



## Levantamento de boas práticas aplicadas à gestão de resíduos sólidos urbanos no contexto das cidades inteligentes

Luana Bonafin<sup>1</sup>

Luciana da Silva<sup>2</sup>

Eduardo Pavan Korf<sup>3</sup>

### Resumo

Com o rápido crescimento urbano, a gestão pública enfrenta um grande desafio: promover a sustentabilidade nas cidades. A concentração urbana traz consigo uma necessidade de desenvolvimento sustentável em vários aspectos, como qualidade de vida, educação, infraestrutura, saneamento, transporte, energia e segurança. Nesse contexto, surgem as cidades inteligentes, que utilizam a tecnologia como ferramenta para melhorar a qualidade de vida nas áreas urbanas. Um dos principais desafios para alcançar a sustentabilidade e atingir as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) é a eficiência na gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), devido ao aumento da geração de resíduos decorrentes do processo de urbanização. Esta pesquisa baseou-se em uma revisão da literatura que identifica boas práticas de gestão de RSU aplicadas em vários países e também inovações tecnológicas na gestão e gerenciamento dos RSU no contexto de cidades inteligentes. A literatura revela que existem desafios a serem enfrentados em países em desenvolvimento devido a restrições financeiras e deficiências na governança. Portanto, foram elaboradas diretrizes que podem auxiliar outras cidades a seguir o exemplo das cidades inteligentes e superar esses desafios. Entre as diretrizes identificadas para uma gestão eficiente de RSU, destacam-se: governança transparente, legislação adequada, educação ambiental, eficiência na segregação e coleta seletiva, implementação de tecnologias e envolvimento da sociedade. A gestão de RSU é fundamental para alcançar a sustentabilidade nas cidades. As cidades inteligentes oferecem oportunidades para aprimorar essa gestão por meio do uso da tecnologia. No entanto, é importante considerar as particularidades de cada contexto e enfrentar os desafios existentes, buscando soluções inovadoras. Através da implementação de boas práticas e do engajamento da sociedade, será possível construir cidades mais sustentáveis e inteligentes.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Sustentável; Gestão Inteligente; Resíduos Sólidos; Tecnologia.

### Best practices in the management of municipal solid waste in the context of smart cities

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Civil/Geotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Brasil; Professor/pesquisador da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, Laboratório de Resíduos e Geotecnia Ambiental; [eduardo.korf@uffs.edu.br](mailto:eduardo.korf@uffs.edu.br); <https://orcid.org/0000-0003-2041-0173>, <http://lattes.cnpq.br/7544846720074390>

<sup>2</sup> Mestra em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade de Passo Fundo; Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo; Brasil; [lucianadasilva.pf@gmail.com](mailto:lucianadasilva.pf@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0009-1447-4710>; <http://lattes.cnpq.br/5664933945064981>

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim; Brasil; [luanabonafin@gmail.com](mailto:luanabonafin@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0009-1447-4710>



## **Abstract**

With rapid urban growth, public management faces a major challenge: to promote sustainability in cities. Urban concentration brings with it a need for sustainable development in various aspects, such as quality of life, education, infrastructure, sanitation, transport, energy and security. In this context, smart cities emerge, which use technology as a tool to improve the quality of life in urban areas. One of the main challenges to achieve sustainability and achieve the targets of the Sustainable Development Goals (SDGs) is the efficiency in the management of municipal solid waste (MSW), due to the increase in waste generation resulting from the urbanization process. This research was based on a literature review that identifies good municipal solid waste management (MSWM) practices applied in several countries and also technological innovations in MSWM in the context of smart cities. The literature reveals that there are challenges to be faced in developing countries due to financial constraints and deficiencies in governance. Therefore, guidelines were developed that can help other cities to follow the example of smart cities and overcome these challenges. Among the guidelines identified for efficient MSW management, the following stand out: transparent governance, adequate legislation, environmental education, efficiency in segregation and selective collection, implementation of technologies and involvement of society. MSWM is key to achieving sustainability in cities. Smart cities offer opportunities to improve this management through the use of technology. However, it is important to consider the particularities of each context and face the existing challenges, seeking innovative solutions. Through the implementation of good practices and the engagement of society, it will be possible to build more sustainable and smart cities.

**Keywords:** Sustainable Development; Smart Management; Solid waste; Technology.

**Recebido em:** 30/10/2023

**Aceito em:** 20/11/2023

**Publicado em:** 21/11/2023



## **Levantamento de boas práticas aplicadas à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no contexto das cidades inteligentes**

### **1 Introdução**

Com a aceleração da urbanização global, os processos de expansão e desenvolvimento urbano vêm se intensificando ao longo dos anos e, em função disso, a sustentabilidade global torna-se um grande desafio a ser enfrentado pela gestão pública (ABDALA et al., 2016).

A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que 68% da população mundial viverá nas áreas urbanas até o ano de 2050. A concentração urbana acelerada traz para as cidades desafios para um desenvolvimento sustentável e ao atendimento às necessidades das populações, como por exemplo, a garantia de condições de qualidade de vida, estímulos à educação, a melhoria da infraestrutura, saneamento, transporte, energia e segurança. Diante dessa perspectiva, o estudo do ambiente urbano bem como o conceito de sustentabilidade possui grande relevância e requer uma visão ampla que abrange desde a sustentabilidade relacionada ao meio ambiente, como também à economia, política, inclusão, acessibilidade, mobilidade e bem-estar da população (PCD, 2020).

De acordo com Bouskela et al. (2016), planejar, gerenciar e governar cidades de forma sustentável são desafios que os países enfrentarão neste novo século. Nesse contexto, torna-se necessário encontrar e aplicar soluções mais inovadoras e abordagens mais sofisticadas para o desenvolvimento urbano sustentável (BIBRI; KROGSTIE, 2017). Muitas destas novas abordagens relacionadas aos serviços urbanos são baseadas em tecnologia, a qual possui um grande impacto na cidade, facilitando a comunicação e coordenação nas infraestruturas. Este impacto positivo causado pela tecnologia no ambiente urbano foi caracterizado com o termo “cidade inteligente” (ESMAEILIAN et al., 2018). No entanto, a tecnologia é apenas uma ferramenta a ser alinhada ao processo de planejamento e gestão (BOUSKELA et al., 2016).

Neste contexto de planejamento e gestão das cidades, na busca de cidades sustentáveis e inteligentes, a melhoria da gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) torna-se uma necessidade urgente. Assim, pesquisas recentes se concentram em como melhorar as abordagens de cidades inteligentes, integrando as cidades sustentáveis mais inteligentes (BIBRI; KROGSTIE, 2017). O aumento do volume de RSU e dos impactos associados à má gestão é uma das consequências inevitáveis geradas pelos processos de expansão e desenvolvimento urbano (GONÇALVES et al., 2018). A gestão de RSU é o ponto de entrada



principal para abordar as questões de desenvolvimento sustentável, uma vez que os resíduos têm grande impacto em muitos aspectos da sociedade e da economia (GWMO, 2015).

A fim de garantir a sustentabilidade global, órgãos internacionais como a ONU têm gerado iniciativas em busca de ações para melhorar as condições ambientais e sociais e mundiais. Dentre estas iniciativas, tem-se a Agenda 2030 que estabelece os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). A gestão dos resíduos sólidos está diretamente ligada a pelo menos 12 dos ODS, uma vez que a ineficiência no sistema de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos afeta e causa grandes impactos em diversas áreas do desenvolvimento sustentável, dentre eles, as condições de vida, saneamento, saúde pública, ecossistemas marinhos e terrestres e o acesso aos recursos naturais (RODIC; WILSON, 2017).

No Brasil, foram elaboradas leis e normas em esfera federal com mecanismos de formulação e aplicação para o amparo à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos, destacando-se a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei Federal nº 12.305 que dispõe de ações e diretrizes necessárias em âmbito estadual, municipal e particular.

Considerando esta abordagem legal, em 2022 cerca de 75,1% dos municípios brasileiros implementaram iniciativas de coleta seletiva, sendo que a maior concentração de municípios que adotaram práticas e têm maior percentual de iniciativas de coleta são a região Sul e Sudeste. Entretanto, ainda há várias cidades em que a coleta seletiva não abrange toda a população, e acabam dispondo os resíduos em locais impróprios (ABRELPE, 2022).

Tendo em vista a ineficiência na gestão integrada dos RSU e conseqüentemente o aumento desta problemática ocasionada pela urbanização observa-se na literatura uma carência de estudos que aprofundem a temática da gestão integrada de RSU aplicada ao contexto de cidades inteligentes e aos ODS. Sendo assim, neste estudo será realizada uma busca por novas abordagens, através de inovação e aplicação de boas práticas para a gestão eficiente dos RSU, construído a partir de uma revisão sistemática sobre o potencial das cidades inteligentes em promover um sistema de gestão de RSU eficiente. Com estas abordagens levantadas, ao fim serão abordadas diretrizes para a aplicação de boas práticas na gestão de RSU no contexto das cidades inteligentes.

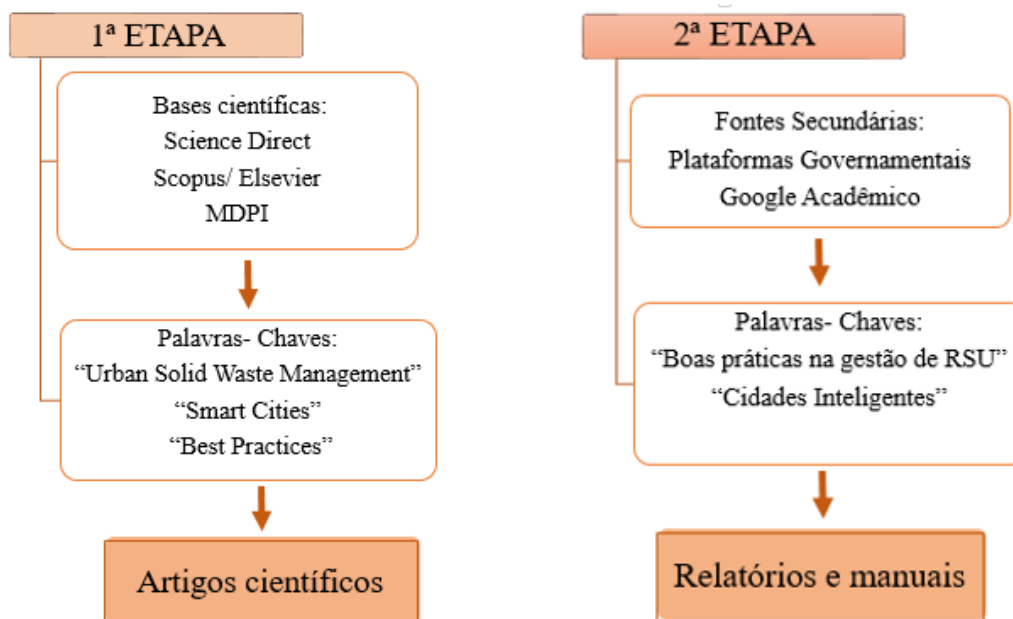
## 2 Metodologia

Neste estudo foi realizado um levantamento bibliográfico que envolveu a busca e seleção na literatura sobre boas práticas na gestão dos RSU no contexto das cidades



inteligentes através de consultas em bases de dados científicas: Science Direct, Scopus e Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) no período de 2015 a 2023. Também foram feitas pesquisas em fontes secundárias, como o Google Acadêmico e em documentos governamentais (relatórios e manuais), objetivando extrair os principais conceitos da temática, conforme ilustrado na Figura 1.

