



SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

AMARAL, Diego Roger Borba¹; RODRIGUES, Conrado de Souza²; PAULA, Júnia Nunes de³;
AZEVEDO, Rogério Cabral de⁴.

RESUMO

A gestão de resíduos sólidos articula sociedade, economia e meio ambiente, reduzindo impactos ambientais e transformando resíduos em recursos. Os ODS, sobretudo os objetivos 11 e 12, refletem metas das metodologias de manejo de resíduos desenvolvidas ao longo do tempo. A economia circular acelera esse alinhamento ao promover ciclos fechados de materiais, fortalecendo inclusão social, eficiência econômica e proteção ambiental. A incorporação da economia circular nos sistemas de gerenciamento de resíduos pode recuperar o crescimento econômico, além de promover o desenvolvimento sustentável. O artigo objetivou analisar estudos de casos e boas práticas desenvolvidas voltadas a sistemas de gestão de resíduos sólidos, com foco nos três pilares da sustentabilidade e nos princípios orientadores dos ODS. Para tal, utilizou-se o SREE (Systematic Review for Engineering and Experiments), sendo analisados artigos científicos dos últimos cinco anos. Os resultados apresentaram que há diversos métodos de gestão dos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos, os quais vêm sendo implantados em municípios de diferentes países. Dentre os principais resultados obtidos destacam-se a necessidade de caracterização adequada dos resíduos, facilitando seu reaproveitamento (compostagem, sucata, etc.); a importância de incorporar os princípios do desenvolvimento sustentável ao projeto e design dos produtos; o envolvimento do governo e do setor privado para aprimorar os sistemas de gestão.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos Sólidos. Economia Circular. Metodologias de Gerenciamento.

SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEMS: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW

ABSTRACT

Solid waste management connects society, the economy, and the environment, reducing environmental impacts and transforming waste into resources. The SDGs, especially goals 11 and 12, reflect the targets of waste management methodologies developed over time. The circular economy accelerates this alignment by promoting closed material cycles, strengthening social inclusion, economic efficiency, and environmental protection. Incorporating the circular economy into waste management systems can recover economic growth and promote sustainable development. This article aimed to analyze case studies and best practices developed for solid waste management systems, focusing on the three pillars of sustainability and the guiding principles of the SDGs. To this end, the SREE (Systematic Review for Engineering and Experiments) was used, analyzing scientific articles from the last five years. The results showed that there are several methods for managing solid waste management systems, which have been implemented in municipalities in different countries. Among the main results obtained,

¹ Engenheiro Civil – Mestre, Faculdade FINOM de Patos de Minas, professor. E-mail: diegoamaral.eng@hotmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0112-205X>.

² Engenheiro Civil – Doutor, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, professor. E-mail: rodrigues.conrado.s@gmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7306-8845>.

³ Engenheira Civil – Doutora, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, professora. E-mail: juniastief@gmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8522-2627>.

⁴ Engenheiro Eletricista – Doutor, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, professor. E-mail: rogeriocabral@cefetmg.br. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1276-9602>.

the need for adequate characterization of waste stands out, facilitating its reuse (composting, scrap, etc.); The importance of incorporating the principles of sustainable development into the design of products; the involvement of government and the private sector in improving management systems.

Keywords: Solid waste management. Circular Economy. Management Methodologies.

1. INTRODUÇÃO

A crescente urbanização, aliada ao rápido processo de industrialização e ao aumento populacional, tem potencializado significativamente os problemas relacionados à geração de resíduos sólidos em geral. Nesse cenário, as dificuldades inerentes à gestão desses resíduos fomentam a necessidade urgente de desenvolvimento de soluções baseadas em fontes sustentáveis. Consequentemente, a gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) consolidou-se como um dos principais obstáculos enfrentados a nível global pelos gestores nos últimos anos (Zhang et al., 2023), representando desafios complexos a serem solucionados nas esferas econômica, social e ambiental.

O aumento da geração dos resíduos é considerado um fardo financeiro de magnitude considerável, elevando simultaneamente custos operacionais e de investimento, criando passivos ambientais e sanitários de difícil e caro reparo, e representando perda de valor econômico de materiais que poderiam ser reaproveitados. Sem políticas e investimentos voltados à prevenção e à economia circular (um modelo que visa redefinir o crescimento, mantendo produtos e materiais em uso pelo maior tempo possível), esses encargos tendem a crescer de forma acelerada e estrutural. A poluição provocada por resíduos sólidos urbanos representa ameaças graves à saúde humana e ao meio ambiente, tornando o gerenciamento dos resíduos em uma ação necessária e importante ao bem-estar e à segurança da sociedade. Com a implantação de sistemas de gerenciamento, é possível enfrentar problemas globais, como mudanças climáticas e escassez dos recursos. Enquanto, há carência por grande parte da população mundial quanto aos serviços de saneamento básico, alguns países estão direcionando sua atenção para um bom gerenciamento de recursos, de resíduos e à economia circular (Matthews; Small, 2022).

Realizar a gestão dos resíduos sólidos de forma adequada contribui para a sustentabilidade e a economia circular, mas a má gestão só aumenta os custos e piora os resultados socioambientais. A economia circular representa uma solução para desenvolver gestões de resíduos otimizadas em todo o mundo. Com essa prática, valoriza-se a reciclagem de resíduos e impulsiona as economias em desenvolvimento.

O presente estudo visa analisar os métodos e sistemas de gerenciamento de resíduos, utilizados em diferentes localidades, juntamente com as boas práticas adotadas em sua implantação, buscando identificar práticas voltadas aos princípios orientadores dos ODS e aos pilares da sustentabilidade. As principais perguntas de pesquisa que norteiam esse estudo são:

- (i) Quais métodos de gestão de resíduos sólidos podem ser adotados e/ou incorporados a um sistema de gerenciamento local?; e**
- (ii) Quais as formas ou métodos mais comumente adotados para avaliar a gestão de resíduos sólidos?.**

Para responder a estas perguntas de pesquisa, este estudo adotou o método de Revisão Sistemática de Literatura Systematic Review for Engineering and Experiments (SREE), método esse baseado no ProKnow-C (Gomes et al., 2023; Reis et al., 2022; Azevedo et al., 2022; Simões et al., 2025).

Assim, busca-se identificar as boas práticas a serem adotadas nos sistemas de gerenciamento de resíduos e o nível de abrangência (municipal, nacional, global), os quais podem ser modelos para aplicação em sistemas de gestão a serem implantados.

Dessa forma, este artigo de revisão apresenta, aos pesquisadores da área, alguns métodos utilizados pela comunidade científica sobre gestão para enfrentar os problemas referentes ao aumento dos resíduos sólidos. A revisão tem como referência artigos científicos publicados nos últimos cinco anos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Enquanto as nações articulam estratégias de mitigação das mudanças climáticas, simultaneamente encaram o problema do manejo de resíduos — uma fonte significativa de emissões e, ao mesmo tempo, uma oportunidade de redução de impactos por meio de políticas circulares (Dan et. al, 2021). O aumento populacional e o processo de urbanização, juntamente com o uso crescente dos recursos contribuem para maior geração dos resíduos (Knickmeyer, 2020; Onesmo; Mabhuye; Ndaki, 2023).

