



Programa de Coleta Seletiva: aspectos essenciais e modelo para cidades médias

Selective Collection Program: essential aspects and model for medium-sized cities

Daiana Souza de Lima ^[a] 

Uberaba, MG, Brasil

^[a] Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

Deusmaque Carneiro Ferreira ^[a] 

Uberaba, MG, Brasil

^[a] Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

Ednilson Viana ^[b] 

São Paulo, SP, Brasil

^[b] Universidade de São Paulo (USP)

Como citar: Lima, D. S., Ferreira, D. C., & Viana, E. (2025). Programa de Coleta Seletiva: aspectos essenciais e modelo para cidades médias. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 17, e20230087. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.017.e20230087>

Resumo

Um dos entraves para o sucesso dos Programas de Coleta Seletiva em países em desenvolvimento é a correta separação dos resíduos sólidos urbanos na fonte geradora. Todavia, essa segregação somente ocorre se a população estiver ciente dos resultados dos seus esforços, e, se vir atendidas no programa suas demandas. Assim, é necessário que essas expectativas estejam contempladas no PCS desde a sua concepção. Portanto, objetivou-se nesse trabalho, a partir de análise sistemática da literatura no portal da CAPES sobre o assunto,

DSL é Mestre em inovação tecnológica pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM (2021). Atualmente é engenheira ambiental da Prefeitura Municipal de Uberaba, MG; e-mail: dsl_dai@yahoo.com.br

DCF é Doutor em Química (Eletroquímica Aplicada) pela Universidade Federal de Uberlândia. Atualmente é professor Adjunto III da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM); e-mail: deusmaque.ferreira@uftm.edu.br

EV é Doutor em Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos-USP (1999), Pós-Doutor em saneamento pela Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (2001), Pós-Doutor pela Universidade Nova de Lisboa (2014), Pós-Doutor pela University of Wisconsin (2018). Atualmente é professor livre docente na Universidade de São Paulo campus EACH; e-mail: edn@usp.br

estruturar as etapas do PCS, e, fundamentado em estudo de caso realizado em uma cidade média, estabelecer um padrão que possa auxiliar os gestores na implantação dessa solução. A pesquisa contribui para o avanço da gestão urbana, quando considera os anseios dos geradores de RSU inseridos nesse contexto. Os resultados mostraram oito aspectos fundamentais dos PCSs: gestão, abrangência, financiamento, operacionalização, segregação, seleção, coleta e triagem. O modelo proposto visa otimizar a gestão dessas cidades, ao apresentar como diretrizes a gestão formal, abrangência municipal, financiamento e operação mistos. Para ser mais conveniente à população, recomenda-se segregação na fonte em três tipos e coleta mista, com categorização e armazenamento realizados em centrais de triagem para facilitar a venda dos materiais coletados.

Palavras-chave: Gestão de resíduos sólidos. Programa de Coleta Seletiva. Cidades médias.

Abstract

One of the obstacles to the Selective Collection Programs success in developing countries is the correct separation of municipal solid waste at source. However, this segregation only occurs if the population is aware of its efforts results, as well as if its demands are met in the program, resulting in an acceptable cost-benefit. To this end, it is necessary that these expectations are included in the SCP from its conception. Therefore, the objective of this study, based on systematic analysis of literature on the CAPES portal on the subject, is to systematize the stages of the SCP, and, based on a case study carried out in a medium-sized city, to establish a standard that can assist managers in implementing this solution. This research contributes to the urban management improvement, when it considers the desires of MWS generators inserted in this context. The results showed eight fundamental aspects of SCPs: management, scope, financing, operationalization, segregation, selection, collection and sorting. The proposed model aims to optimize these cities management, by presenting as guidelines formal management, municipal coverage, mixed financing and operation. To make the program more convenient for the population, it is recommended the segregation at the source into three types and the mixed collection with categorization and storage carried out in sorting centers to facilitate the collected materials sale.

Keywords: Solid waste management. Selective Collection Program. Medium-sized cities.