**Figura 1:** Estrutura metodológica da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Na terceira etapa, com base nos levantamentos, comparação e análise, foram propostas diretrizes para implementação das boas práticas na gestão integrada de RSU no contexto brasileiro.

### 3 Resultados

#### 3.1 Levantamento Bibliográfico

Através da busca nas bases de dados Science Direct, Scopus/Elsevier e MDPI, obteve-se um total de 490 artigos, conforme Tabela 1.

**Tabela 1:** Resultados obtidos através das buscas nas bases de dados no período de 2015 a 2023

<b>Palavras-chaves: "urban solid waste management" "smart cities" "best practices"</b>	<b>Science Direct</b>	<b>Scopus</b>	<b>MDPI</b>	<b>Total</b>
Número de artigos:	368	122	24	490

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.



Devido ao grande número de artigos levantados na primeira etapa de busca, foram estabelecidos novos critérios: a) selecionar somente artigos de pesquisa originais e de revisão, b) seleção a partir da leitura dos títulos e resumos, priorizando aqueles que contêm as palavras-chaves: “urban solid waste management” “smart cities” “best practices”.

Após o processo de seleção, foram escolhidos 31 artigos para este estudo, os quais foram sistematizados para seleção, avaliação e comparação das boas práticas. A maioria desses artigos são relacionados à tecnologia, portanto as práticas abordadas estão focadas em inovações tecnológicas e evidências de eficácia na gestão de RSU. Observou-se que a base de dados da Science Direct apresentou maior número de publicações sobre o assunto. Essa análise mostra que o número de estudos relacionados à inovação tecnológica em gestão de RSU e cidades inteligentes tem aumentado desde 2016, como ilustrado na Figura 2 para o número total de publicações por ano, a partir do levantamento feito nas duas principais bases de dados, Science Direct e Scopus.

**Figura 2:** Número total de publicações de estudo por ano, nas duas principais bases de dados, Science Direct e Scopus, no período de 2015 a 2023



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

### 3.2 Levantamento e Seleção de Boas Práticas

De forma a apresentar iniciativas voltadas à temática RSU dentro do contexto de cidades inteligentes foi elaborada uma busca por boas práticas nacionais e internacionais, tendo em vista estes conceitos supracitados de boas práticas. As boas práticas foram selecionadas por categorias conforme relacionadas na Tabela 2 e 3. A aplicação de boas práticas tem por objetivo buscar soluções inovadoras de forma sustentável com o intuito de produzir resultados concretos de forma a inspirar outras cidades (PCS, 2023).



Após o levantamento das boas práticas realizado a partir dos artigos selecionados, observa-se que grande parte dos estudos são voltados às inovações de tecnologia, os quais apresentam um futuro promissor para a gestão de RSU.

**Tabela 2:** Levantamento de boas práticas a partir das bases científicas Science Direct, Scopus e MDPI

Boa Prática	Descrição	Categoria	Referência	Local de Estudo/País	Fonte
Segregação na origem com sistema automatizado	Segregação de resíduos em sólidos, líquidos, biodegradáveis e não biodegradáveis usando técnicas de processamento de imagem e redes neurais.	Tecnologia	Murugan et al. (2022)	Índia/Ásia	Scopus
Geração de energia a partir dos RSU	Aproveitar o conteúdo energético dos resíduos por meio da incineração. É uma prática adotada pela empresa Westenergy que gerencia a recuperação, visando não apenas a redução do volume de resíduos, mas também a mitigação das emissões de gases de efeito estufa.	Tecnologia	Peura et al. (2022)	Finlândia/Europa	Science Direct
Sistema municipal de gestão de RSU habilitado para inteligência artificial	Implantação de plataforma digital com tecnologias para o rastreamento digital de resíduos.	Tecnologia	Thakur et al. (2021)	Índia/Ásia	Scopus
Sistema SPubBin: Lixeira pública inteligente baseada na classificação de resíduos	Lixeira inteligente que utiliza o sistema IoT por meio de aprendizado profundo para classificação dos RSU.	Tecnologia	Tria et al. (2022)	Argélia/África	Scopus
Descarte inteligente com sistema Bin Bay	Uso de tecnologia LSTM e Fog Computing, o sistema busca otimizar a coleta de resíduos pelo caminho mais curto, utilizando a API do Google Maps na camada de névoa. O sistema considera a distância entre o caminhão e a lixeira, status da lixeira, capacidade e posição do caminhão.	Tecnologia	Brilhante et al. (2022)	Índia/Ásia	Scopus
Coleta seletiva porta a porta	A frequência da coleta é baseada na quantidade de resíduos gerados e segregados, e um mecanismo de resposta por QR Code é utilizado para compartilhar informações sobre a geração e coleta de resíduos de forma rápida.	Tecnologia	Thakur et al. (2021)	Índia/Ásia	Scopus
Sistemas de digitalização na gestão e gerenciamento de RSU	Melhorar a eficiência dos recursos e informações na gestão dos RSU.	Tecnologia	Kurniawan et al. (2023)	---	Science Direct
Sistema de Informação Geográfica (GIS)	Otimizar a coleta e transporte de resíduos com técnicas de GIS através da análise de rede, resultando em uma redução de 59,12% na distância percorrida para a coleta.	Tecnologia	Lella et al. (2017)	Índia/Ásia	Science Direct





Boa Prática	Descrição	Categoria	Referência	Local de Estudo/País	Fonte
Inclusão do sistema de coleta de resíduos no plano de resiliência climática	Integrar de forma eficiente o sistema de coleta de resíduos ao plano de resiliência climática, por meio de um roteamento planejado dos veículos de coleta, com o propósito de reduzir significativamente as emissões de carbono.	Tecnologia	Privadarshi et al. (2023)	Índia/Ásia	Scopus
Implementação de lixeiras inteligentes para comunidades ou regiões	Implantar lixeiras inteligentes com sensores para monitorar o nível de preenchimento.	Tecnologia	Privadarshi et al. (2023)	Índia/Ásia	Scopus
Infraestrutura inteligente e baseada em sensores para separação adequada	Sensores nas lixeiras para monitorar o nível dos resíduos, permitindo que o fluxo de coleta seja acompanhado.	Tecnologia	Esmacilian et al. (2018).	EUA	Scopus
Coleta de dados a partir do ciclo de vida do produto	Aproveitar o conteúdo energético dos resíduos reduzindo as emissões de gases de efeito estufa.	Tecnologia	Esmacilian et al. (2018).	EUA	Scopus
Cidadãos conectados e envolvidos	Os cidadãos ativos na economia, compartilhando recursos e utilizando plataformas digitais a fim de evitar a geração de resíduos e adotar novos modelos de negócios com o objetivo de criar valor aos resíduos.	Tecnologia	Esmacilian et al. (2018).	EUA	Scopus
Sistema AMLWRF - tecnologia de aprendizado de máquina	Utilização de sensores para monitorar as lixeiras, permitindo uma redução automática dos riscos associados à coleta de lixo.	Tecnologia	Xiangru Chen. (2022)	Reino Unido/ Europa	Science Direct
Sistema de roteamento de resíduos sólidos	Algoritmo usado para otimizar o sistema de roteamento de resíduos, encontrando a rota mais curta para a coleta e transporte de resíduos, otimizando cerca de 19,74% em relação ao sistema atual. O estudo relatou um nível mais baixo da emissão de carbono em 7,4% ao ano.	Tecnologia	Manoharam et al. (2021)	Malásia/ Ásia	Scopus
Sistema de localização de RSU com base na IoT	Determinar a localização das estações de transferência de resíduos através das coordenadas de localização.	Tecnologia	Chen et al. (2021)	Reino Unido/ Londres	Science Direct
Conversão de resíduos em energia	Infraestrutura inovadora que transforma resíduos em energia por meio de plantas de Waste-to-Energy (WtE), fornecendo significativamente a quantidade de resíduos e gerando eletricidade às residências	Tecnologia	Zhoun et al. (2022)	Cingapura/ Ásia	Science Direct
Inclusão do setor informal	Municípios e ONGs trabalharam juntos para envolver trabalhadores informais na implementação de um projeto de coleta de lixo.	Educação socioambiental	Hettiarachchi et al. (2018)	Nicarágua/ América Central	MDPI

Boa Prática	Descrição	Categoria	Referência	Local de Estudo/País	Fonte
Projeto cidade inteligente: reforma russa na legislação de RSU – Instalação Eco Parque	Medidas de gerenciamento de RSU de seu ciclo de vida e estimular o uso de recursos secundários para a produção, implementar o esquema de classificação de RSU.	Educação Socioambiental	Wang Li. (2021)	Rússia/Europa	Scopus
Cobrança de taxas de serviço de resíduos	Estrutura de taxas para os serviços de resíduos sólidos regulamentada por portaria municipal, contribuindo para a gestão de resíduos ao fornecer serviços financeiramente sustentáveis e ecologicamente corretos.	Educação Socioambiental	Hettiarachchi et al. (2018)	Equador/ América do Sul	MDPI
Envolvimento do setor privado	A cidade de Lima e La Paz incluíram microempresas terceirizadas para a coleta e separação de resíduos na fonte. Essas empresas auxiliam na gestão dos RSU e permitem a serviços acessíveis e geram empregos na comunidade.	Educação socioambiental	Hettiarachchi et al. (2018)	Peru/ Bolívia	MDPI
Programa troca de resíduos	Os resíduos são trocados por vale- transporte ou alimentos. O programa incentiva a população a participar ativamente da gestão de resíduos além de tornar o resíduo um recurso.	Educação socioambiental	Hettiarachchi et al. (2018)	México/ América do Norte	MDPI
Programa Ecológica	La Molina Programa que abrange campanhas de conscientização sobre questões cotidianas de RSU	Educação Socioambiental	Hettiarachchi et al. (2018)	Peru/ América do Sul	MDPI
Plataformas abertas de Informação, Comunicação e Educação para sensibilização dos cidadãos	As autoridades locais utilizaram diversos meios, como cartazes, faixas, veículos de divulgação, mídias, para engajar as pessoas e informá-las sobre os desafios e soluções relacionadas ao gerenciamento de RSU nas cidades.	Educação Socioambiental	Thakur et al. (2021)	Índia/ Ásia	Scopus
Missão Desenvolvimento Limpo	Plano de gestão de resíduos sólidos a longo prazo, de acordo com os objetivos do governo, que exige a compreensão das quantidades de resíduos, das características, armazenamento, transporte, tratamento e análise dos desafios e oportunidades dos sistemas financeiros.	Educação Socioambiental	Cheela et al. (2021)	Índia/ Ásia	Scopus
Separação na fonte	Melhorar a separação dos resíduos para a reutilização de materiais e energia.	Educação socioambiental	Peura et al. (2022)	Finlândia/ Europa	Science Direct