Esse quadro é agravado pelo grande acúmulo de resíduos sólidos não tratados, consequência direta de sistemas de gerenciamento ineficientes. A ausência de estrutura e de recursos, especialmente em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, dificulta a adoção de estratégias eficazes (Sondh et al., 2022). Além disso, barreiras políticas e regulatórias — frequentemente manifestadas por sistemas legais fragmentados e falta de integração entre as esferas governamentais — limitam a incorporação ampla dos princípios da economia circular (Bhakta et al., 2021; Ferronato et al., 2023).

A implementação de sistemas de gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos, baseados na hierarquia de resíduos (prevenção, reutilização, reciclagem, recuperação e disposição final), constitui um dos caminhos mais promissores para alcançar sustentabilidade ambiental, inclusão social e redução da pobreza. Tais práticas, aliadas à logística reversa, ao tratamento de orgânicos (como compostagem e biodigestão), à formalização de cooperativas de catadores e à criação de sistemas de monitoramento com indicadores ambientais, sociais e econômicos, fortalecem os pilares da economia circular, do desperdício zero e da gestão sustentável de materiais (Ferronato et al., 2019). Apesar disso, a integração efetiva desses conceitos ainda representa um desafio para a formulação de políticas e o planejamento setorial (Anshassi; Laux; Townsend, 2019).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), instituídos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, por meio da Agenda 2030, orientam as nações na busca pela erradicação da pobreza, proteção do planeta e promoção do bem-estar coletivo (Ferronato et al., 2019; Kfouri et al., 2022). No contexto da gestão de resíduos, esses objetivos demandam a priorização de práticas ambientalmente adequadas e socialmente justas, especialmente em países onde os sistemas ainda são insatisfatórios (Castellani; Ferronato; Torretta, 2022). Essas metas globais têm inspirado pesquisas acadêmicas e políticas institucionais voltadas à recuperação e reciclagem de materiais, impulsionando o avanço científico e prático na área (Owojori et al., 2020).

Entretanto, a pandemia da COVID-19 e a subsequente crise socioeconômica impuseram retrocessos no cumprimento dos ODS, revelando a necessidade de fortalecer políticas públicas que incentivem uma gestão de resíduos pautada na economia circular (Bhakta et al., 2021). Nas últimas décadas, muitas economias passaram a adotar modelos produtivos e de consumo mais sustentáveis, permitindo conciliar crescimento econômico com eficiência no uso de recursos e redução de impactos ambientais (Dan et. al, 2021).

O avanço rumo à economia circular depende fortemente da participação ativa da sociedade, em especial no estágio inicial da segregação de resíduos domiciliares (Knickmeyer, 2020). Esse modelo surge como resposta direta à escassez de recursos naturais e à crescente demanda por novos materiais, reforçando a necessidade de alinhar o desenvolvimento econômico à minimização da geração de resíduos (Kanojia; Visvanathan, 2021). A economia circular propõe, portanto, manter produtos, componentes e materiais em uso pelo tempo possível — por meio da redução na fonte, reutilização, reparo, remanufatura e reciclagem —, diminuindo simultaneamente a extração de insumos virgens e o volume de descarte (Onesmo; Mabhuye; Ndaki, 2023).

Nos países em desenvolvimento, o gerenciamento de resíduos constitui um desafio persistente. Grande parte das atividades de recuperação ainda é realizada por trabalhadores do setor informal, cuja atuação é decisiva para os índices de reciclagem (Dan et. al, 2021). Reconhecer e integrar esse segmento aos sistemas formais é essencial para aprimorar a eficiência dos serviços urbanos e promover inclusão socioeconômica. No Brasil, por exemplo, a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, prevê essa integração. Ao mesmo tempo, as ações dos catadores contribuem para a sustentabilidade e fortalecem a lógica da economia circular, reduzindo custos operacionais e garantindo meios de subsistência às populações em vulnerabilidade (Bhakta et al., 2021; Ferronato et al., 2019; Yousafzai et al., 2020).

Políticas de gestão bem estruturadas costumam combinar diferentes métodos e instrumentos, incluindo parcerias público-privadas, debates políticos, desenvolvimento de infraestrutura, mecanismos de certificação e aplicação de penalidades (Sondh et al., 2022). A gestão integrada de resíduos sólidos, portanto, constitui um dos maiores desafios enfrentados pelos serviços públicos. Soluções inovadoras e abordagens colaborativas, inspiradas em experiências internacionais de sucesso, podem orientar gestores na definição de ações locais mais eficientes (Knickmeyer, 2020; Tsai et al., 2020).

Uma gestão urbana de resíduos sólida e bem planejada contribui decisivamente para a preservação ambiental e adoção de práticas ecologicamente corretas. Essa escolha deve considerar tanto os custos econômicos — relacionados à operação e à mão de obra — quanto os impactos ambientais, como as emissões de gases de efeito estufa durante o tratamento (Sondh et al., 2022). Os principais mecanismos de tratamento convencional incluem digestão anaeróbia, compostagem, disposição em aterros e incineração, enquanto opções não convencionais, como gaseificação, pirólise, incineração hidrotérmica e liquefação, oferecem potencial de valorização energética e material, transformando resíduos em calor, eletricidade, fertilizantes, materiais de construção e produtos químicos de valor agregado (Sondh et al., 2022).

Dentre as práticas de maior benefício ambiental, a reciclagem destaca-se como a mais eficaz — tanto sob o ponto de vista ecológico quanto econômico (Zhang et al., 2021). Programas educativos, campanhas de comunicação e incentivos financeiros são ferramentas fundamentais para consolidar essa cultura, estimulando a separação prévia dos resíduos e promovendo mudanças comportamentais duradouras (Knickmeyer, 2020).

Países como Coreia do Sul, Japão, Suécia, Suíça, Alemanha e Holanda exemplificam modelos avançados, baseados em políticas consistentes, educação ambiental, coleta eficiente e incentivo à

economia circular. Essas nações demonstram que a integração entre governança forte, responsabilidade social e inovação tecnológica pode impulsionar o desenvolvimento sustentável (Sondh et al., 2022).

O desafio da gestão também se intensifica pelo volume crescente de resíduos plásticos. A decisão da China, em 2017, de encerrar as importações de resíduos plásticos alterou significativamente o cenário do comércio global, forçando países desenvolvidos a repensarem seus sistemas de reciclagem e reduzirem a dependência desses materiais — uma mudança positiva para o avanço global da sustentabilidade (Shi; Zhang; Chen, 2021).

Por outro lado, resíduos considerados intratáveis podem ser convertidos em fontes alternativas de energia, como eletricidade e calor, ou transformados em materiais úteis — fertilizantes, compostos cimentícios e insumos para pavimentação com rejeitos da construção civil (Sondh et al., 2022).

