

CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



PERCEPÇÃO DA UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL - IA NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.9.26.VIII-001>

Ana Maria Cardoso de Freitas Gama (*), Mário Augusto Tavares Russo

* Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH e e-mail: ana.gama@cprhr.pe.gov.br

RESUMO

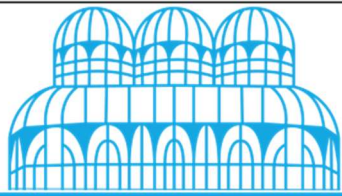
A sustentabilidade tornou-se uma preocupação global crítica, com foco em metas ambientais essenciais, como a redução de resíduos, o aumento do uso de materiais reciclados e a implementação da economia circular. A inteligência artificial (IA) tem demonstrado um potencial significativo para enfrentar esses desafios de sustentabilidade, incluindo a gestão de resíduos. Este estudo avaliou a percepção da utilização da IA na gestão de resíduos. Não existe uma definição exata para IA, o que gera discussões em diferentes setores da sociedade. No entanto, a IA é comumente entendida como inteligência semelhante à humana. Sistemas de gestão de resíduos baseados em IA podem contribuir significativamente para alcançar as metas de zero resíduos até 2050, de diversas maneiras, como: triagem otimizada de resíduos; análise de dados para minimizar a produção de resíduos; análise preditiva, a IA pode prever tendências de geração de resíduos; sistemas de coleta inteligentes; engajamento do consumidor de forma educativa, incentivando-os a adotar práticas mais sustentáveis; e tecnologias de reciclagem aprimoradas. A IA pode ser integrada às instalações de reciclagem para melhorar a triagem e o processamento de materiais. No entanto, esses sistemas podem enfrentar diversos obstáculos. A coleta e análise de dados podem levantar questões de privacidade; a implementação de sistemas baseados em IA pode exigir investimentos iniciais significativos em tecnologia e infraestrutura, o que pode ser uma barreira para alguns municípios ou empresas; há desafios de integração, como a possibilidade de os sistemas de gestão de resíduos existentes estarem desatualizados ou serem incompatíveis com as novas tecnologias de IA, dificultando a integração; pode haver resistência por parte do público em relação às novas tecnologias ou mudanças nas práticas de gestão de resíduos. Os sistemas de IA exigem dados de alta qualidade para funcionar eficazmente. Obstáculos regulatórios representam um risco que deve ser evitado, especialmente quando se trata do uso de dados e padrões ambientais. Ao abordar esses desafios, os sistemas de gestão de resíduos baseados em IA podem desempenhar um papel vital na transição para um futuro com zero resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial; Sustentabilidade; Gestão de Resíduos; Risco

ABSTRACT

Sustainability has become a critical global concern, focusing on essential environmental goals such as waste reduction, increased use of recycled materials, and the implementation of a circular economy. Artificial intelligence (AI) has demonstrated significant potential to address these sustainability challenges, including waste management. This study assessed the perception of AI use in waste management. There is no exact definition for AI, which generates discussions in different sectors of society. However, AI is commonly understood as human-like intelligence. AI-based waste management systems can significantly contribute to achieving zero waste goals by 2050 in several ways, such as: optimized waste sorting; data analysis to minimize waste production; predictive analysis, as AI can predict waste generation trends; intelligent collection systems; educational consumer engagement, encouraging them to adopt more sustainable practices; and improved recycling technologies. AI can be integrated into recycling facilities to improve material sorting and processing. However, these systems may face several obstacles. Data collection and analysis can raise privacy concerns; implementing AI-based systems may require significant initial investments in technology and infrastructure, which can be a barrier for some municipalities or companies; there are integration challenges, such as the possibility of existing waste management systems being outdated or incompatible with new AI technologies, hindering integration; there may be public resistance to new technologies or changes in waste management practices. AI systems require high-quality data to function effectively. Regulatory hurdles represent a risk that must be avoided, especially when it comes to the use of environmental data and standards. By addressing these challenges, AI-based waste management systems can play a vital role in the transition to a zero-waste future.