Introdução

Entre os aspectos comumente encontrados em países emergentes, inclui-se a dificuldade na gestão dos resíduos sólidos. Em diagnóstico feito pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2021, p. 35, p. 45), das 66,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) geradas no Brasil no ano de 2020, 1,07 milhão, foi reintroduzida na cadeia produtiva, por meio da reciclagem, ou seja, aproximadamente 5,3% do potencial estimado. Vale ressaltar que esses números incluem apenas os fluxos rastreáveis por municípios ou governos municipais, ou seja, uma quantidade maior segue para a cadeia de reciclagem por meio dos catadores autônomos. De acordo com informações da Associação Nacional dos Catadores e Catadores de Materiais Recicláveis – ANCAT (2020, p.16), esses profissionais desviam um volume cerca de três vezes maior que o formalmente contabilizado.

Por não haver um sistema confiável de rastreabilidade dos dados, há algumas divergências entre os órgãos oficiais, no entanto, estima-se que, sem considerar a matéria orgânica (45,3%), a parcela de resíduos recicláveis no país é de cerca de 35%, enquanto a parcela enviada à reciclagem permanece inferior a 4% (ABRELPE, 2020, p. 33, 40). Desta forma, verifica-se a baixa taxa de materiais enviados à reciclagem, que em sua grande maioria acaba aterrada ou disposta de forma incorreta.

Destaca-se ainda no país, o processo de urbanização iniciado no século passado. A porcentagem da população ocupando as áreas urbanas, passou de 36,16% na década de 1950 para 84,36% em 2010. A partir dos anos 1980, com a expansão das redes de telecomunicação e de transporte, as cidades interiores passaram a desempenhar um papel mais relevante nesse processo, surgindo então, as cidades médias. Essas cidades atuam como polo referencial para outros aglomerados urbanos menores, atraindo a indústria e o comércio (Flora *et al.*, 2019; Scherer & Amaral, 2019). Entretanto, ressalta-se, que ao contrário dos avanços econômicos, a gestão dos resíduos sólidos segue enfrentando desafios significativos, conforme mostrado em estudo realizado pela ABRELPE¹ (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais) em 2020 (ABRELPE, 2020).

Esse panorama não é exclusivo do Brasil e, se repete em grande parte dos países em desenvolvimento, com acelerado processo de urbanização, sem investimentos proporcionais na gestão urbana, sobretudo no manejo dos resíduos sólidos. Como apontam Khan *et al.*, (2022), da quantidade total de resíduos sólidos, a taxa média de reciclagem nesses países é de cerca de 16%, em comparação com 51% dos países desenvolvidos. Grande parte do trabalho de segregação desses materiais é feita de forma descoordenada por catadores autônomos, replicando-se as vantagens deste tipo de coleta, como a proximidade com a população, e seus inconvenientes, como o descarte inadequado de rejeitos.

Entre os fatores que contribuem para esse quadro, está a inexistência de ações coordenadas pelo poder público que vão desde a sensibilização da população para separação dos resíduos na fonte geradora até a operacionalização da coleta e destinação dos materiais.

Dessa forma, a existência de um Programa de Coleta Seletiva (PCS) bem delineado se faz essencial para a gestão de resíduos. Entretanto, a falta de dados, de mão de obra especializada, de continuidade da gestão, de estruturação e de passos simples para nortear as decisões impedem a implantação e perpetuidade dos PCSs. Somam-se a esses fatores a baixa performance do gerenciamento, da coleta, do

¹ Em 2023 houve a fusão da ABRELPE com a ABETRE (Associação Brasileira de Empresas Tratamento de Resíduos e Efluentes) resultando na fundação da ABREMA (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente). Referência: ABREMA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (Brasil). Quem Somos. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/quem-somos/>. Acesso em: 03 ago. 2024.

transporte, da classificação dos resíduos, a diversidade dos materiais descartados, a limitação de recursos financeiros, a não inclusão dos catadores independentes no sistema e a aplicação das regulações municipais (Fidelis *et al.*, 2020). No campo acadêmico ainda se observa a necessidade de pesquisas que pontuem com maior especificidade os caminhos de implantação do PCS, com embasamento científico. Embora a lista de problemas relatada acima esteja conectada com a carência de método, poucas publicações se propõem a facilitar o caminho dos gestores (Fidelis *et al.*, 2020). Ter uma visão ampla do sistema e dos pontos que necessitam ser abordados e ainda a melhor forma para cada procedimento, permite maior assertividades das escolhas.