As novas tendências na gestão de resíduos incorporam inovações tecnológicas como a Internet Coisas (IoT), sensores inteligentes, contêineres solares e aplicativos móveis, que permitem maior automação, rastreabilidade e eficiência dos sistemas (Sondh et al., 2022). A adoção dos conceitos da Indústria 4.0 possibilita avaliar o grau de prontidão dos municípios para essa transformação digital, promovendo maior integração entre sustentabilidade, planejamento urbano e economia circular (Kanojia; Visvanathan, 2021).

Além disso, metodologias quantitativas — como a regressão linear multivariada — vêm sendo utilizadas para correlacionar variáveis demográficas, econômicas e climáticas às taxas de geração e recuperação de resíduos sólidos urbanos, aprimorando o processo de tomada de decisão (Matthews; Small, 2022).

Entre as ferramentas de apoio, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) se destaca como uma metodologia amplamente empregada para verificar impactos ambientais, eficiência energética e alternativas tecnológicas em sistemas de gestão de resíduos. Ela tem permitido desde a comparação de materiais substitutos a combustíveis fósseis (Ferronato et al., 2023) até a análise da taxa de reciclagem e dos efeitos ambientais de diferentes opções de tratamento (Ferronato et al., 2021; Gadaleta et al., 2021; Zhang et al., 2021).

Na União Europeia, metas rigorosas de reciclagem e redução do envio de resíduos a aterros têm impulsionado a adoção de tecnologias de ponta associadas à Indústria 4.0, como robótica, automação e sistemas digitais de controle, aplicadas à indústria de gerenciamento de resíduos (Kanojia; Visvanathan, 2021). Em alguns países-membros, a combinação de sistemas de coleta porta a porta e centrais de valorização energética permitiu alcançar metas de reciclagem superiores a 50% antes do prazo estabelecido, ao mesmo tempo em que gerou energia elétrica e térmica (Bertanza et al., 2021).

Por fim, o uso sistemático da ACV para embasar o planejamento e as decisões estratégicas reforça a importância de adotar uma visão integrada na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Essa abordagem possibilita comparar tecnologias, avaliar cenários, reduzir impactos ambientais e otimizar o desempenho sustentável das cidades (Zhang et al., 2021).

3 METODOLOGIA

3.1. ENQUADRAMENTO DA PESQUISA

A presente pesquisa é classificada como exploratória, quanto ao objetivo da pesquisa, uma vez que permite o estudo de um determinado tema através de revisão sistemática de literatura.

Quanto à abordagem da pesquisa, é classificada como qualitativa, por examinar títulos, resumos e textos dos artigos encontrados para a definição do portfólio e, quantitativa, pois é realizada por investigação bibliométrica através da análise de números quanto ao portfólio definido.

3.2. DEFINIÇÃO DO PORTFÓLIO

Para desenvolver a revisão sistemática, utilizou-se um novo método chamado de SREE (Systematic Review for Engineering and Experiments), cuja origem é o ProKnow-C (Knowledge Development Process- Constructivist) (Azevedo et al., 2022). Na Figura 1 são apresentadas as etapas do método usado. No Quadro 1 é apresentado o detalhamento de cada uma das etapas metodológicas.

Conforme apresentado na Tabela 1, realizou-se a pesquisa em três bases de dados e a combinação entre as três palavras-chave, que resultam em artigos mais próximos do procurado, totalizando 36 artigos científicos considerando os cinco últimos anos.

Tabela 1 – Resultados das pesquisas com as palavras-chaves considerando os cinco últimos anos de publicação.

Primeira e segunda etapas				
Palavras-chave	Science Direct	Web of Science	Scopus	Total
“solid waste management system” AND “sustainable development” AND “circular economy”	18	4	14	36

Fonte: Autores (2023).

Figura 1 – Sequência de etapas do método utilizado.



Fonte: Autores (2023).

Quadro 1 – Etapas metodológicas.

Etapas da metodologia adotada	
Etapa	Descrição
1ª: Definição dos parâmetros de busca.	Utilizou-se as seguintes palavras-chave: “solid waste management system”, “sustainable development” e “circular economy”. As pesquisas foram realizadas em três bases de dados vinculadas à Engenharia Civil: Science Direct, Web of Science e Scopus, todas indexadas pelo site da CAPES (CAPES, 2023). As expressões foram buscadas em títulos, resumos e palavras-chave de artigos científicos. A busca foi realizada com a combinação de palavras-chave, em 15 de junho de 2023.
2ª: Filtro de artigos a partir de 2018	Os artigos foram filtrados, considerando os últimos cinco anos, por se tratar de uma tema atual, o qual passa por mudanças com celeridade. Na sequência, os artigos selecionados foram extraídos e exportados para o programa computacional gerenciador de referências Mendeley.
3ª: Remoção dos artigos duplicados	Como os artigos foram indexados por diferentes bases de dados, há artigos duplicados em pelo menos duas das três bases escolhidas.
4ª: Análise dos títulos dos artigos	Analisa-se se os títulos dos artigos estavam alinhados com o tema da pesquisa, descartando aqueles que não estavam.
5ª: Eliminação dos artigos indisponíveis	Foram eliminados os artigos que não estavam totalmente disponíveis.
6ª: Análise dos resumos dos artigos	Analisa-se os resumos dos artigos, sendo descartados os que não estavam alinhados com os objetivos da busca desejada.
7ª: Leitura completa dos artigos	Os artigos restantes passaram por uma leitura completa e, estando totalmente alinhados com o tema desejado, fariam parte do portfólio da revisão sistemática de literatura.

Fonte: Autores (2023).

Dos 36 artigos extraídos para o programa Mendeley, foram descartados nove por estarem duplicados. Três artigos foram eliminados pela leitura dos títulos, por não estarem alinhados com o tema da pesquisa. Dando sequência, eliminou-se três artigos por não estarem disponíveis na íntegra. Foram analisados os resumos e, para todos os artigos, seus resumos estavam alinhados com o tema da pesquisa, não havendo exclusões nesta etapa. Por fim, os artigos passaram por uma leitura completa e estavam alinhados com o tema, compondo então o portfólio com 21 trabalhos científicos. A Tabela 2 apresenta o resumo do processo e a quantidade de artigos selecionados.

Analizando os artigos do portfólio literário, buscou-se identificar os métodos de gestão que podem ser incorporados a um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos em geral, em abrangência local, regional e nacional, considerando as boas práticas já desenvolvidas.

Tabela 2 – Descartes dos artigos selecionados até a definição final do portfólio.

Terceira etapa		
Critério	Quantidade	Saldo restante
Artigos selecionados considerando os últimos cinco anos de publicação	36	36
Artigos duplicados	9	27
Artigos eliminados pelo título	3	24
Artigos que não estavam totalmente disponíveis	3	21
Artigos eliminados pelo resumo	0	21
Artigos descartados pela leitura completa	0	21

Fonte: Autores (2023).