Boa Prática	Descrição	Categoria	Referência	Local de Estudo/País	Fonte
Programa voluntários comunitários	O órgão governamental da cidade introduziu mão de obra adequada que estão diretamente envolvidos na coordenação das práticas de gerenciamento de RSU e também educando a comunidade com contato direto comunicação durante a convivência com eles. A mobilização da comunidade tornou os moradores mais responsáveis e garantiu a coleta de RSU de porta em porta	Educação Socioambiental	Thakur et al. (2021)	Índia/ Ásia	Scopus
Fechamento de lixões	Reduzir a quantidade de resíduos descartados e direcioná-los para locais de descarte ambientalmente gerenciados. Essa iniciativa faz parte do movimento em direção a uma economia circular e sistemas de serviços de produtos na região de Vaasa, buscando maximizar o aproveitamento de recursos.	Educação socioambiental	Peura et al. (2022)	Finlândia/ Europa	Science Direct
Acessibilidade das instalações	Todas as lixeiras de duas classificações na cidade foram removidas e substituídas por lixeiras de quatro classificações (lixo úmido, seco, perigoso e reciclável) em estações inteligentes para adaptação da comunidade.	Educação socioambiental	Zhou et al. (2022)	Xangai/ Ásia	Science Direct
Sistema de Conta Verde	O sistema foi criado para recompensar os residentes quando eles segregam com precisão seus resíduos domésticos em resíduos secos e úmidos resultando no aumento de 40% da participação da população para a reciclagem.	Educação socioambiental	Zhou et al. (2022)	Xangai/ Ásia	Science Direct
Implementação de um regulamento compulsório na segregação de resíduos	Implementação dessa política, reduziu a quantidade de resíduos chegando a uma taxa de segregação de 95%.	Educação socioambiental	Zhou et al. (2022)	Xangai/ Ásia	Science Direct
Implementação do sistema de gestão com base nos princípios dos 3R's	ONG e organizações comunitárias iniciaram campanhas de conscientização para a comunidade separar os resíduos em secos e orgânicos, resultando em uma redução de 30% na quantidade de resíduos que vão para aterro.	Educação socioambiental	Aleluia; Ferrão (2016)	Surabaia/ Ásia	Science Direct

<b>Boa Prática</b>	<b>Descrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Referência</b>	<b>Local de Estudo/País</b>	<b>Fonte</b>
Programa de substituição de lixões a céu aberto por processamento de resíduos.	Criação de centros para coleta de resíduos secos e de biometanização	Educação socioambiental	Aleluia; Ferrão (2016)	Bengalona/Ásia	Science Direct
Política de Separação de Resíduos na Fonte	Aumentar a taxa de reciclagem e prolongar a vida útil do aterro. A prática levou Penang a alcançar a maior taxa de reciclagem entre todos os estados da Malásia, atingindo um índice de 44,04%.	Educação socioambiental	Cheng et al. (2022)	Malásia/Ásia	MDPI
Plano de gestão de RSU durante a copa do mundo de Hóquei	A GIZ implementou um plano para criação de uma instalação de Resíduo Zero, a utilização de lixeiras codificadas e treinamento para a equipe operacional para garantir a segregação adequada dos resíduos. Cerca de 1000 kg/dia de resíduos foram destinados à reciclagem	Educação socioambiental	Bahl et al. (2021)	Índia/Ásia	Science Direct

Fonte: Elaboradora com base nas referências, 2023.

**Tabela 3:** Levantamento de boas práticas a partir de Plataformas Governamentais e Relatórios Institucionais

Boa Prática	Descrição	Categoria	Referência	Cidade/ País
Programa Lixo zero	Eliminar gradualmente a disposição final de resíduos em aterros e incentivar práticas de redução, reutilização, reciclagem e recuperação de resíduos.	Educação socioambiental	C40 Cities (2016)	Bogotá/ Colômbia
Participação do setor privado	Participação de empresas privadas para coleta em bairros da cidade.	Educação socioambiental	C40 Cities (2016)	Nigéria
Mercado de troca de recicláveis	Troca de resíduos sólidos por produtos agrícolas produzidos com o objetivo de incentivar a reciclagem e minimização de resíduos.	Educação socioambiental	C40 Cities (2016)	México
Projeto municipal de redução de resíduos sólidos	Reduzir a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários através da separação na fonte, reciclagem e valorização dos resíduos. O projeto obteve uma redução de 78% no descarte de resíduos e criação de empregos na área de recuperação de resíduos.	Educação socioambiental	C40 Cities (2016)	Buenos Aires/ Argentina
Capacidade técnica da gestão local e participação do Estado	Parceria entre a Prefeitura Municipal de Ibertioga e o governo do estado para receber apoio técnico e financeiro para o gerenciamento de RSU. Essa parceria resultou na construção de unidades de triagem e compostagem, além de incentivos financeiros para municípios que apresentam bons indicadores na gestão de resíduos sólidos. Como resultado, a cidade alcançou um índice de reaproveitamento de resíduos de 67,4%.	Educação socioambiental	FGV EAESP (2021)	Minas Gerais/ Brasil
Educação Ambiental e Participação Social	Promover a sustentabilidade através do incentivo a compostagem em escolas e restaurantes, adotar ações de educação ambiental e participação da comunidade nos conselhos municipais.	Educação socioambiental	FGV EAESP (2021)	Rio Grande do Sul / Brasil
Parcerias de empresas privadas com a gestão municipal para instalação de PEV	Em 2019 o sistema de coleta seletiva da prefeitura juntamente com a empresa de energia de Goiás (Enel) instalou PEV. Em 2020 o sistema de coleta porta a porta foi restabelecido diariamente e os resíduos encaminhados para a unidade de triagem.	Educação socioambiental	FGV EAESP (2021)	Goiás/ Brasil
Aproveitamento Energético de Resíduos Urbanos	Promover a economia circular e o desenvolvimento sustentável, alinhado com a Agenda 2030.	Educação socioambiental	GIZ (2022)	México
Instituto Ecozinha	Fornecer serviços de educação ambiental em restaurantes para melhorar a gestão ambiental, além de prestar serviços de coleta e transporte, melhorando a recuperação dos resíduos em torno de 85 a 95%, evitando a geração de gás metano e CO <sub>2</sub> .	Educação socioambiental	GIZ (2022)	Brasília/ Brasil



<b>Boa Prática</b>	<b>Descrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Referência</b>	<b>Cidade/ País</b>
Política de resíduos em apoio à prevenção e circularidade de resíduos	A Comissão da UE apresentará plano de ação para tornar a economia da UE mais sustentável, assegurando que os produtos se tornem mais circulares e duráveis, ou seja, aumentando a reciclagem e a reutilização de produtos. Além disso,, o plano visa proporcionar aos consumidores e compradores públicos acesso a informações confiáveis e serviços relacionados à sustentabilidade dos produtos.	Educação socioambiental	Comissão Européia	Europa
Projeto recicla POA	Aumentar a renda per capita e a produtividade das unidades de triagem de materiais recicláveis, além de melhorar as condições de trabalho dos catadores, por meio da inclusão social e de novas oportunidades, capacitando mais de 307 pessoas no projeto de educação ambiental, além do recebimento de recursos para reformas em unidades de triagem.	Educação socioambiental	PCS (2023)	RS/ Brasil
Eco Cidade	Mobilizar e conscientizar a população a aderir à prática da reciclagem, visando a redução das emissões de CO2 em 50% até 2050, além de inspirar outros países. Como resultado, observou-se o engajamento da população na reciclagem de resíduos, além da criação de um centro de estudos e pesquisas dedicado ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras para a reciclagem e gerenciamento sustentável de resíduos.	Educação socioambiental	PCS (2023)	Japão
Programa cidade + recicladores	O programa assessora as prefeituras a implementar a coleta seletiva de resíduos desenvolvendo argumentos, definindo rotas de coleta de forma inteligente e ajuda as empresas a cumprir suas obrigações de logística reversa.	Educação socioambiental	GIZ (2022)	Ceará/Brasil
Cooperativa de catadores	Promover a sustentabilidade, buscando a gestão integrada de resíduos sólidos através da capacitação interna. A cooperativa resulta em uma média de 100 toneladas/mês de recicláveis.	Educação socioambiental	GIZ (2022)	São Paulo/ Brasil
Lei Distrital dos grandes geradores	Por meio de uma legislação específica aplica-se diretrizes e responsabilidades para grandes geradores de resíduos sólidos, com o objetivo de promover a gestão adequada e a destinação correta.	Educação socioambiental	SINJ (2016)	Brasília/ Brasil
Programa coleta seletiva solidária	Promover o cooperativismo sustentável com base em três pilares: catadores organizados e capacitados, melhorias nas unidades de triagem e sensibilização da população, órgãos públicos e empresas. O programa apresentou uma taxa de rejeito de apenas 14%.	Educação socioambiental	GIZ (2022)	Pernambuco/ Brasil