KEY WORDS: Artificial intelligence; Sustainability; Waste Management; Risk.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026



INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, o processo de urbanização, o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico resultam em um aumento na geração de resíduos sólidos. De acordo com Kaza, Silpa et al. (2018), até 2050, espera-se que o mundo gere 3,4 bilhões de toneladas de resíduos anualmente. (Hannan et al., 2013) observou que o planejamento insuficiente e a operação inadequada são os principais motivos da má gestão de resíduos. Os processos de gestão de resíduos geralmente envolvem inúmeros parâmetros técnicos, climáticos, ambientais, demográficos, socioeconômicos e legislativos (Mohamed Abdallah et al; 2020). Em média, são gerados 186 kg de resíduos de embalagens por pessoa anualmente nos países da UE, incluindo 36 kg de embalagens plásticas, segundo dados de 2023. As embalagens representam 40% dos plásticos e 50% do papel utilizados na EU (EEA, 2023).

Na União Europeia (UE), a Diretiva-Quadro sobre Resíduos (UE, 2024) desempenha um papel crucial ao orientar empresas de gestão de resíduos e reciclagem e governos em direção a práticas sustentáveis de gestão de resíduos. O novo regulamento, aprovado em abril de 2024, introduz requisitos para que os Estados-Membros da UE reduzam a quantidade de resíduos de embalagens de plástico, com metas globais de redução de embalagens de 5% até 2030, 10% até 2035 e 15% até 2040. As regras também proíbem certos tipos de embalagens de plástico descartáveis até 2030, incluindo embalagens para frutas e legumes frescos, alimentos e bebidas envasados e consumidos em hotéis, bares e restaurantes, e pequenos produtos cosméticos e de higiene pessoal descartáveis, entre outros. Para atingir a nova meta de embalagens recicláveis, o novo regulamento exigirá que as embalagens sejam concebidas para a reciclagem de materiais até 2030 e que os resíduos de embalagens possam ser recolhidos separadamente e separados em fluxos de resíduos para reciclagem em grande escala até 2035.

Nesse contexto, a gestão de resíduos sólidos (GRS) envolve processos complexos que precisam ir além de métodos não convencionais para melhor modelar, prever e aperfeiçoar o planejamento e a execução de estratégias de sustentabilidade. Por outro lado, tem havido esforços significativos para revolucionar o setor de gestão de resíduos rumo à sustentabilidade e à rentabilidade por meio de tecnologias avançadas e sistemas inteligentes (Mohamed Abdallah et al; 2020). As técnicas de inteligência artificial (IA) oferecem abordagens computacionais alternativas que podem ser utilizadas e contribuir para uma gestão eficaz de resíduos sólidos. Porém, é preciso investigar de que forma a IA pode ajudar os países, as empresas de gestão de resíduos e os cidadãos a atingir metas em termos de reciclagem e desvio de resíduos dos aterros sanitários.

OBJETIVOS

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a percepção dos gestores e profissionais sobre a utilização da Inteligência Artificial - IA na gestão de resíduos sólidos, identificando desafios, oportunidades e necessidades para a sua implementação.

METODOLOGIA

A metodologia deste estudo teve como base uma pesquisa exploratória, iniciando-se com a revisão literária, seguida do levantamento de dados utilizando-se a ferramenta do Google Forms, para o qual foi identificado como público alvo os profissionais e gestores que atuam na área de resíduos sólidos urbanos.

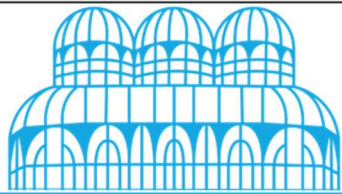
Após criação do formulário, o mesmo foi compartilhado com a população-alvo, por meio de envio do link por WhatsApp e correio eletrônico. A coleta de dados se deu à medida que as respostas foram chegando, os dados foram exportados e representados por gráficos e figuras e realizada a análise e discussão e por fim obteve-se a análise e conclusão da pesquisa.