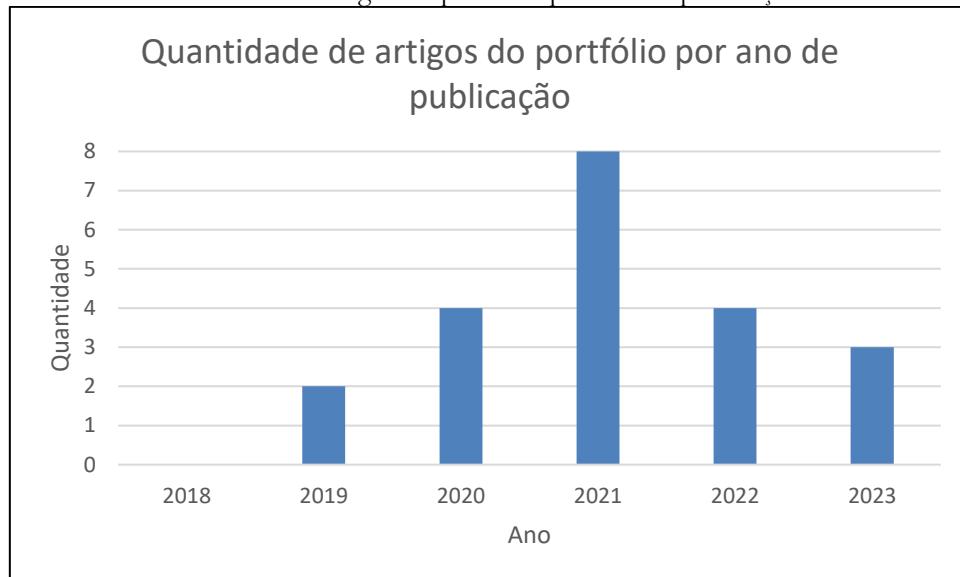
3.3. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica do portfólio de artigos selecionados compreende a avaliação da qualidade metodológica e a análise bibliométrica propriamente dita. A análise da qualidade metodológica é baseada na adoção de conceitos estatísticos associados a randomização ou aleatorização no planejamento, preparo e execução dos experimentos e também na adoção dos conceitos de inferência estatística na comparação dos resultados dos experimentos para a determinação dos melhores resultados. Dado ao tipo de estudos obtidos na seleção do portfólio bibliográfico (estudo de métodos e modelos, estudos teóricos, dentre outros), a avaliação da qualidade metodológica não é passível de aplicação.

Para realizar a análise bibliométrica do portfólio selecionado, quantificou-se inicialmente os artigos por ano de publicação e a quantidade de vezes que os trabalhos foram citados, em consulta ao Google Acadêmico, ou seja, o seu reconhecimento científico.

No Gráfico 1, é apresentada a quantidade de artigos do portfólio por ano de publicação. Dentre os 21 artigos, nenhum foi publicado em 2018. Esse ano foi incluído na seleção das bases de dados, pois 2019 a 2023 não teriam cinco anos completos de análise. O ano com maior quantidade de publicações foi 2021, com oito artigos do portfólio.

Gráfico 1 – Artigos do portfólio por ano de publicação.



Fonte: Autores (2023).

O Quadro 2 apresenta os artigos que formam o portfólio dessa pesquisa, com as informações do ano de publicação, título, periódico e número de citações. “*Social factors influencing household waste separation: A literature review on good practices to improve the recycling performance of urban areas*” foi o artigo com maior quantidade de citações: 259, seguido do “*Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery*” com 132 citações. As demais informações presentes no Quadro 2 são importantes para a determinação dos números das análises seguintes.

Gráfico 2 – Artigos do portfólio.

Artigos				
Ano de publicação	Ref.	Título	Periódico	Citações
2023	[8]	Environmental Life Cycle Assessment of biomass and cardboard waste-based briquettes production and consumption in Andean areas	Energy for Sustainable Development	2
2023	[11]	Life cycle assessment of end-of-life options for cellulose-based bioplastics when introduced into a municipal solid waste management system	Science of the Total Environment	2
2023	[16]	A Synergy Between Sustainable Solid Waste Management and the Circular Economy in Tanzania Cities: a Case of Scrap Metal Trade in Arusha City	Urban Forum	0

Artigos				
Ano de publicação	Ref.	Título	Periódico	Citações
2022	[6]	Setting priorities to achieve Sustainable Development Goals through appropriate waste management systems in Uganda	Environmental Development	3
2022	[13]	Sustainable solid waste management in restaurants: The case of the Ecozinha Institute, Brazil	International Journal of Gastronomy and Food Science	6
2022	[20]	A strategic review on Municipal Solid Waste (living solid waste) management system focusing on policies, selection criteria and techniques for waste-to-value	Journal of Cleaner Production	13
2022	[15]	Global knowledge base for municipal solid waste management: Framework development and application in waste generation prediction	Journal of Cleaner Production	3
2021	[22]	Exploring the industrial solid wastes management system - Empirical analysis of forecasting and safeguard mechanisms	Journal of Environmental Management	17
2021	[24]	Sustainable municipal waste management strategies through life cycle assessment method: A review	Journal of Environmental Management	68
2021	[4]	Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery	Science of the Total Environment	132
2021	[19]	The expansion and shrinkage of the international trade network of plastic wastes affected by China's waste management policies	Sustainable Production and Consumption	37
2021	[3]	Implementation of circular economy in the management of municipal solid waste in an Italian medium-sized city: A 30-years lasting history	Waste Management	15
2021	[10]	Sensitivity analysis and improvements of the recycling rate in municipal solid waste life cycle assessment: Focus on a Latin American developing context	Waste Management	29
2021	[7]	Understanding the role of informal sector for sustainable development of municipal solid waste management system: A case study in Vietnam	Waste Management	47
2021	[12]	Assessment of urban solid waste management systems for Industry 4.0 technology interventions and the circular economy	Waste Management & Research	8
2020	[21]	A performance assessment approach for integrated solid waste management using a sustainable balanced scorecard approach	Journal of Cleaner Production	77
2020	[14]	Social factors influencing household waste separation: A literature review on good practices to improve the recycling performance of urban areas	Journal of Cleaner Production	259
2020	[23]	Sustainability of waste picker sustainopreneurs in Pakistan's informal solid waste management system for cleaner production	Journal of Cleaner Production	26
2020	[17]	Characterisation, Recovery and Recycling Potential of Solid Waste in a University of a Developing Economy	Sustainability	26

Artigos				
Ano de publicação	Ref.	Título	Periódico	Citações
2019	[9]	How to improve recycling rate in developing big cities: Na integrated approach for assessing municipal solid waste collection and treatment scenarios	Environmental Development	69
2019	[1]	Approaches to integrate sustainable materials management into waste management planning and policy	Resources, Conservation and Recycling	41

Fonte: Autores (2023).