Boa Prática	Descrição	Categoria	Referência	Cidade/ País
Sesc + sustentabilidade	Consientizar alunos das escolas públicas sobre os resíduos gerados no ambiente escolar e incentivar seu envolvimento ativo na gestão desses resíduos, capacitando-os por meio de aulas práticas e teóricas. Até o momento, a iniciativa evitou que 400kg de resíduos/mês, fosse para o aterro sanitário ou lixões	Educação socioambiental	GIZ (2022)	Rio de Janeiro/Brasil
Programa Sou um gerador responsável	Valorizar a importância do consumo responsável através da conscientização do cidadão, visando preservar os recursos. O programa aumentou a frequência de coleta de resíduos na cidade, além de melhorar instalações em espaços públicos.	Educação socioambiental	GIZ (2022)	Costa Rica
Programa Reciclatón Cancún	O Governo Municipal, juntamente com vários setores da população, criou o programa com o objetivo de conscientizar sobre uma cultura de separação dos resíduos recicláveis, evitando a sua chegada ao aterro sanitário ou a lixões clandestinos.	Educação socioambiental	GIZ (2022)	México
Plano de Ação para o desenvolvimento sustentável na gestão dos RSU com parcerias	Construção de uma Estação de Tratamento de resíduos sólidos com financiamento do Fundo de Investimento Social e apoio técnico da GIZ. Essa abordagem abrangente envolveu todas as etapas do gerenciamento de resíduos. Essa prática demonstrou a importância da cooperação, do planejamento estratégico e do envolvimento de diferentes partes interessadas para alcançar uma gestão eficiente dos resíduos sólidos no município.	Educação socioambiental	GIZ (2022)	Guatemala
Projeto redução de resíduos sólidos urbanos	Educação para os cidadãos na separação dos RSU e implantação de estações de tratamento e centros de reciclagem. Resultou em uma redução significativa na quantidade de resíduos enviados para aterros, além de melhorias na estética das ruas, na redução de odores e no impacto ambiental relacionado ao transporte	Educação socioambiental	Shailesh Kumar Jha (2015)	Buenos Aires/ Argentina
Programa Cambio Verde	Realizar a troca de resíduos por produtos hortifrúti dos pequenos produtores de Curitiba, com o intuito de criar o hábito de separar o lixo reciclável e sensibilizar a comunidade para a correta destinação final.	Educação socioambiental	Saraiva et. al (2019)	Curitiba/ Brasil
Estações de sustentabilidade	Locais de entrega voluntária de resíduos sólidos recicláveis que são gerados em residências	Educação socioambiental	Saraiva et. al (2019)	Curitiba/ Brasil



<b>Boa Prática</b>	<b>Descrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Referência</b>	<b>Cidade/ País</b>
Programa reciclagem inclusão total	Inclusão dos catadores que realizam a coleta de recicláveis, com o objetivo de formalizar o mercado privado de catadores.	Educação socioambiental	Saraiva et. al (2019)	Curitiba/ Brasil
Sistema integrado de processamento de resíduos	Sistema que utiliza a tecnologia para otimizar a eficiência e a sustentabilidade ao integrar diferentes processos e tecnologias desde a geração até a gestão final dos RSU, aproveitando o máximo dos resíduos e diminuindo a quantidade que vai para o aterro sanitário.	Tecnologia	Saraiva et. al (2019)	Curitiba/ Brasil
Mapeamento digital na coleta de lixo	Sistema baseado em informações geográficas (GIS) que permite armazenar, analisar e compartilhar informações geográficas mapeadas, como infraestrutura descentralizada e rotas de veículos existentes, facilitando o planejamento da coleta e transporte de resíduos, com redução de 80% nas distâncias percorridas para coleta.	Tecnologia	C40 Cities (2016)	Índia
Sensores na coleta de lixo	Lixeiras conectadas a um sistema de tubos, que estão ligados a uma área de coleta localizada nos arredores da área urbana. Um sensor identifica quando a lixeira está cheia, acionando o sistema de tubos que cria um vácuo para transportar os resíduos até um local de acumulação, onde a coleta é realizada de forma adequada	Tecnologia	PCS (2023)	--
Tratamento de RSU com aproveitamento energético de biogás	Consiste na conversão do biogás dos resíduos em energia elétrica e térmica sendo injetado na rede elétrica, utilizando o processo de biometanização. Essa prática reduz cerca de 40% da massa de resíduos sólidos.	Tecnologia	GIZ (2022)	Rio de Janeiro/ Brasil
Central de triagem mecanizada	Reintroduzir os resíduos como matéria-prima, gerando renda direta para os colaboradores. A central já recuperou 90.000 toneladas de materiais que voltaram para linha de produção como matéria prima.	Tecnologia	GIZ (2022)	São Paulo/ Brasil
Geração de eletricidade a partir de RSU	A Termoverde Caieiras realiza o tratamento de RSU gerando eletricidade a partir do biogás do aterro sanitário. Esse processo envolve a captura do biogás e sua transformação em energia elétrica por meio da usina termoelétrica. Essa geração de energia resulta em créditos de carbono, incentivando a economia circular e promovendo uma cidade mais sustentável.	Tecnologia	GIZ (2022)	São Paulo/ Brasil
Uso de GPS em lixeiras e caminhões EMLURB	A EMLURB empresa de limpeza urbana do município de Recife, adotou o uso de GPS em seus caminhões e lixeiras, o que permite rastrear e monitorar as rotas e a frequência de coleta em cada rua.	Tecnologia	Nogueira et al. (2023)	Recife/ Brasil





Rotas tecnológicas	Implementação de uma coleta seletiva de forma integrada e consorciada, que apresenta redução de custos e resultados a curto prazo, além de garantir a inclusão social e participação dos catadores, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.	Tecnologia	Plano de coleta seletiva (2017)	Ceará/ Brasil
Implantação de sensores em lixeiras públicas	Os sensores são instalados dentro de contêineres para monitorar o nível de enchimento.	Tecnologia	Shailesh Kumar Jha (2015)	Barcelona/ Espanha
Conversão de resíduos em energia	Produção de energia a partir de resíduos. A usina produziu 12 MW de energia elétrica, utilizando 1.300 toneladas de resíduos sólidos municipais por dia, desviando cerca de 15% da geração.	Tecnologia	C40 Cities (2016)	Dheli/ Índia
Eco-cidade - sistema de coleta pneumática de resíduos	Os residentes são incentivados a separar seus resíduos em categorias. Os resíduos recicláveis são encaminhados para estações de reciclagem localizadas dentro da Eco-Cidade. Os resíduos não recicláveis são coletados por meio de um sistema de coleta pneumática de resíduos e incinerados para gerar eletricidade.	Tecnologia	Shailesh Kumar Jha (2015)	Singapura

Fonte: Elaborado com base nas referências, 2023.



### 3.3 Boas Práticas Selecionadas

Dentre as boas práticas selecionadas, foram encontradas 35 referentes à pesquisa realizada nas bases de dados científicas (Tabela 2) e mais 35 oriundas Plataformas Governamentais e Relatórios Institucionais (Tabela 3), sendo elas distribuídas em diferentes países e nos distintos continentes do mundo. A maior parte das boas práticas são encontradas na Índia/Ásia e com relação à categoria de educação ambiental.

#### 3.3.1 Práticas Voltadas a Tecnologia

Atualmente, países desenvolvidos estão adotando diversas soluções tecnológicas para melhorar a gestão de resíduos. Um exemplo disso, é a implementação de lixeiras inteligentes conectadas à internet. Essas lixeiras possuem sensores que coletam dados em tempo real e os enviam para um banco de dados online. Essas informações permitem prever a quantidade de resíduos gerados. Além disso, essas lixeiras contam com sistemas automatizados de segregação na fonte, que obtiveram uma precisão de 94% em testes individuais (MURUGAN et al., 2022).

A utilização do desenvolvimento tecnológico a partir do uso de sensores está sendo uma área promissora que abre caminhos para automatizar os sistemas de gerenciamento de RSU. O sistema de coleta diária, sem um planejamento adequado é perda de tempo e traz um gasto elevado com combustíveis, entretanto, se coletados uma vez na semana há grande risco de transbordamento das lixeiras que podem se espalhar pela região causando problemas à saúde e poluição ambiental (VISHNU, 2022). Dessa forma, a implementação de tecnologias, por exemplo, sensores para lixeiras inteligentes que são conectadas à internet não só ajuda a prever a quantidade de resíduos gerados, como também possibilita a coleta de lixo automatizada enviando apenas um veículo para o local que contém mais resíduos (MURUGAN et al., 2023).

Lella et al. (2017) utilizaram técnicas de Sistema de Informação Geográfica (GIS) e análise de rede para otimizar a coleta de resíduos em Vellore, uma cidade inteligente na Índia. O estudo identificou rotas eficientes para resíduos de diferentes locais de lixeiras na cidade. Também o sistema propôs locais adequados para estações de descarga, considerando disponibilidade de terrenos, acesso a compostagem e lixeiras. O departamento sanitário de Vellore relatou uma redução de 59% nas rotas de coleta ao aplicar essas técnicas de GIS na cidade. Essa otimização de rotas também contribui para a redução de emissões veiculares e custos de combustível.



A aplicação de tecnologias inteligentes na criação de um ambiente inteligente também é ressaltada no estudo de Tria et al. (2022). Um aspecto enfatizado é a utilização de lixeiras públicas inteligentes, que se baseiam na classificação de resíduos utilizando técnicas de IoT e inteligência artificial através de redes neurais (aprendizado profundo). O processo de triagem inicia quando o usuário coloca os resíduos em um contador dinâmico. Uma câmera conectada a um microcontrolador captura as imagens dos resíduos e envia para o algoritmo de rede neural convolucional que analisa as imagens e fornece uma resposta sobre os resíduos. Com base nessa resposta, o microcontrolador aciona o motor da lixeira para adicionar os resíduos na lixeira correta. Quando a lixeira atinge sua capacidade máxima, o sistema envia notificações para as autoridades responsáveis esvaziar a lixeira e encaminhar para reciclagem. Essa abordagem possibilita uma triagem e reciclagem de forma eficiente combatendo a poluição, diminuindo a quantidade de resíduos em aterro, elimina odores orgânicos e insetos além de gerar economia de tempo e recursos financeiros.

### *3.3.2 Práticas no Âmbito de Educação Socioambiental e Governança*

A cidade de Surabaia, na Indonésia, implementou um sistema de gestão de resíduos com base nos princípios dos 3R (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), além de práticas de separação dos resíduos. O foco principal foi nas áreas de baixa renda da cidade, que não eram atendidas pelo sistema formal de coleta de lixo. Com o apoio de uma ONG local e organizações comunitárias, foram realizadas campanhas de conscientização sobre a importância da separação de resíduos. Além disso, unidades de compostagem foram implantadas em diferentes partes da cidade, resultando em uma redução de 30% na quantidade de resíduos destinados à disposição final em apenas cinco anos. Em Matale, localizada no Sul da Ásia, foram implementadas pequenas usinas de compostagem chamadas "centros integrados de recuperação de recursos" para processar resíduos orgânicos e reduzir o descarte em aterros sanitários. Essa prática busca atingir uma taxa de tratamento de resíduos orgânicos de até 90%, tornando Matale a primeira cidade com "lixo zero" na Ásia em desenvolvimento (ALELUIA; FERRÃO, 2016).

A implementação de programas, campanhas de sensibilização, educação e medidas como o imposto sobre os resíduos são práticas que têm como objetivo a redução da quantidade de resíduos gerados. O envolvimento tanto do público quanto do privado desempenha um papel fundamental no aumento da eficiência na gestão dos RSU. Em países da América Latina e Caribe, a aplicação dessas práticas através da transparência em contratos de serviços, implementação de sistemas de monitoramento e supervisão aumentaram a



participação do setor privado. Além disso, microempresas também foram alternativas viáveis em devido aos seus custos mais baixos e tecnologias mais simples, permitindo a participação de comunidades locais, organizações não governamentais e indivíduos (HETTIARACHCHI et al.,2018).