RESULTADOS

Na análise dos dados dos questionários respondidos, com relação ao setor de atuação da empresa, observou-se que gestores operacionais de transporte, tratamento e disposição final totalizaram 57,5%, 25,5% órgão de controle dos quais 19,1% a nível estadual e 6,4% municipal. As instituições de ensino somaram 12,8%, Consultores da área de gestão de resíduos 12,9%.

1. Conhecimento e Percepção sobre IA

Na avaliação do conhecimento sobre IA aplicada à gestão de resíduos, 50% responderam que não tinham nenhum conhecimento, e a outra metade que tinha pouco ou moderado conhecimento. Nenhum participante respondeu que tinha alto conhecimento (figura 1).



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

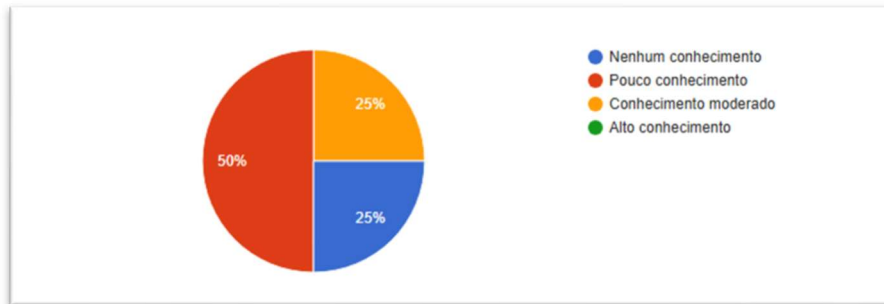


Figura 1- Conhecimento em IA. Fonte: Autora do Trabalho.

Quando perguntados se já utilizaram ou implementaram alguma solução baseada em IA na gestão de resíduos, apenas 27,1 responderam que sim (Figura 2)

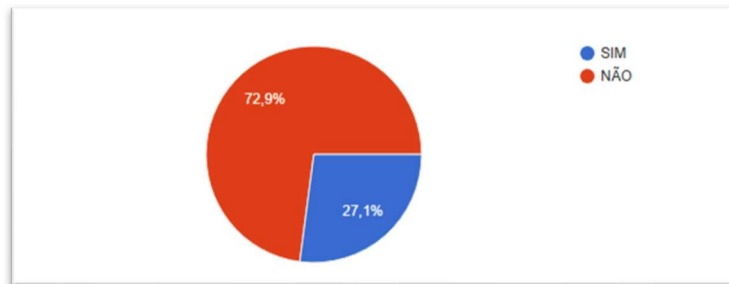


Figura 2 – Utilização de IA na gestão de resíduos. Fonte: Autora do Trabalho.

Como pode ser visto na Figura 3, dos que responderam "Sim", com múltiplas escolhas, 58,3% disseram que havia aplicados na análise de dados para previsão de geração de resíduos, 33% na otimização da coleta de resíduos, outros 33% na automatização da triagem, adicionei 16,7 disseram que utilizaram para o controle e monitoramento de resíduos e ainda 66,7% na prática de educação ambiental.