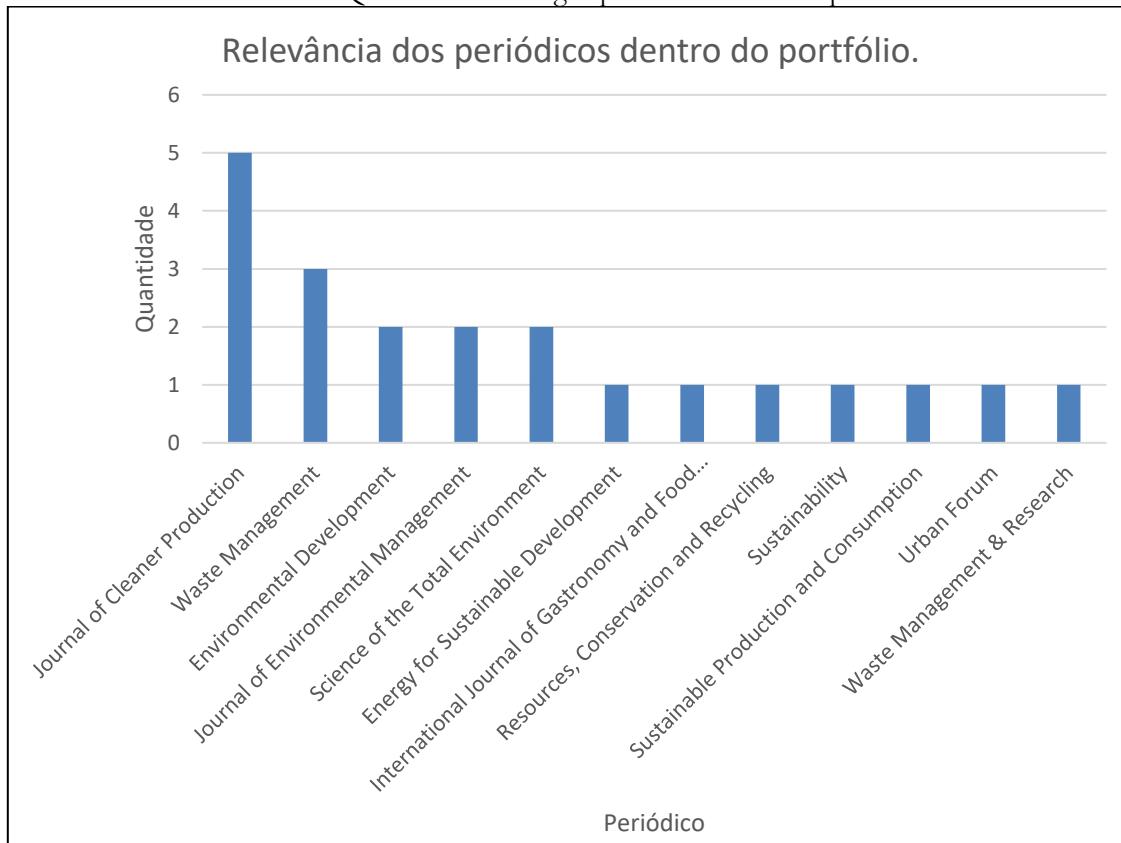
Investigou-se também a relevância do periódico dentro do portfólio, ou seja, verificou-se quantos artigos foram publicados em cada um dos periódicos do portfólio.

No Gráfico 2, é apresentada a relevância do periódico dentro do portfólio. Verifica-se que o periódico mais relevante nesse caso foi o “*Journal of Cleaner Production*”, com cinco artigos publicados, sendo seguido por “*Waste Management*”, com quatro artigos. Os periódicos “*Environmental Development*”, “*Journal of Environmental Management*” e “*Science of the Total Environment*” possuem dois artigos publicados em cada e os demais apenas um artigo.

Na sequência, verificou-se a relevância dos periódicos onde foram publicados os artigos científicos, de acordo com o Qualis-Periódicos, desde a melhor classificação (A1) até a última categoria (C) (Qualis-Periódicos, 2023). Buscou-se também encontrar outros fatores de impacto (H-Index e JIF).

É possível verificar, no Quadro 3, a classificação QUALIS de cada periódico na área Engenharias I e índices de impacto, como H-Index e Fator de Impacto JIF (Journal Impact Factor). Apesar de alguns periódicos não apresentarem classificação Qualis para Engenharias I, em todas as demais áreas no quadriênio 2017-2020 a classificação é A1, com exceção de "Urban Forum" que não possui dados cadastrados para pesquisa.

Gráfico 2 – Quantidade de artigos publicados em cada periódico.



Fonte: Autores (2023).

Quadro 3 – Classificação dos periódicos.

Classificação dos periódicos				
Periódico	Qualis	H-Index	JIF	
Energy for Sustainable Development	-	76	5.655	
Environmental Development	A1	42	4.690	
International Journal of Gastronomy and Food Science	-	28	3.194	
Journal of Cleaner Production	A1	268	11.072	
Journal of Environmental Management	A1	218	8.910	
Resources, Conservation and Recycling	A1	170	13.716	
Science of the Total Environment	A1	317	10.754	
Sustainable Production and Consumption	A2	60	8.921	
Sustainability	A2	136	3.889	
Urban Forum	-	42	-	
Waste Management	A1	201	8.816	
Waste Management & Research	A3	92	4432	

Fonte: Autores (2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Quadro 4, são apresentados alguns métodos de avaliação que têm sido aplicados para melhoria dos sistemas gestão de resíduos sólidos, conforme proposto como pergunta de pesquisa.

Gráfico 4 – Estudos de métodos utilizados em sistemas de gestão de resíduos.

Métodos estudados					
Ref.	Local	Abrangência	Objetivo	Método de Avaliação	Resultados
[21]	Vietnã	Nacional	Melhorar a gestão de resíduos	Modelagem estrutural de atributos em modelos hierárquicos	Necessidade de investimento financeiro e envolvimento do governo e setor privado
[20]	-	Municipal	Valorizar resíduos em sistema de gestão de resíduos sólidos municipais a partir de critérios de escolha de tecnologias de tratamento	Classificação dos métodos de tratamento de resíduos	Transformação de resíduos em materiais e desperdício em energia
[16]	Arusha (Tanzânia)	Municipal	Avaliar a sinergia de sucatas	Avaliação de materiais secundários	Contribuição para a reciclagem e a economia circular
[1]	Estados Unidos	Nacional e Estadual	Avaliar práticas de sustentabilidade nas políticas de resíduos sólidos	Análise de dados de resíduos	Direcionamento de materiais como o metal e o papel para a reciclagem
[12]	Indore e Sagar (Índia)	Municipal	Avaliar a gestão municipal de resíduos sólidos	Aplicação de ferramenta Indústria 4.0	Melhoria do planejamento e transformação dos sistemas municipais de gestão
[17]	Africa do Sul	Nacional	Caracterizar resíduos em edifícios e prédios acadêmicos	Triagem de resíduos na fonte de geração	Alto potencial de reciclagem, compostagem, redução de resíduos para aterros e desenvolvimento de economia circular
[4]	-	Global	Abordar a economia circular pós-covid	Cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	Regularização do trabalho informal, descentralizar sistemas de resíduos sólidos, incentivar a reciclagem e a recuperação de resíduos
[8]	Bolívia	Nacional	Avaliar briquetes à base de resíduos	Avaliação do ciclo de vida	Valorização dos resíduos que seriam descartados em materiais alternativos
[22]	China	Nacional	Prever e tratar os resíduos industriais do país	Modelagem matemática	Classificação e reaproveitamento de resíduos dentro das