A gestão de resíduos precisa passar por uma transformação significativa, deixando para trás o sistema atual para adotar abordagens mais sustentáveis. As práticas da implementação da economia circular estão emergindo e se estabelecendo gradualmente, através de mudanças, atitudes, normas sociais, políticas, regulamentações, comportamento do consumidor, estruturas econômicas e soluções tecnológicas. A região da Vaasa, na Finlândia, destaca-se como um exemplo bem-sucedido de evolução na gestão de resíduos. Nessa região, foram adotadas medidas como o fechamento de lixões, a redução do descarte de resíduos, o desenvolvimento de sistemas abrangentes de separação na fonte, a implementação de sistemas de tratamento de resíduos com diferentes soluções técnicas para reutilização e geração de energia, além da expansão da colaboração regional. Essas mudanças resultaram em um aumento significativo na recuperação de materiais e na redução quase completa do descarte de resíduos (PEURA et al. 2022).

O estudo de Zhou et al. (2022) levou em consideração estratégias, impactos ambientais, custos econômicos e resultados sociais, o que proporcionou informações valiosas sobre a sustentabilidade a longo prazo. Um aspecto interessante observado foi a cidade de Xangai, que enfrenta um maior ônus econômico devido à segregação de resíduos na fonte. Após a implementação do primeiro regulamento urbano obrigatório sobre a segregação e reciclagem de resíduos domésticos em 2019, a cidade estabeleceu um sistema de segregação de resíduos em quatro categorias e um esquema de reciclagem integrado. Foram introduzidos três princípios - redução de volume, redução de risco e recuperação de recursos - para diminuir a quantidade de resíduos gerados na fonte. Eles conseguiram implementar os princípios da economia circular de forma mais eficiente, o que resultou em melhorias significativas na comunidade.

Por outro lado, o sistema de gerenciamento de resíduos em Cingapura possui um foco maior no desenvolvimento da tecnologia de coleta e tratamento dos resíduos na fase final. Isso contrasta com Xangai, que está implementando uma política obrigatória de segregação de resíduos desde a origem. Nesse contexto, é fundamental considerar não apenas os custos econômicos, mas também os benefícios sociais das estratégias de gerenciamento de resíduos,



uma vez que existe um grande potencial para as cidades aprenderem umas com as outras e aprimorarem seus sistemas de gestão de resíduos (ZHOU et al. 2022).

Observou-se na literatura, vários estudos que foram realizados como parte do desenvolvimento para implantação do uso de tecnologia na gestão dos RSU. Estes estudos apresentaram bons resultados no contexto de gestão e gerenciamento de RSU, entretanto, as cidades em desenvolvimento possuem recursos insuficientes e limitados e não conseguem atender estas demandas tendo como consequência a coleta de resíduos inferior a sua geração (PRIYADARSHI et al. 2023).

De modo a aprimorar as tecnologias de tratamento de resíduos, a segregação na fonte desempenha um papel fundamental, pois diminui os custos na coleta e transporte, aumentando as taxas de reciclagem e diminuindo o volume de resíduos destinados ao aterro (RAI, et al. 2019). No entanto, é necessário garantir a participação por meio de programas de sensibilização para educar e incentivar os cidadãos (CHEELA, et al. 2021).

O monitoramento dos catadores no setor informal também foi visto como uma boa prática essencial para a contribuição na gestão dos RSU, principalmente na etapa de coleta e reciclagem dos resíduos (ALELUIA; FERRÃO, 2016), e de modo consequente contribui também para a redução da pobreza e proteção ambiental (HETTIARACHCHI et al. 2018).

### *3.3.3 Gestão e Gerenciamento de RSU no contexto das Cidades Inteligentes*

O impacto da tecnologia e a busca por inovações no desenvolvimento urbano mediante a quarta revolução industrial é evidenciado sob o termo cidade inteligente. Regiões inteligentes são formadas a partir de fatores relacionados à infraestrutura e à gestão e a tecnologia é um elemento desta transformação. Nesse contexto, a IoT destaca-se como sendo uma solução promissora na gestão e gerenciamento dos RSU a partir de uma nova forma de coleta, segregação e transporte de resíduos (ESMAEILIAN et al. 2018).

Para Kurniawan et al., (2022), o uso da tecnologia e a sustentabilidade devem andar juntas desde o início, ou seja, promover uma transformação que vai desde a coleta, separação, transporte e reciclagem dos resíduos sólidos urbanos, sendo o uso da tecnologia fundamental para atender estas necessidades. Entretanto, em termos de recursos, estes aspectos estão distantes de atingirem um modelo ideal (VOUKALLI et al., 2021) uma vez que os países em desenvolvimento possuem um sistema de gestão e gerenciamento de resíduos fragmentado e com baixa tecnologia, em comparação com os países desenvolvidos, os quais já possuem uma classificação avançada de gerenciamento de resíduos (KURNIAWAN et al., 2022).



Cabe ao poder público identificar as tecnologias e auxiliar na tomada de decisão para a construção de informações no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos adequados em cada município. Sendo assim, é necessária uma análise detalhada que vai desde a coleta, classificação, análise e integração dos dados relevantes dos RSU (WANG; LI, 2021), além da participação das partes interessadas (YIGITCANLAR; KAMRUZZAMAN, 2018). Dessa forma é importante às iniciativas de empresas, instituições e escolas a fim de aperfeiçoar o desenvolvimento da informação e atividades de governança para gestão de resíduos sólidos na construção de uma cidade inteligente (WANG; LI, 2021).

No estudo de Esmailian et al. (2018), os autores destacam a importância de integrar as práticas de gerenciamento de resíduos em todo o ciclo de vida do produto. Dessa forma, apresentam uma estrutura conceitual para o gerenciamento de resíduos em cidades inteligentes que consiste em três elementos interconectados: uma infraestrutura para coleta abrangente de dados do ciclo de vida do produto, um conjunto de novos modelos de negócios baseados nos dados do ciclo de vida do produto e uma infraestrutura baseada em sensores inteligentes para a separação adequada de resíduos e sua coleta.

A combinação de inteligência artificial, avaliação do ciclo de vida e estabilidade econômica pode melhorar a gestão de resíduos sólidos urbanos. A inteligência artificial pode ajudar a encontrar soluções otimizadas para problemas de gestão de resíduos, enquanto a avaliação do ciclo de vida pode analisar o impacto ambiental das práticas de gestão de resíduos. A estabilidade econômica garante a sustentabilidade financeira das práticas de gestão de resíduos sem sobrecarregar as comunidades. Ao combinar essas três abordagens, práticas de gestão de resíduos sólidos urbanos mais eficientes e sustentáveis podem ser desenvolvidas (NAVEENKUMAR, et al., 2023).

#### *3.3.4 Gestão e Gerenciamento de RSU no Contexto dos ODS*

As cidades inteligentes são aquelas que estão comprometidas com o desenvolvimento urbano e que utilizam tecnologias e inovações para melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes, abordando os aspectos econômicos, sociais e ambientais (MDR, 2021).

Os ODS alinhados com os objetivos de projetos que têm tecnologia em seu desenvolvimento são uma porta para uma cidade mais inteligente. Um dos ODS que tem ligação com as cidades está sob perspectiva do ODS 11: “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, e a busca por uma



gestão sustentável está ligada ao ODS 12: “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis” (BRASIL,2023).

A melhoria na gestão de resíduos desempenha um papel fundamental no avanço dos objetivos dos ODS e na construção de cidades sustentáveis estando ligada a mais da metade dos 17 ODS (GWMO, 2015). De forma a relacionar as práticas identificadas e sua relação com os ODS, a Tabela 4 lista as principais práticas de forma geral e as relações para alcançar os ODS.

**Tabela 4:**Relação das principais boas práticas com os ODS

Principais práticas extraídas da literatura	ODS relacionado	Metas
Infraestrutura inteligente para otimização de rotas e transportes para coleta de resíduos	<b>ODS 9</b>	9c. Aumentar significativamente o acesso às tecnologias de informação e comunicação e se empenhar para procurar ao máximo oferecer uma infraestrutura inteligente e sustentável. A prática contribui diretamente ao utilizar tecnologias avançadas para melhorar a eficiência operacional nos processos de gerenciamento de resíduos.
	<b>ODS 11</b>	11. Até 2030 criar cidades inclusivas, seguras, e sustentáveis, que ofereçam qualidade de vida, tenham capacidade para planejamento e gestão participativa, oportunidades econômicas e eficiência na gestão dos recursos. A infraestrutura inteligente pode auxiliar na gestão das cidades, reduzindo congestionamentos e melhorando a eficiência na coleta de resíduos.
	<b>ODS 13</b>	13. A infraestrutura para otimização das rotas contribui para a diminuição das emissões de CO2 associados à coleta de resíduos.
	<b>ODS 17</b>	17. Mobilizar recursos financeiros adicionais para os países em desenvolvimento a partir de diversas fontes, através do apoio internacional. A prática contribui para tornar o país mais atrativo para investimentos em iniciativas para o desenvolvimento sustentável
Cidadãos conectados e envolvidos	<b>ODS 11</b>	11.3 Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e a capacidade para o planejamento e a gestão participativa, integrada e sustentável dos assentamentos humanos, em todos os países.
	<b>ODS 16</b>	16.7 Garantir a tomada de decisão, inclusiva, participativa e representativa em todos os níveis.
	<b>ODS 17</b>	16.b Promover e fazer cumprir leis e políticas não discriminatórias para o desenvolvimento sustentável. 17.6 Melhorar a cooperação regional e internacional ao acesso à ciência, tecnologia e inovação, e aumentar o compartilhamento de conhecimentos em termos mutuamente acordados. De forma geral, prática contribui para que os cidadãos possam ter acesso a tecnologia e e às informações relevantes bem como contribuir nos processos de planejamento urbano, através do acesso a informação





