; Awasthi, M. K.; Bhatia, S. K.; Taherzadeh, M. J. 2020. Organic solid waste biorefinery: Sustainable strategy for emerging circular bioeconomy in China. *Industrial Crops and Products*, 153, 112568. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112568>
- Dybå, T.; Dingsøyr, T. 2008. Empirical studies of agile software development: a systematic review. *Information and Software Technology*, 50, 9, 833-859. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.01.006>
- El Zrelli, R., Rabaoui, L., Alaya, M. B., Castet, S., Zouiten, C., Bejaoui, N., & Courjault-Radé, P. 2019. Decadal effects of solid industrial wastes on the coastal environment: Gulf of Gabes (Tunisia, Southern Mediterranean Sea) as an example. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 224, 281-288. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.04.021>
- El-Anwar, E.; Salman, S.; Asmoay, A.; Elnazer, A. 2021. Geochemical, mineralogical and pollution assessment of River Nile sediments at Assiut Governorate, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 180, 104227. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2021.104227>
- Fagundes, L. M.; Missio, E. 2019. Resíduos plásticos nos oceanos: ameaça à fauna marinha. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, 5, (3), 2396-2401. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n3-1287>
- Gohr, C. F.; Santos, L. C.; Gonçalves, A. M. C.; Pinto, N. O. 2013. Um método para a revisão sistemática da literatura em pesquisas de Engenharia de Produção. In: XXXIII ENEGEP. Anais... Salvador. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_tn\\_sto\\_186\\_058\\_22376.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_sto_186_058_22376.pdf). Acesso em: 02 de fevereiro de 2023.
- Gomes, B. G. 2021. Avaliação da ingestão de resíduos sólidos por tartarugas-verdes, *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), no litoral centro-sul do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, Instituto de Biologia, Niterói, Brasil, 55p.
- Huang, Q.; Chen, G.; Wang, Y.; Chen, S.; Xu, L.; Wang, R. 2020. Modelling the global impact of China's ban on plastic waste imports. *Resources, Conservation and Recycling*, 154,

104607.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104607>
- Kanter, D. R.; Brownlie, W. J. 2019. Joint nitrogen and phosphorus management for sustainable development and climate goals. *Environmental Science & Policy*, 92, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.10.020>
- Kaza, S.; Yao, L. C.; Bhada-Tata, P.; Van Woerden, F. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development. Washington, License: CC BY 3.0 IGO.
- Khan, S.; Anjum, R.; Raza, S. T.; Bazai, N. A.; Ihtisham, M. 2022. Technologies for municipal solid waste management: Current status, challenges, and future perspectives. *Chemosphere*, 288, 132403. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132403>
- Koops, S. H.; Van Leeuwen, C. J. 2017. The challenges of water, waste and climate change in cities. *Environ. Dev. Sustain.*, 19, (2), 385-418. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-97604>
- Koul, B.; Yakoob, M.; Shah, M. P. 2022. Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 206, 112285. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>
- Kumara, A. S.; Pallegedara, A. 2020. Household waste disposal mechanisms in Sri Lanka: Nation-wide survey evidence for their trends and determinants. *Waste Management*, 114, 62-71. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.028>
- Leal Filho, W.; Havea, P. H.; Balogun, A. L.; Boonecke, J.; Maharaj, A. A.; Ha'Apio, M.; Hemstock, S. L. 2019. Plastic debris on Pacific Islands: Ecological and health implications. *Science of The Total Environment*, 670, 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.181>
- Ledari, M. B.; Saboohi, Y.; Azamian, S. 2021. The tolerance level of the ecosystem as a limited constrain in the development planning. *Ecological Indicators*, 132, 108265. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108265>
- Medeiros, J. D. R. V.; Alves, D. C.; Vasconcelos, A. M. L.; Schuenemann, C. T. L. S.; Wanderley, E. 2015. Engenharia de requisitos em projetos ágeis: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, 28, 11-24. <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n28p11-24>
- Nizami, A. S.; Rehan, M.; Waqas, M.; Naqvi, M.; Ouda, O. K. M.; Shahzad, K.; Miandad, R.; Khan, M.; Syamsiro, M.; Ismail, I.; Pant, D.; 2017. Waste biorefineries: enabling circular economies in developing countries. *Bioresour. Technol.*, 241, 1101-1117. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.097>
- Olanipekun, I. O.; Olasehinde-Williams, G. O.; Alao, R. O. 2019. Agriculture and environmental degradation in Africa: The role of income. *Science of the Total Environment*, 692, 60-67. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.129>
- Oliveira, G. F.; Kalid, R. A.; Souza, M. E. 2017. O Conceito Enade no Âmbito das Pesquisas Acadêmicas sobre os Cursos de Engenharia de Produção. XXXVII ENEGEP. Disponível em: [https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_ST\\_O\\_247\\_428\\_32794.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_O_247_428_32794.pdf). Acesso em: 2 de janeiro de 2023.
- Sharma, P.; Singh, S. P.; Iqbal, H. M.; Tong, Y. W. 2022. Omics approaches in bioremediation of environmental contaminants: An integrated approach for environmental safety and sustainability. *Environmental Research*, 211, 113102. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113102>
- Simões, A. L. G.; Polastri, P.; Vereschini, D. T.; Gimenes, M. L.; Schalch, V. 2019. Panorama Geral dos Resíduos Sólidos Urbanos no Âmbito Mundial. 2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Foz do Iguaçu/PR. pp. 1-7. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/IV-122.pdf>. Acesso em: 2 de janeiro de 2023.
- Wang, Y.; Zhang, X.; Liao, W.; Wu, J.; Yang, X.; Shui, W.; Deng, S.; Zhang, Y.; Lin, L.; Xiao, Y.; Peng, H. 2018. Investigating impact of waste reuse on the sustainability of municipal solid waste (MSW) incineration industry using energy approach: A case study from Sichuan province, China. *Waste Management*, 77, 252-267. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.003>