Métodos estudados					
Ref.	Local	Abrangência	Objetivo	Método de Avaliação	Resultados
					próprias indústrias, além de armazenar para reciclagem
[15]	-	Municipal	Quantificar geração, composição e taxas de recuperação de resíduos sólidos municipais	Regressão linear multivariada	Redução de barreiras de coleta de dados, de complexidade de modelos e de erros pela variação de dados
[9]	La Paz (Bolívia)	Municipal	Apresentar as dificuldades de aplicação de sistemas de gestão de resíduos	Abordagem multidimensional qualitativa e quantitativa / Análise de Decisão por Multicritérios	Necessidade de conscientização política, adesão da sociedade para aplicação da coleta seletiva e combinação de métodos diversos
[3]	Brescia (Itália)	Municipal	Analizar a evolução das estratégias de gestão de resíduos sólidos ao longo de 30 anos	Mensuração de indicadores numéricos	Construção de planta de incineração e sistema de coleta porta a porta, com recuperação de materiais e melhoria da taxa de reciclagem, acréscimo de resíduos coletados e redução de materiais enviados para aterros
[11]	-	Municipal	Avaliar destino final de bioplásticos para introdução à sistema de gerenciamento municipal de resíduos	Avaliação do ciclo de vida	Degradação parcial de bioplásticos à base de celulose, através do tratamento de frações orgânicas industriais
[10]	La Paz (Bolívia)	Municipal	Analizar impactos ambientais com aumento de taxa de reciclagem	Avaliação do ciclo de vida	A avaliação serve de comparação com estudos anteriores e para aplicações futuras em direção ao desenvolvimento sustentável e a uma economia circular
[6]	Uganda	Nacional	Identificar as ações a serem priorizadas para o desenvolvimento sustentável do país	Implementação de estratégias, políticas e soluções inovadoras	Valorização de resíduos e desenvolvimento de economia circular, com construção de aterros controlados, melhor eficiência na coleta de lixo e valorização do empreendedorismo local da reciclagem
[14]	-	Municipal	Aprimorar sistemas de gestão municipal de resíduos através da cultura da reciclagem	Compilação de teorias e boas práticas	Comunicação direcionada e que envolva a população, separação de resíduos como uma norma para a sociedade,

Métodos estudados					
Ref.	Local	Abrangência	Objetivo	Método de Avaliação	Resultados
					intervenções com base em boas práticas aplicadas em diferentes cidades
[23]	Paquistão	Nacional	Defender o reconhecimento do trabalho informal como responsáveis pela gestão local	Pesquisa qualitativa indutiva	A informalidade desempenha o ecoempreendedorismo e desenvolve maneiras para criar valor para a sociedade, mesmo sendo rotulados e excluídos da sociedade
[24]	-	Municipal	Avaliar regiões desenvolvidas e em desenvolvimento quanto a sistemas de resíduos sólidos	Avaliação do ciclo de vida	A implementação do sistema de gestão integrada de resíduos, direcionada para resíduos orgânicos e recicláveis, substitui o tratamento de aterro sanitário único, o lixão a céu aberto ou a incineração
[13]	Brasília (Brasil)	Municipal / Distrital	Verificação da gestão sustentável de resíduos sólidos em restaurantes	Observações e registros para práticas corretivas	Planejamento do cardápio e o armazenamento temporário dos resíduos reduzem o envio de rejeitos para aterros, com princípios de evitar, reduzir, reutilizar e reciclar o desperdício
[19]	China	Nacional	Analisa a evolução histórica do comércio internacional de resíduos plásticos	Análise de rede complexa	Com políticas sustentáveis cada vez mais rigorosas, a China parou de importar resíduos plásticos, a tendência de crescimento comercial estagnou e os países em desenvolvimento têm modificado o padrão geográfico da rede global de comércio de resíduos
[7]	Vietnã	Nacional	Analisa a gestão e o tratamento de resíduos do país através do setor informal	Pesquisa de campo	O campo informal precisa ser integrado no sistema de gerenciamento de resíduos e o governo deve melhorar os meios de subsistência e as condições de trabalho do setor

Fonte: Autores (2023).

Com base nos estudos realizados, verificou-se que coletas sistemáticas de dados, baseadas em observações e registros em fichas elaboradas para essa finalidade, foram utilizadas para definir práticas corretivas e implementar ações voltadas à redução e ao gerenciamento de resíduos sólidos em um restaurante. Essa abordagem resultou em uma redução significativa dos resíduos encaminhados a aterros sanitários, seguindo os princípios de evitar, reduzir, reutilizar e reciclar o desperdício. Como resultado prático, houve o desenvolvimento de um sistema de reciclagem de vidro e a implementação de instalações descentralizadas de compostagem para resíduos orgânicos (Kfouri et al., 2022). A aplicação desse método no setor de alimentação constitui uma boa prática de gestão, pois minimiza os resíduos destinados aos aterros e ao mesmo tempo potencializa as taxas de reciclagem.

Quando se trata da gestão de resíduos em economias em desenvolvimento, diversas experiências apontam caminhos consistentes para maior sustentabilidade. Estudos realizados em edifícios acadêmicos e administrativos mostram que a caracterização detalhada dos resíduos gerados permite aprimorar os processos de reciclagem e ampliar o uso da compostagem. Essa estratégia reduz de forma expressiva o volume de resíduos enviados a aterros, além de agregar valor aos materiais descartados, fortalecer a economia circular e construir um campus universitário mais sustentável, servindo de referência a outras instituições de ensino (Owojori et al., 2020). No mesmo contexto, o comércio de sucatas desenvolvido na Tanzânia exemplifica como a reciclagem pode impulsionar a economia circular e, simultaneamente, melhorar as condições de subsistência das populações locais — reforçando a importância de incorporar o princípio do desenvolvimento sustentável desde a etapa de design dos produtos (Onesmo; Mabhuye; Ndaki, 2023). Assim, tanto a compostagem de orgânicos quanto a reciclagem de sucatas metálicas configuraram boas práticas a serem incorporadas em sistemas de gestão integrados.

Sob uma perspectiva metodológica mais analítica, um estudo que utilizou o método de modelagem estrutural de atributos hierárquicos identificou que o investimento financeiro, o envolvimento das partes interessadas (governo e setor privado) e a capacidade de inovação estão fortemente interligados — e são fatores decisivos para o aprimoramento dos sistemas de gestão. Elementos como eficiência de custos, cooperação institucional, flexibilidade diante de mudanças ambientais e domínio tecnológico contribuem para que os tomadores de decisão alcancem melhores níveis de desempenho operacional e sustentabilidade (Tsai et al., 2020).