Principais práticas extraídas da literatura	ODS relacionado	Metas
Desenvolvimento de programas entre governos, sociedade e empresas privadas com o objetivo de melhorar a gestão dos RSU e buscar soluções inovadoras	<b>ODS 11</b>	11.6 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar e gestão de resíduos municipais
	<b>ODS 17</b>	17.3 Mobilizar recursos financeiros adicionais para os países em desenvolvimento a partir de múltiplas fontes 17.4 Ajudar os países em desenvolvimento a alcançar a sustentabilidade da dívida de longo prazo, por meio de políticas coordenadas destinadas a promover o financiamento, a redução e reestruturação da dívida, conforme apropriado e tratar da dívida externa dos países pobres altamente endividados. A colaboração entre diversos setores favorece uma abordagem de responsabilidade compartilhada, resultando em maior eficiência na gestão de resíduos e sensibilização da sociedade quanto à importância de uma gestão adequada de resíduos urbanos.
Projetos para redução de RSU e Programas para troca de resíduos	<b>ODS 11</b>	11.6 Relacionado à redução da quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados, promovendo práticas de consumo consciente e uso eficiente de recursos.
	<b>ODS 12</b>	12.5 Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.
Desenvolvimento de sistemas e programas de reciclagem de resíduos	<b>ODS 9</b>	9.c Aumentar o acesso às tecnologias de informação e comunicação, e procurar ao máximo oferecer acesso universal e acessível à internet
	<b>ODS 12</b>	12.a Apoiar países em desenvolvimento para que fortaleçam suas capacidades científicas e tecnológicas em rumo a padrões mais sustentáveis de produção e consumo
Incentivos para economia circular	<b>ODS 8</b>	8.4 Até 2030, melhorar a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, com foco no crescimento econômico. A economia circular contribui para a reutilização e reciclagem dos resíduos, evitando a degradação ambiental associada a modelos de produção e consumo insustentáveis além de contribuir para a geração de empregos.
	<b>ODS 8</b>	8.2 Atingir níveis mais elevados de produtividade das economias, por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive por meio de um foco em setores de alto valor agregado e intensivos em mão-de-obra. Ao integrar os catadores no processo de gestão de resíduos, a prática promove geração de renda além de diminuir o desperdício de resíduos.
Inclusão de catadores	<b>ODS 10</b>	10.1 Até 2030, alcançar e sustentar o crescimento da renda dos 40% da população mais pobre a uma taxa maior que a média nacional.
Geração de energia a partir de RSU	<b>ODS 7</b>	7.a Acesso a tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa. A prática reduz a quantidade de resíduos que seriam destinados a aterros sanitários, minimizando as emissões de gases de efeito estufa.
Participação da gestão pública, técnica e setor privado	<b>ODS 17</b>	17.1; 17.2; 17.3 De modo geral, essas práticas estão ligadas as metas de fortalecer a capacidade dos países em



Principais práticas extraídas da literatura	ODS relacionado	Metas
Utilização de tecnologias para coleta e segregação de RSU (TIC, IA, sensores...)		desenvolvimento para arrecadar impostos e outras receitas e mobilizar recursos financeiros para os países em desenvolvimento de diversas fontes.
	<b>ODS 9</b>	9c. Aumentar significativamente o acesso às tecnologias de informação e comunicação e se empenhar para procurar ao máximo oferecer uma infraestrutura inteligente e sustentável.
	<b>ODS 12</b>	11. Até 2030 criar cidades inclusivas, seguras, e sustentáveis, que ofereçam qualidade de vida, tenham capacidade para planejamento e gestão participativa, oportunidades econômicas e eficiência na gestão dos recursos.
	<b>ODS 17</b>	13. A infraestrutura para otimização das rotas contribui para a diminuição das emissões de CO2 associados à coleta de resíduos. 17. Mobilizar recursos financeiros adicionais para os países em desenvolvimento a partir de diversas fontes, através do apoio internacional.

Fonte: Elaborado com base nas referências, 2023.



Essa compilação de informações traz uma visão completa das ações relacionadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, destacando como essas práticas contribuem para o progresso da sustentabilidade na busca por uma cidade inteligente. O uso da tecnologia da informação e comunicação (TIC) por exemplo, pode ser fundamental para que as cidades atendam as demandas para uma gestão eficaz dos RSU (MOREIRA; MACKÉ, 2022), uma vez que as cidades são moldadas por processos sociais nos quais as práticas em torno da tecnologia desempenham um papel fundamental nessa construção (BIBRI; KROGSTIE, 2017).

No entanto, é fundamental que as cidades estejam preparadas para enfrentar os desafios globais atendendo às necessidades de seus cidadãos de maneira sustentável. Nesse contexto os projetos que empregam TIC desempenham papel significativo contribuindo com a Agenda 2030, visto que a tecnologia está ligada aos ODS, pois o uso da tecnologia de forma inteligente é essencial para que as cidades atendam às demandas por melhorias nos serviços públicos, moradias e transporte por meio da inovação, infraestrutura avançada, acesso a informações e soluções inteligentes (MOREIRA; MACKÉ, 2022).

É necessário considerar o custo de operação e manutenção na gestão dos resíduos. A infraestrutura necessária para desenvolver sistemas de gestão de resíduos é financiada principalmente pelo governo, empréstimos de agências de crédito como o Banco Mundial, parcerias público-privadas e atividades de responsabilidade social das empresas. Exemplos disso, são empresas privadas na Índia, como a Excel Industries Ltd., que estabeleceram unidades de compostagem, enquanto a Bharuch Enviro Engineers Ltd., e a Eco Recycle Port Ltd., que criaram unidades de produção de composto a partir de resíduos. Além disso, tem-se a Corporação Municipal de Udaipur, a NF Infratech Service que contribuiu para o desenvolvimento do plano de gestão de resíduos sólidos urbanos (CHEELA et al., 2021).

Assim, implementar práticas eficientes na gestão de RSU contribui para a redução de custos operacionais que envolvem a coleta, transporte e disposição, expansão de negócios e recursos, bem como na criação de subprodutos a partir de resíduos que seriam desperdiçados fortalecendo a economia circular (ESMAEILIAN et al., 2018).

### **3.4 Diretrizes para Alcançar um Sistema de Gestão de RSU**

Para obter uma gestão efetiva de RSU, é necessário adotar abordagens estratégicas e sustentáveis. O uso de indicadores que abrangem diferentes aspectos, como a cobertura dos serviços de gestão de resíduos sólidos domiciliares, a eficiência da coleta dos resíduos, o grau



de segregação, taxas de coleta dos resíduos e os custos nos serviços de gestão se tornam essenciais para garantir boas práticas na gestão de RSU (CHEELA, et al., 2021).

Há vários aspectos a serem considerados para a gestão e gerenciamento de RSU em uma cidade. Aspectos mais relevantes abordam a quantidade de resíduos que são gerados, composição do resíduo, teor de umidade (ALELUIA; FERRÃO, 2016), características e condições socioeconômicas, os quais são fundamentais para fornecer estratégias na gestão dos resíduos (CHEELA et al. 2021). Estes fatores variam de acordo com cada região e suas próprias características (HETTIARACHCHI et al. 2018).

Para uma aplicação efetiva de boas práticas em diferentes regiões é importante adaptar as práticas de acordo com as necessidades do local e análise de como elas podem ser inseridas em cada etapa do gerenciamento (ALELUIA; FERRÃO. 2016). Isso requer também o desenvolvimento de estratégias governamentais que levem em consideração as características específicas de cada região, sua infraestrutura urbana e os recursos disponíveis (HETTIARACHCHI et al., 2018).

A participação e atuação dos Governos Estaduais e da União são fundamentais para os processos de inovação na gestão pública municipal, os quais adotam iniciativas que incluem a atuação entre setores, departamentos, diretorias e/ou secretarias municipais, através de programas, projetos e ações. Planos de gerenciamento de resíduos, elaborados em conjunto com a sociedade e aprovados por lei junto às câmaras municipais, também são importantes para lidar com as questões dos resíduos. A busca por inovação no setor dos RSU requer também a participação do Estado e do Governo Federal, que ocorre por meio de apoio financeiro e técnico dos municípios, com o repasse de recursos, como por exemplo, para aqueles que apresentam bons índices de gestão de resíduos. Ainda, o Governo Federal pode contribuir através do incentivo às indústrias de reciclagem, projetos de infraestrutura, transporte e tecnologia (FGV EAESP, 2021).

Além disso, alcançar altas taxas de reciclagem manualmente em países em desenvolvimento é um desafio. Ao contrário dos países desenvolvidos, que possuem sistemas avançados e digitalizados de gerenciamento de resíduos, os países em desenvolvimento enfrentam dificuldades devido à falta de tecnologia e mão de obra ineficiente. Portanto, é essencial que o governo adote a aplicação de tecnologias digitais para melhorar as práticas de gestão de resíduos em termos de eficiência de tempo e custo-benefício, abrangendo todo o processo, desde o processamento até a origem dos resíduos. A tecnologia tem o potencial de impulsionar a uma economia circular (KURNIAWAN. 2023).



As inovações tecnológicas no Brasil concentram-se na compostagem, triagem, reciclagem e aproveitamento energético do metano em aterros sanitários. No entanto, para garantir o sucesso destas tecnologias é necessário realizar uma separação adequada dos resíduos na fonte, classificando-os em matéria orgânica, resíduos secos e rejeitos. Dessa forma, a conscientização, capacitação e engajamento dos setores públicos e da população são essenciais para o funcionamento eficiente dos sistemas de gestão de RSU (FGV EAESP, 2021).

Após o estudo das boas práticas a nível mundial e observação do contexto brasileiro, na Tabela 5 elaborou-se sugestões de diretrizes para alcançar uma boa gestão para os RSU nas cidades brasileiras

**Tabela 5:** Diretrizes para a gestão do RSU no contexto brasileiro

Diretriz	Descrição
1	Utilizar indicadores no desempenho dos RSU em cada etapa do processo.
2	Adaptar as práticas de gestão de RSU conforme as necessidades de cada região.
3	Definir as boas práticas aplicadas em cada etapa do gerenciamento dos resíduos.
4	Desenvolver estratégias governamentais de acordo com as características de cada região.
5	Adotar uma abordagem holística visando a recuperação e a geração de novos materiais em todas as etapas do ciclo de vida do produto.
6	Envolvimento ativo de autoridades estaduais e federais com repasse de recursos que apresentam bons índices na gestão de resíduos
7	O governo deve adotar a aplicação de tecnologias digitais como uma medida prioritária para aprimorar as práticas de gestão de resíduos.
8	Estabelecer parcerias entre o setor público, privado e ONGs para desenvolvimento e estímulos a tecnologias inovadoras, programas de educação socioambiental e investimentos em infraestrutura
9	Promover melhores condições de trabalho aos trabalhadores informais estabelecendo requisitos mínimos de segurança no local de trabalho
10	Desenvolver estratégias de financiamento para investir na gestão de RSU.
11	Promover decisões políticas e a introdução de incentivos econômicos para impulsionar a circularidade e criar mercados para os materiais.
12	Garantir sistemas de governança de resíduos eficientes, considerando o cumprimento das metas estabelecidas pela Agenda 2030, com a participação de várias partes interessadas com direitos e obrigações articulados.

Fonte: : Elaborado com base nas referências, 2023.



#### 4 Considerações finais

Este Estudo apresenta diversas contribuições, tais como levantamento de boas práticas na gestão de RSU e contribuição com relação a agenda 2030 e ODSs, além de que propôs diretrizes com base neste levantamento, para melhoria da gestão de RSU, considerando o contexto das cidades inteligentes.