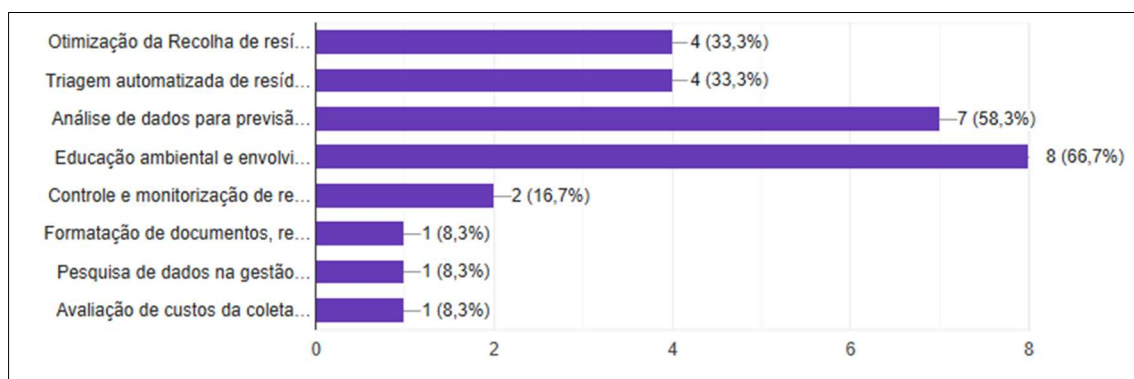


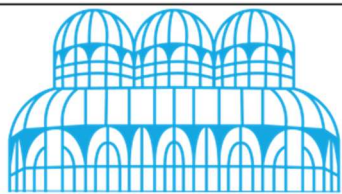
Figura 3 – Aplicação de IA. Fonte: Autora do Trabalho.

2. Benefício e Desafios

No quesito benefícios e desafios de AI na gestão de resíduos, foram obtidos os resultados abaixo:

Com opção de cada participante registrar 3 respostas sobre os benefícios que a IA podia trazer para a gestão de resíduos, a maioria respondeu as melhorias na ordem a seguir: tomada de decisão, redução dos custos operacionais, monitoramento e controle ambiental e maior eficiência na triagem e recuperação dos resíduos.

Com relação aos desafios sobre o que consideravam mais críticos para a implementação da IA na gestão de resíduos sólidos, podendo marcar até 3 opções principais, verificou-se que a falta de mão de obra qualificada e dificuldades de



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



integração com sistemas existentes, foram os desafios mais indicados. Porém, ressalta-se que a falta de uma regulamentação clara sobre IA, a qualidade e disponibilidade de dados adequados para IA, além da resistência organizacional à mudança, ficaram no mesmo patamar (Figura 4).

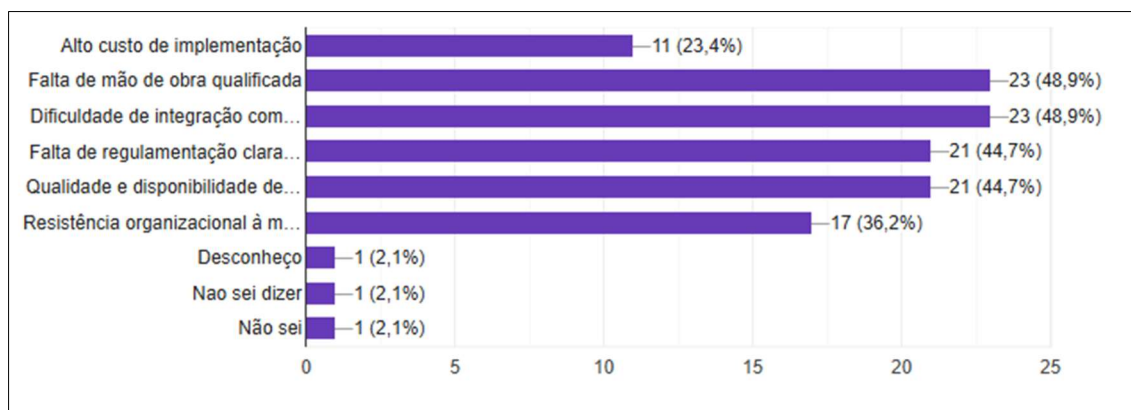


Figura 4 – Desafios para implementação de IA. Fonte: Autora do Trabalho.

Aprofundando-se com relação à implementação de AI na gestão de resíduos nos próximos anos, como destacado na Figura 5, 64,6% responderam que seria essencial.

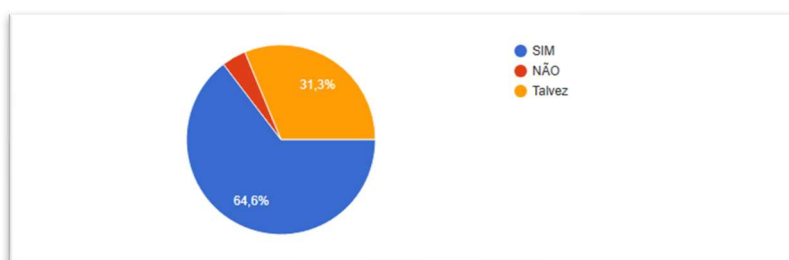


Figura 5 – Utilização nos próximos anos. Fonte: Autora do Trabalho.