Outro modelo de sistema de gestão, desenvolvido com base em técnicas de modelagem matemática, organiza dados sobre a geração, descarte e armazenamento de resíduos industriais com o intuito de reduzir o envio a aterros e incineradores. Nesse modelo, os resíduos são classificados, reaproveitados internamente e logicamente transportados para processos de reciclagem. O

envolvimento de políticas governamentais e agentes colaborativos garante maior eficiência no reaproveitamento, transformando o gerenciamento de resíduos industriais em uma atividade de valor agregado (Yang et al., 2021). A triagem e o reaproveitamento para reciclagem representam, portanto, práticas eficazes e replicáveis que podem ser integradas a diferentes contextos produtivos.

Ainda dentro da lógica da economia circular e da valorização de resíduos, destacam-se esforços voltados à construção de aterros sanitários controlados e à melhoria da eficiência na coleta de lixo, medidas que contribuem para reduzir a contaminação ambiental e eliminar condições inseguras de trabalho em setores informais. Para consolidar um sistema de gestão de resíduos eficaz e inclusivo, é essencial erradicar o trabalho infantil, fortalecer o empreendedorismo local na cadeia da reciclagem e assegurar o acesso a fontes de energia limpa e acessível, pilares fundamentais para a promoção do desenvolvimento sustentável (Castellani; Ferronato; Torretta, 2022).

Conforme estudos de casos realizados em diferentes localidades, verificou-se que a avaliação do ciclo de vida foi, dentre os artigos do portfólio, o método de avaliação mais utilizado para análise do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos. Ela permite mensurar impactos ambientais potenciais ao longo de todas as etapas do ciclo de um produto — desde a extração de matérias-primas até a disposição final —, o que possibilita uma compreensão mais ampla da eficiência dos sistemas e das oportunidades de melhoria. Outras metodologias também foram usadas, como análises multicritério, indicadores de sustentabilidade, estudos de pegada de carbono e de energia, além de avaliações econômicas e sociais complementares, reforçando a importância da abordagem integrada para a gestão de resíduos.

Os resultados indicam que, dentre os mecanismos de gestão de resíduos sólidos, a compostagem, a coletiva seletiva e a reciclagem são alguns exemplos que podem ser incorporados a nível municipal para otimização dos sistemas de gestão. Em especial, a compostagem de resíduos orgânicos mostrou-se eficiente na redução do volume destinado a aterros, contribuindo para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e para a geração de subprodutos de valor agregado, como o composto orgânico utilizado em solos agrícolas e urbanos. Já a ampliação dos programas de coleta seletiva e triagem mecanizada, associada à educação ambiental da população, se revelou determinante para o aumento das taxas de reaproveitamento de materiais recicláveis e para a redução dos custos de destinação final.

Além disso, foi possível pontuar que a economia circular, o desperdício zero e a gestão sustentável de materiais são boas práticas sustentáveis que podem ser aplicadas em um sistema de gerenciamento de resíduos. Essas abordagens visam a “fechar o ciclo” da produção e consumo, estimulando a reinserção de materiais na cadeia produtiva e a minimização do descarte. Verificou-se também que há a possibilidade de agregar valor aos resíduos, como por exemplo, ao se utilizar materiais alternativos (plásticos reciclados,

biocompósitos – fibras naturais e resinas, revestimentos ou aditivos a partir de resíduos), ou na geração de energia e combustível.

É viável implantar centrais de valorização energética de resíduos, desde que integradas a um sistema que privilegie prevenção e reciclagem. Tecnologias como digestão anaeróbia (biogás), captura de biogás de aterro, gaseificação/piratólise e incineração com recuperação de energia podem converter frações orgânicas e rejeitos não recicláveis em eletricidade, calor, biometano ou combustíveis sintéticos, mediante avaliação rigorosa de viabilidade técnica, ambiental e socioeconômica. Em alguns estudos de caso, a geração de biogás a partir de resíduos orgânicos urbanos mostrou um potencial expressivo de suprimento energético local, reduzindo dependência de fontes fósseis e as emissões de metano oriundas de aterros.

Com a implementação de políticas públicas voltadas à sustentabilidade, pode-se melhorar os quantitativos de resíduos gerados e dispostos, aplicando os conceitos de redução, reutilização e reciclagem. O fortalecimento de instrumentos normativos, incentivos fiscais, acordos setoriais e programas de logística reversa tem papel fundamental para aumentar a eficiência da gestão e engajar a sociedade civil e o setor produtivo. O sistema de coleta porta a porta, integrado a redes cooperativas de catadores e a ecopontos locais, pode otimizar os resultados dos sistemas de gestão e ampliar o acesso da população à destinação ambientalmente adequada de resíduos.

Além disso, o uso de tecnologias digitais, como aplicativos móveis, sensores inteligentes, sistemas de rastreamento e plataformas baseadas na internet das coisas (conceito segundo o qual objetos físicos — desde sensores simples até eletrodomésticos, veículos e máquinas industriais — são conectados à internet e entre si, permitindo coletar, trocar e atuar sobre dados para automatizar processos, gerar informação em tempo real e oferecer serviços novos ou otimizados), permite o monitoramento em tempo real dos fluxos de resíduos, otimizando rotas de coleta, prevendo enchimento de contêineres e reduzindo custos operacionais. Essa digitalização, quando associada aos conceitos da Indústria 4.0, viabiliza a criação de cidades inteligentes e sustentáveis, em que os processos de coleta, triagem e destinação tornam-se automatizados, interconectados e baseados em dados. Essa integração tecnológica contribui para minimizar a geração de resíduos destinados a aterros sanitários, promover inovação nos modelos de gestão e fortalecer a transição para um modelo urbano mais circular e resiliente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração de resíduos sólidos é uma preocupação a nível a global. Os cuidados sobre esse tema são necessários, devido aos riscos à saúde humana e ao meio ambiente (poluição e emissões de gases de efeito estufa). As soluções eficazes podem amenizar os problemas decorrentes de elevado crescimento populacional e da urbanização.

A economia circular tem ganhado destaque nos últimos anos. Trata-se de uma maneira de alcançar um modelo de desenvolvimento sustentável. A economia circular visa a recuperação de energia e de materiais, a projeção de produtos duráveis e o prolongamento da vida útil dos sistemas. Preocupações ambientais alinhadas com o desenvolvimento econômico e a valorização dos recursos podem impulsionar o crescimento das atividades de gerenciamento de resíduos.

Observou-se nas pesquisas realizadas que a reciclagem é uma proposta de mecanismo de gestão que tem se mostrado eficiente, pois desenvolve economia circular, reduz os impactos ambientais e minimiza a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários. A recuperação de materiais tem sido outra alternativa para conter a expansão do problema de acúmulo de resíduos.

Cada região precisa de um mecanismo estratégico para decisão do melhor tipo de descarte de resíduos, a partir do método de avaliação que envolve custos econômicos e ambientais. A maioria dos mecanismos são eficientes para reduzir o volume dos resíduos.