Assim, um sistema de gestão eficiente requer uma governança confiável e transparente, apoiada por legislações que estabelecem responsabilidades, definindo padrões para a aplicação de boas práticas. Quando alinhadas à educação ambiental, elas fazem com que os cidadãos se tornem agentes ativos promovendo mudanças comportamentais em todo processo de gestão de resíduos de uma forma inteligente, promovendo a eficiência operacional, otimizando a coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos. Isso resulta em uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis, reduzindo custos e diminuindo o desperdício e se tornando um caminho para a construção de uma cidade inteligente. Os ODS estão diretamente ligados à construção de uma cidade inteligente. Para alcançar os Objetivos propostos pela Agenda 2030 será necessário implementar as boas práticas de gestão de resíduos.

A adoção de boas práticas na gestão de RSU envolve aplicação das mesmas desde a redução da geração de resíduos até a sua destinação final adequada. Uma das estratégias é a eficiência na segregação e coleta seletiva, incentivando a separação correta dos resíduos recicláveis pelos cidadãos. Isso contribui para a redução da quantidade de resíduos enviados aos aterros sanitários e apoiando a economia circular, com a reciclagem e reutilização dos materiais.

A implementação de tecnologias e soluções inovadoras contribui de forma a melhorar a eficiência operacional na coleta, redução de custos e otimização de tempo. Além disso, com a tecnologia é possível ter troca de informações e envolvimento da população através do fornecimento de informações por meio de canais de comunicação, promovendo uma abordagem mais sustentável para lidar com a questão dos resíduos, sendo importante adaptar essas soluções às características de cada cidade. A utilização de sistemas de coleta inteligente, por exemplo, permite o monitoramento em tempo real das necessidades de coleta, direcionando os recursos de forma eficiente e supervisionando os custos operacionais.

Outro aspecto importante é o envolvimento da sociedade e autoridades na busca de sensibilização da população sobre a importância da gestão adequada de RSU. A educação ambiental e a divulgação de informações sobre a correta separação de resíduos, a



compostagem doméstica e a redução do consumo são fundamentais para promover uma mudança de comportamento e garantir a participação ativa dos cidadãos nesse processo.

No entanto, ainda existem desafios a serem superados na eficiência da gestão de resíduos, especialmente em países em desenvolvimento que enfrentam restrições financeiras para adotar boas práticas que envolvem tecnologias avançadas, pois observou-se na literatura principalmente estudos em países desenvolvidos em alcançar as melhores abordagens para uma gestão eficaz de resíduos. Dessa forma, sugere-se como trabalho futuro pesquisas relacionadas ao investimento, aquisição e implementação de recursos tecnológicos no contexto brasileiro, bem como ao aprofundamento das diretrizes apresentadas neste estudo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro concedido pelo CNPq (bolsa de produtividade em pesquisa do terceiro autor).

### Referências bibliográficas

- ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo: Abrelpe, 2020. Disponível em:<<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2020.pdf>> Acesso em: 5 set 2021.
- \_\_\_\_\_. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo: Abrelpe, 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/.2022.pdf>> Acesso em: 10 junh. 2023.
- ABDALA. L. N. SCHREINER. T. COSTA. E.M. SANTOS N. Como As Cidades Inteligentes Contribuem Para O Desenvolvimento De Cidades Sustentáveis? Uma Revisão Sistemática De Literatura. *International Journal Of Knowledge Engineering*. Florianópolis, p. 98-120. Março 2014. Disponível em: [https://via.ufsc.br/wp-content/uploads/2016/06/Cidades-Inteligentes\\_Lucas.pdf](https://via.ufsc.br/wp-content/uploads/2016/06/Cidades-Inteligentes_Lucas.pdf). Acesso em: 10 ago 2021.
- ALBINO.V. BERARDI U. DANGELICO R.M. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal Of Urban Technology*. Toronto, Canadá, p. 3-21. fev. 2015.
- ALELUIA, J., FERRÃO, P. Characterization of urban waste management practices in developing Asian countries: a new analytical framework based on waste characteristics and urban dimension. *Waste Management*, 58, 415-429. 2016.
- AMBIENTE DE DEMONSTRAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA CIDADES INTELIGENTES (ADTCI). **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro)**. 2017. Disponível em:<<https://docplayer.com.br/88471841-Docmento-de-referencia-ambiente-de-demonstracao-detecnologias-para-cidades-inteligentes.html>> Acesso em: 10 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos- Classificação. Rio de Janeiro.2004.
- BANO, Aniq; DIN, Ikram Ud; AL-HUQAIL, Asma A. AIoT-Based Smart Bin for Real-Time Monitoring and Management of Solid Waste. *Scientific Programming*, [S.L.], dez. 2020. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2020/6613263>.



BARALLA, G. PINNA, A. TONELLI, R. MARCHESI, M. Waste management: a comprehensive state of the art about the rise of blockchain technology. **Computers In Industry**, [S.L.], v. 145, p. 103812, fev. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2022.103812>

BEREZYUK, M.; RUMYANTSEVA, A.; LAPINA, A. Municipal solid waste management in a new legislation: comprehensive approach. **E3S Web Of Conferences**, [S.L.], v. 6, p. 01006, 2016. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20160601006>.

BOUROUGAA-TRIA, S; MOKHATI, F.; TRIA, H.; BOUZIANE, O. SPubBin: smart public bin based on deep learning waste classification an iot system for smart environment in algeria. **Informatica**, [S.L.]. 2022. Slovenian Association Informatika. <http://dx.doi.org/10.31449/inf.v46i8.4331>.

BOUSKELA M. et al. **CAMINHO PARA AS SMART CITIES: Da Gestão Tradicional Para A Cidade Inteligente**. 2016. Disponível em: <<https://publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Caminho-para-as-smart-cities-Da-gest%C3%A3o-tradicional-para-a-cidade-inteligente.pdf>. >Acesso em: 5 ago 2021.

BRASIL. Lei no 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União. 3 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 6484, de 14 de janeiro de 2020. Distrito Federal, DF, Disponível em:[https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/b7f237ba8eca46f08253c463d7fb6270/Lei\\_6484\\_2020.html](https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/b7f237ba8eca46f08253c463d7fb6270/Lei_6484_2020.html). Acesso em: 15 maio 2023.

BRILHANTE. Shiny; SARA, Dioline; PRABAVATHI. Bin Bay: an optimized smart waste disposal system for a sustainable urban life using lstm and fog computing. **Journal Of Computer Science**, [S.L.], v. 18, n. 11, p. 1110-1120, 1 nov. 2022. Science Publications. <http://dx.doi.org/10.3844/jcssp.2022.1110.1120>.

CEARÁ. **Plano de coleta seletiva do Ceará**. Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Ceará, 2017.

CHAND MALAV, L.; YADAV, K. K.; GUPTA, N.; KUMAR, S. *et al.* A review on municipal solid waste as a renewable source for waste-to-energy project in India: Current practices, challenges, and future opportunities. **Journal of Cleaner Production**, 277, p. 123227, 2020/12/20/ 2020.

CHEELA, V. R. S.; RANJAN, V. P.; GOEL, S.; JOHN, M. *et al.* Pathways to sustainable waste management in Indian Smart Cities. **Journal of Urban Management**, 10, n. 4, p. 419-429, 2021. Article.

CHEN X., PANG J., ZHANG Z., LI H., Sustainability Assessment of Solid Waste Management in China: A Decoupling and Decomposition Analysis. **Sustainability**. Tianshui South Road. Dez 2014.

CHEN Y., DAI F., CAO M., An optimized MSW transfer station location system based on internet of things. **Int JSyst Assur Eng Manag**, Suécia, p. 675-688, Fev 2022.

CHENG, K. M.; TAN, J. Y.; WONG, S. Y.; KOO, A. C. *et al.* A Review of Future Household Waste Management for Sustainable Environment in Malaysian Cities. **Sustainability**, 14, n. 11, 2022. Article.

ESMAEILIAN B. et al. The future of waste management in smart and sustainable cities: A review and concept paper. **Waste Management**. p. 177-195. Buffalo out 2018.





FAO - Food and Agriculture Organizations of the United Nations. Good Practices .2023. Disponível em: <https://www.fao.org/capacity-development/resources/good-practices/en/>. Acesso em: 09 abr. 2023.

FERNANDES M. L., RODRIGUES A. P., SOARES A. C., COSTA G., BORTOLUZZI S. C., LIMA P., Critérios para Avaliação de Desempenho na Gestão Municipal de Resíduos Sólidos. **International Workshop Advances In Cleaner Production**, São Paulo, mai 2017.

FRANCISCO JR. et al. **CIDADES INTELIGENTES: uma abordagem humana e sustentável**. 1ª ed. Brasília: Câmara dos deputados. 2021. Disponível em: <[https://www2.camara.leg.br/acamara/estruturaadm/altosestudios/pdf/cidades\\_inteligentes.pdf](https://www2.camara.leg.br/acamara/estruturaadm/altosestudios/pdf/cidades_inteligentes.pdf)>. Acesso em 20 ago. 2021.

GADeR-ALC. Gestão Ambiental e Desenvolvimento Rural da América Latina e o Caribe. **Boas práticas na gestão de resíduos sólidos urbanos**.2022. Disponível em; < [BoaspraticasnagestaodeRSU.pdf \(www.gov.br\)](http://www.gov.br/boaspraticasnagestaodeRSU/pdf)> Acesso em: 05 mai. 2023.

GLOBAL WASTE MANAGEMENT (GWMO). **International Environmental Technology Centre**. United Nations Environmental Programme (UNEP). International Solid Waste Association (ISWA). 2015. Disponível em: < <http://web.unep.org/ietc/what-we-do/global-waste-management-outlook-gwmo>>. Acesso em 10 ago.2021.

GONÇALVES T. A; MORAES F.T.F; MARQUES L. G; LIMA P. J; SILVA R. Desafios de resíduos sólidos urbanos nos países do BRICS: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v.13, n.2, jan. 2018.

GOOD PRACTICE GUIDE (GPG). **Sustainable Solid Waste Systems – SSWS. C40 Cities**. 2016. Disponível em:< <https://www.c40.org/networks/sustainable-waste-systems>> Acesso em: 10 mai .2023.

GOPIKUMAR, S.; RAJA, S.; ROBINSON, Y. H.; SHANMUGANATHAN, V. *et al*. A method of landfill leachate management using internet of things for sustainable smart city development. **Sustainable Cities and Society**, 66, 2021. Article.

GUERRERO A. L. MAAS G. HOGLAND W. Desafios en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo: solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management Journal**. p. 141-168. fev. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v28n2/0379-3982-tem-28-02-00141.pdf>> Acesso em: 01 out 2021.

GUIA DE GESTÃO PÚBLICA SUSTENTÁVEL (GPS). Programa Cidades Sustentáveis. São Paulo. 2016. Disponível em:< [https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/Publicacoes/GPS\\_Guia\\_Gestao\\_Publica\\_Sustentavel.pdf](https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/Publicacoes/GPS_Guia_Gestao_Publica_Sustentavel.pdf)> Acesso em 08 abr. 2023.