Questionados sobre os fatores determinantes para a sua empresa adotar soluções baseadas em IA, 44,7% responderam apoio governamentais e incentivos, enquanto 40,4 enfatizaram parcerias com empresas de tecnologia e redução de custos (Figura 6).

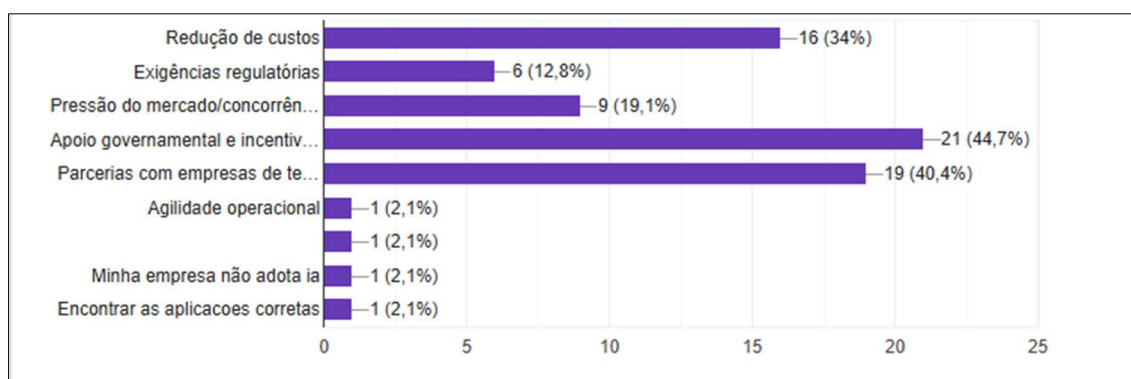
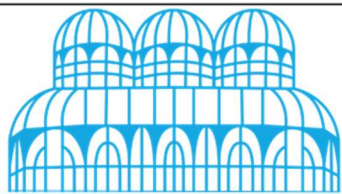


Figura 6 – Fator determinante para adotar IA. Fonte: Autora do Trabalho.

Com relação ao suporte e necessidades, foi perguntado o que a sua empresa precisaria para adotar IA na gestão de resíduos, com possibilidade de múltiplas escolhas, na figura 7 observa-se que capacitação e treinamento da equipe foi determinante com 72,3 % seguida de melhoria de infraestrutura tecnológica.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

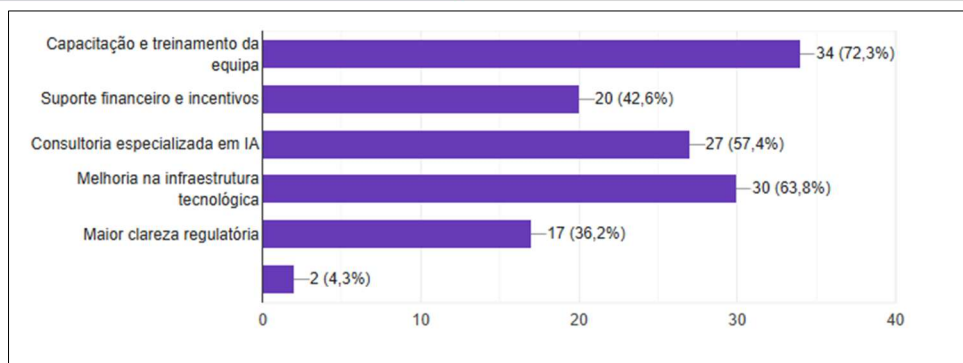


Figura 7 – Necessidades para adotar IA. Fonte: Autora do Trabalho

Ao serem perguntados sobre o papel do governo e das políticas públicas na adoção da IA no setor de gestão de resíduos, a maioria respondeu que é essencial, devendo haver incentivos e com regulamentação clara (Figura 8).