Conhecer os sistemas de gestão auxiliam e dão suporte a decisões. Faz-se necessário melhorar o gerenciamento dos resíduos para alavancar fatores socioeconômicos, em nível municipal (gestão de resíduos sólidos, nas secretarias de meio ambiente), regional (consórcios intermunicipais) e nacional (ministérios, agências e bancos públicos de fomento) e alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável propostos pela ONU.

Identificou-se que, nos trabalhos desenvolvidos, buscou-se analisar os sistemas de gestão a nível municipal, distrital, estadual, nacional ou global. As pesquisas são direcionadas à aplicação de métodos em municípios específicos ou de uma forma superficial em abrangências maiores. Como lacunas de pesquisa, faltam estudos voltados à gestão intermunicipal, ou seja, carecem estudos de associações de municípios limítrofes sobre desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos em conjunto. As boas práticas já implantadas podem impulsionar o desenvolvimento de novos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos, inclusive aqueles de gestão intermunicipal que possam ser implementados.

6. REFERÊNCIAS

- ANSHASSI, M.; LAUX, S. J.; TOWNSEND, T. G. Approaches to integrate sustainable materials management into waste management planning and policy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 148, n. January, p. 55–66, 2019.
- AZEVEDO, R. C.; SOUZA, E. A. D.; DIAS, E. A. P.; DIAS, E. R.; GOMES, H. C.; COELHO, I. D. **Systematic Review for Engineering and Experiments (SREE)**. Belo Horizonte. 2022. (Em processo de revisão)
- BERTANZA, G. et al. Implementation of circular economy in the management of municipal solid waste in an Italian medium-sized city : A 30-years lasting history. **Waste Management**, v. 126, p. 821–831, 2021.
- BHAKTA, H. et al. Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs : Solutions for post-COVID recovery. **Science of the Total Environment**, v. 800, p. 149605, 2021.
- CAPES. **Portal de Periódicos da CAPES**. 2023. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br/>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- CASTELLANI, P.; FERRONATO, N.; TORRETTA, V. Setting priorities to achieve Sustainable Development Goals through appropriate waste management systems in Uganda. **Environmental Development**, v. 44, n. October, p. 100764, 2022.
- DAN, Y. et al. Understanding the role of informal sector for sustainable development of municipal solid waste management system : A case study in Vietnam. **Waste Management**, v. 124, p. 118–127, 2021.
- FERRONATO, N. et al. Environmental Life Cycle Assessment of biomass and cardboard waste-based briquettes production and consumption in Andean areas. **Energy for Sustainable Development**, v. 72, n. October 2022, p. 139–150, 2023.
- FERRONATO, N. et al. How to improve recycling rate in developing big cities : An integrated approach for assessing municipal solid waste collection and treatment scenarios. **Environmental Development**, v. 29, n. July 2018, p. 94–110, 2019.
- FERRONATO, N. et al. Sensitivity analysis and improvements of the recycling rate in municipal solid waste life cycle assessment: Focus on a Latin American developing context. **Waste Management**, v. 128, p. 1–15, 2021.
- GADAETA, G. et al. Life cycle assessment of end-of-life options for cellulose-based bioplastics when introduced into a municipal solid waste management system. **Science of the Total Environment**, v. 871, n. October 2022, p. 161958, 2023.
- GOMES, H. C.; REIS, E. D.; AZEVEDO, R. C. D.; RODRIGUES, C. D. S.; POGGIALI, F. S. J. J. B. Carbonation of Aggregates from Construction and Demolition Waste Applied to Concrete: A Review. **Buildings**, v. 13, n. 4, p. 1097, 2023. ISSN 2075-5309. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/4/1097?utm_campaign=releaseissue_buildingsutm_medium=emailutm_source=releaseissueutm_term=doilink80>.
- KANOJIA, A.; VISVANATHAN, C. Assessment of urban solid waste management systems for Industry 4.0 technology interventions and the circular economy. **Waste Management & Research**. v. 39, n. 11, p. 1414–1426, 2021.
- KFOURI, T. et al. Sustainable solid waste management in restaurants: The case of the Ecozinha Institute, Brazil. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 27, n. October 2021, p. 100464, 2022.
- KNICKMEYER, D. Social factors influencing household waste separation: A literature review on good practices to improve the recycling performance of urban areas. **Journal of Cleaner Production**, v. 245, p. 118605, 2020.
- MATTHEWS, S.; SMALL, M. J. Global knowledge base for municipal solid waste management: Framework development and application in waste generation prediction. **Journal of Cleaner Production**. v. 377, n. September, 2022.

ONESMO, C.; MABHUYE, E. B.; NDAKI, P. M. A Synergy Between Sustainable Solid Waste Management and the Circular Economy in Tanzania Cities: a Case of Scrap Metal Trade in Arusha City. **Urban Forum**, n. 0123456789, 2023.

OWOJORI, O. et al. Characterisation, Recovery and Recycling Potential of Solid Waste in a University of a Developing Economy. **Sustainability**. v. 12, p. 1–17, 2020.

QUALIS-PERIÓDICOS. **Classificações de Periódicos Quadriênio 2017-2020**. Plataforma Sucupira. 2023. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

REIS, E. D.; GOMES, H. C.; DE AZEVEDO, R. C.; POGGIALI, F. S. J.; BEZERRA, A. C. D. S. J. C. Bonding of carbon steel bars in concrete produced with recycled aggregates: a systematic review of the literature. **Journal of Carbon Research**, v. 8, n. 4, p. 76, 2022. ISSN 2311-5629.

SHI, J.; ZHANG, C.; CHEN, W. Q. The expansion and shrinkage of the international trade network of plastic wastes affected by China's waste management policies. **Sustainable Production and Consumption**, v. 25, p. 187–197, 2021.

SIMÕES, P.; SILVA, R.; VIANA, H.; SERNIZON, R.; LAVALI, A. A literature review on the structural behavior of high strength steel columns. **Ambiente Construído**, v. 25, p. 18, 03/01/2025 2025. ISSN 1678-8621 Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/V9w4FbcFCv5GNjmF6TfTRwn/?lang=en>>.

SONDH, S. et al. A strategic review on Municipal Solid Waste (living solid waste) management system focusing on policies, selection criteria and techniques for waste-to-value. **Journal of Cleaner Production**, v. 356, n. April, p. 131908, 2022.

TSAI, F. M. et al. A performance assessment approach for integrated solid waste management using a sustainable balanced scorecard approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 251, p. 119740, 2020.

YANG, Z. et al. Exploring the industrial solid wastes management system: Empirical analysis of forecasting and safeguard mechanisms. **Journal of Environmental Management**, v. 279, n. July 2020, p. 111627, 2021.

YOUAFZAI, M. T. et al. Sustainability of waste picker entrepreneurs in Pakistan's informal solid waste management system for cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 267, p. 121913, 2020.

ZHANG, J. et al. Sustainable municipal waste management strategies through life cycle assessment method: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 287, n. March, p. 112238, 2021.

ZHANG, K. et al. How construction and demolition waste management has addressed sustainable development goals: Exploring academic and industrial trends. **Journal of Environmental Management**, v. 345, n. August, p. 118823, 2023.