IJEMARU, G. K.; ANG, L. M.; SENG, K. P. Swarm Intelligence Internet of Vehicles Approaches for Opportunistic Data Collection and Traffic Engineering in Smart City Waste Management. **Sensors**, 23, n. 5, 2023. Article.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>>. Acesso em: 5 set. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 2006. Disponível em:<



<https://cetesb.sp.gov.br/biogas/wp-content/uploads/sites/3/2014/01/v5full.pdf>> Acesso em: 15 set 2021.

KALYAN CHAKRAVARTHI, G.; SATISH CHANDRA, D.; ASADI, S. S. Smart solid waste management in new capital city Amaravathi. **International Journal of Recent Technology and Engineering**, 7, n. 6, p. 882-887, 2019. Article.

KROGSTIE, Simon Elias; BIBRI John. On the social shaping dimensions of smart sustainable cities: A study in science, technology, and societ. **Sustainable Cities And Society**. Trondheim, jul. 2017.

KUMAR, A.; SINGH, E.; MISHRA, R.; KUMAR, S. Monitoring of land use/land cover changes by the application of gis for disposal of solid waste: A case study of proposed smart cities in bihar. International Conference on Sustainable Environmental Engineering and Science, SEES 2019. KUMAR, S.; KALAMDHAD, A., *et al.* Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. 93: 253-262 p. 2021.

KURNIAWAN T. et al. (2022). "Accelerating Sustainability Transition in St. Petersburg (Russia) through Digitalization-based Circular Economy in Waste Recycling Industry: A Strategy to Promote Carbon Neutrality in Era of Industry 4.0." *Journal of Cleaner Production* 363 (2022): 132452. Web

LIN, K. et al. 2022. Toward smarter management and recovery of municipal solid waste: a critical review on deep learning approaches. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 346, p. 130943, abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130943>

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. P.; VALLE, T. F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Revista De Administração Pública*, Rio de Janeiro, p.24-51, jan./fev. 2018.

MANOHARAM, Gaeithry; ISMAIL, Mohd. Tahir; ABIR, Ismail Ahmad; ALI, Majid Khan Majahar. Efficient Solid Waste Management in Prai Industrial Area through GIS using Dijkstra and Travelling Salesman Problem Algorithms. **Pertanika Journal Of Science And Technology**, [S.L.], v. 29, n. 3, jul. 2021. Universiti Putra Malaysia. <http://dx.doi.org/10.47836/pjst.29.3.02>.

MENDES, Fabiana Maria da Conceição. **CIDADES INTELIGENTES E CIDADES SUSTENTÁVEIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA À LUZ DA LITERATURA E DAS ISOS: 37120:2018 E 37122:2019**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). Carta brasileira, cidades inteligentes. 2021. Disponível em:<[https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimentoregional/projetoandus/carta\\_brasileira\\_cidades\\_inteligentes.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimentoregional/projetoandus/carta_brasileira_cidades_inteligentes.pdf)> Acesso em: 18 mar. 2023.

MISHRA, A.; RAY, A. K. IoT cloud-based cyber-physical system for efficient solid waste management in smart cities: A novel cost function based route optimisation technique for waste collection vehicles using dustbin sensors and real-time road traffic informatics. **IET Cyber-Physical Systems: Theory and Applications**, 5, n. 4, p. 330-341, 2020. Article.

MOREIRA, L F.; MACKE, J. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para cidades inteligentes suportadas por TICs: estudo de casos múltiplos. **Revista dos Desenvolvimento Regional**, Taquara, v. 10, n. 1, jan. 2023. Disponível em: <https://seer.faccat.br/index.php/coloquio/article/view/2882>. Acesso em: 5 jun. 2023.



MUKAMA T., NDEJJO R., MUSOKE D., MUSINGUZI G., HALAGE A. A., CARPENTER O. D., SSEMPEBWA C.J., Práticas, preocupações e vontade de participar na gestão de resíduos sólidos em duas favelas urbanas no Uganda Central. **Hindawi Publishing Corporation**. [n.t], fev. 2016.

MURUGAN, Nandhini; SIVATHANU, Anithakumari; VAIDYANATHAN, Krithika; TIWARI, Anupam; VARMA, Armaan. Automated home waste segregation and management system. **International Journal Of Electrical And Computer Engineering (Ijece)**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 3903, 1 ago. 2023.

NASCIMENTO, Luis Felipe. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. Departamento de Ciências da Administração – UFSC. 2012. Disponível em: <[https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Livrotexto\\_Gestao\\_Ambiental\\_Sustentabilidade.pdf](https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Livrotexto_Gestao_Ambiental_Sustentabilidade.pdf)> Acesso em: 25 set. 2021.

NOGUEIRA et al. 2023. Cidades inteligentes e mobilidade urbana: atores e práticas na cidade de Recife/PE Smart cities and urban mobility: actors and practices in the city of Recife/PE. **Gesec**, Sao Paulo, v. 14, n. 4, p. 5842-5865, jan. 2023.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Perspectiva Global Reportagens Humanas**. 2019. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/07/1679631>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

PEURA, Pekka; VOUTILAINEN, Olli; KANTOLA, Jussi. From garbage to product and service systems: a longitudinal finnish case study of waste management evolution. **Waste Management**, [S.L.], v. 140, p. 143-153, mar. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.025>.

PORTAL CAMARA DOS DEPUTADOS (PCD). **Cidades inteligentes - Uma abordagem humana e sustentável**. 2020. 1ª edição. Disponível em: <[https://www2.camara.leg.br/acamara/estruturaadm/altosestudos/pdf/cidades\\_inteligentes.pdf](https://www2.camara.leg.br/acamara/estruturaadm/altosestudos/pdf/cidades_inteligentes.pdf)> Acesso em 18 ago. 2021.

PRIYADARSHI, Marut; MARATHA, Meet; ANISH, Mohammad; KUMAR, Vaibhav. Dynamic routing for efficient waste collection in resource constrained societies. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 13, fev. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-023-29593-x>.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS (PCS). **Boas Práticas**. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas>. Acesso em: 15 abr. 2023.

RAJALAKSHMI, J.; SUMANGALI, K.; JAYANTHI, J.; MUTHULAKSHMI, K. Artificial intelligence with earthworm optimization assisted waste management system for smart cities. **Global Nest Journal**, 25, n. 4, p. 190-197, 2023. Article.

REBEHY, P. C. P. W.; SALGADO JUNIOR, A. P.; OMETTO, A. R.; ESPINOZA, D. D. F. *et al.* Municipal solid waste management (MSWM) in Brazil: Drivers and best practices towards to circular economy based on European Union and BSI. **Journal of Cleaner Production**, 401, p. 136591, 2023/05/15/ 2023.

RICOY, M. C. COUTO, M.J. As boas práticas com TIC e a utilidade atribuída pelos alunos recém-integrados na universidade. **Educação e Pesquisa**, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 897-912, fev. 2014.

SANKAR, J.; BALASUNDARAM, N.; ROOPA, D. Municipal solid waste management system in Salem District. **International Journal of Recent Technology and Engineering**, 7, n. 6, p. 651-655, 2019. Article.



SANTOS, V. A. T. OLIVEIRA, G.D. Information Technology Acceptance in Public Safety in Smart Sustainable cities: a qualitative analysis. **Procedia Manufacturing**, Pato Branco - PR, ago. 2019.

SARAIVA, P.; CAMARA, I. P.; RIBEIRO, L. A.; SILVA, T. O USO DE TECNOLOGIAS COMO ESTRATÉGIA NA CONSTRUÇÃO DE CIDADES MAIS INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS. **Gestão & Regionalidade**, [S.L.], v. 35, n. 105, jul. 2019. USCS Universidade Municipal de Sao Caetano do Sul.  
<http://dx.doi.org/10.13037/gr.vol35n105.5292>.

SAUCEDO MARTINEZ, J. A.; MENDOZA, A.; ALVARADO VAZQUEZ, M. D. R. Collection of Solid Waste in Municipal Areas: Urban Logistics. **Sustainability**, 11, n. 19, p. 5442, 2019.

THAKUR, Vikas; PARIDA, Dibya Jyoti; RAJ, Vivek. Sustainable municipal solid waste management (MSWM) in the smart cities in Indian context. **International Journal Of Productivity And Performance Management**, [S.L.], jan. 2022. Emerald.  
<http://dx.doi.org/10.1108/ijppm-10-2021-0588>.

VISHNU, S.; RAMSON, S.R.J.; SENITH, S.; ANAGNOSTOPOULOS, T.; ABU-MAHFOUZ, A.M.; FAN, X.; SRINIVASAN, S.; KIRUBARAJ, A.A. IoT-Enabled Solid Waste Management in Smart Cities. *Smart Cities 2021*. Disponível em:<  
<https://doi.org/10.3390/smartcities403005>>. Acesso em 10 out. 2021.

WANG, Qiufei; LI, Siyu. Experience of Urban Solid Waste Management in Russia under the Concept of Smart City and Its Enlightenment to Shenyang. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, [S.L.], v. 719, n. 4, p. 042021, 1 abr. 2021. IOP Publishing.  
<http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/719/4/042021>.

WILSON, Ljiljana RODIĆ David C. Resolving governance issues to achieve priority sustainable development goals related to solid waste management in developing countries. **Sustainability**, Holanda, Mar. 2017.

YE, Q.; ANWAR, M. A.; ZHOU, R.; ASMI, F. *et al.* China's green future and household solid waste: Challenges and prospects. **Waste Management**, 105, p. 328-338, 2020/03/15/ 2020.

YIGITCANLAR, T. KAMRUZZAMAN, M. Understanding 'smart cities': Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. *Cities*, v. 81, p. 145-160, 2018.

ZAILAN, N. A.; AZIZAN, M. M.; HASIKIN, K.; MOHD KHAIRUDDIN, A. S. *et al.* An automated solid waste detection using the optimized YOLO model for riverine management. **Frontiers in Public Health**, 10, 2022. Article.

ZAND, A. D.; HEIR, A. V.; KHODAEI, H. A survey of Knowledge, attitudes, and practices of Tehran residents regarding solid waste management in the COVID-19 era. **Journal of Hazardous Materials Advances**, 8, p. 100203, 2022/11/01/ 2022.

ZHOU, J.; JIANG, P.; YANG, J.; LIU, X. Designing a smart incentive-based recycling system for household recyclable waste. **Waste Management**, 123, p. 142-153, 2021/03/15/ 2021.

ZHOU, J.; LI, L.; WANG, Q.; FAN, Y. V. *et al.* Household waste management in Singapore and Shanghai: Experiences, challenges and opportunities from the perspective of emerging megacities. **Waste Management**, 144, p. 221-232, 2022/05/01/ 2022.