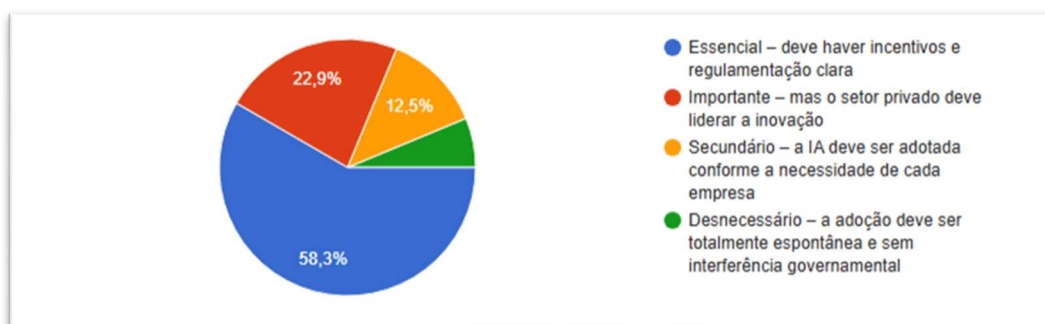


Figura 8 – Papel do governo e políticas públicas para adotar IA. Fonte: Autora do Trabalho

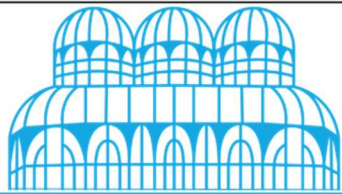
CONCLUSÕES

A Inteligência Artificial - IA oferece soluções escalonáveis para atingir as metas de gestão de resíduos dos países. Embora ainda existam desafios, investimento estratégico em tecnologias baseadas em IA pode aumentar significativamente a eficiência do processamento de resíduos, reduzir a dependência de aterros sanitários e apoiar uma economia circular sustentável.

As conclusões da pesquisa indicam que as empresas de gestão de resíduos e reciclagem precisam investir em infraestrutura, tecnologia e práticas operacionais para serem mais eficientes. Isso pode incluir a criação de sistemas eficientes de coleta e triagem, a implementação de processos de reciclagem eficazes e o desenvolvimento de mercados para materiais reciclados.

Os governos podem apoiar esses esforços fornecendo financiamento, subsídios e incentivos às empresas de gestão de resíduos e reciclagem para melhorar a infraestrutura de reciclagem e investir em tecnologias inovadoras de reciclagem. Pesquisas futuras devem se concentrar na integração da IA com blockchain para rastreabilidade de resíduos e no avanço de modelos de aprendizado de máquina para caracterização de resíduos.

A compatibilização dos dados será o fator chave para o caminhar desta nova ferramenta, uma vez que a grande maioria das informações ainda esteja em meio físico, sendo assim um grande desafio para reunir, filtrar e compatibilizar todas as informações. Obstáculos regulatórios representam um risco que deve ser evitado, especialmente quando se trata do uso de dados e padrões ambientais.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



Neste contexto, a Inteligência Artificial - IA permite a análise de grandes volumes de dados, identificando padrões e tendências que auxiliam na tomada de decisões mais assertivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

European Environment Agency (2023), European Commission's 2023 early warning report Accessed 30.03.2025 <https://www.eea.europa.eu/publications/many-eu-member-states/many-eu-member-states-not>

EU (2024) The Waste Framework Directive. Accessed 30.03.2025 https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en.

M.A. Hannan, Maher Arebey, R.A. Begum, A. Mustafa, Hassan Basri, An automated solid waste bin level detection system using Gabor wavelet filters and multi-layer perception, Resources, Conservation and Recycling, Volume 72, 2013, Pages 33-42, ISSN 0921-3449,

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.12.002>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344912002169>).

Mohamed Abdallah, Manar Abu Talib, Sainab Feroz, Qassim Nasir, Hadeer Abdalla, Bayan Mahfood, Artificial intelligence applications in solid waste management: A systematic research review, Waste Management, Volume 109, 2020, Pages 231-246,ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.057>. Accessed 01.16.2025 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X20302269>).

"Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development;. © Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/30317> License: [CC BY 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)." <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.