Em especial, tratando-se das cidades médias, acrescenta-se o descompasso entre o crescimento populacional e as ações relacionadas à gestão de resíduos. O IBGE classifica como cidades médias aquelas com população entre 100 e 750 mil habitantes (IBGE, 2016). Considerando os resultados prévios do censo demográfico de 2022 (IBGE, 2022a), atualmente dos 5.570 municípios brasileiros, 288 (5,2%) estão nessa classificação e abrigam 67.282.870 habitantes, correspondendo a aproximadamente 32,4% da população total. Esse cenário resume a importância de estudos, que visem contribuir para o desenvolvimento sustentável dessas cidades.

Dessa forma, esta pesquisa objetivou preencher a lacuna de estudo científico sobre a sistematização de programas de coleta seletiva, considerando a percepção da população, além de servir de guia para os tomadores de decisão responsáveis pelo manejo de resíduos sólidos em cidades médias de países em desenvolvimento, ao mostrar as etapas básicas que devem estar claramente definidas quando da adoção de um PCS.

Este estudo apresenta contribuições para a implantação de PCSs ao destacar os aspectos que devem ser planejados, as alternativas possíveis em cada um deles, referências de cidades que as adotaram, o entendimento dos residentes da cidade de Uberaba quanto a sua participação no processo e, baseada nessa compreensão, a escolha mais adequada para cidades médias.

Métodos

A pesquisa foi realizada em três fases, sendo uma a preparação, estruturação, coleta e análise das entrevistas em domicílios e a segunda, pesquisa sistemática de artigos científicos relativos à coleta seletiva. Na terceira etapa, tomou-se a pesquisa de campo, realizada no município de Uberaba, como representativo de cidade média para estudo de caso e proposição do modelo,

Entrevistas

Para identificação da percepção da população quanto à coleta seletiva, optou-se pela aplicação de entrevistas estruturadas. O trabalho de campo foi feito no município de Uberaba, que se localiza no Triângulo Mineiro, interior do Estado de Minas Gerais (Figura 1). O número de habitantes da cidade, conforme dados do IBGE (2010), totalizava 295.988, sendo 95% domiciliados na zona urbana; e 3,5% na zona rural. Dados do censo demográfico realizado em 2022 (IBGE, 2022a) indicam uma população de 337.836 habitantes, um aumento de aproximadamente 14%.

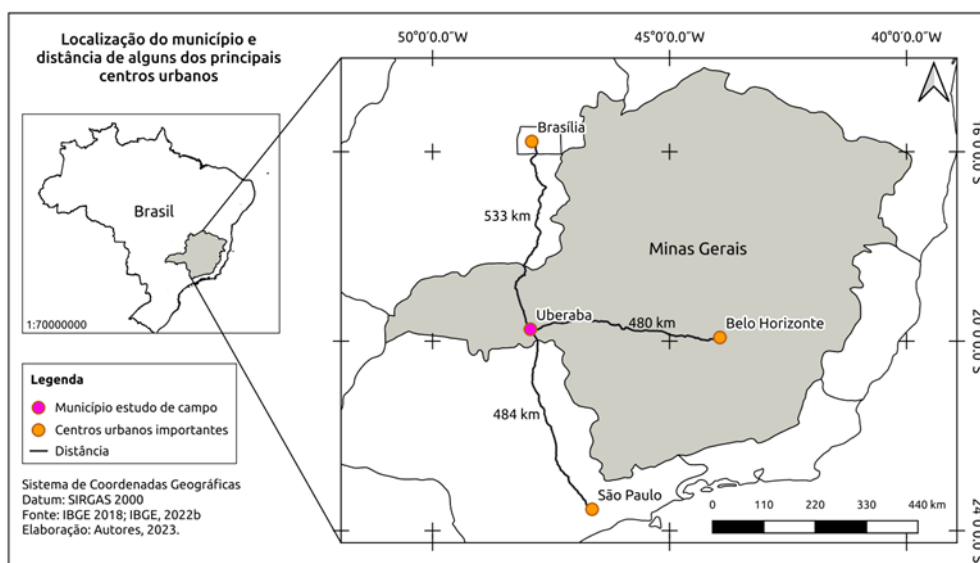


Figura 1 - Localização do município em que foi realizado o estudo de campo. Elaboração: Autores (2023).

Na etapa de preparação, delimitou-se a abrangência da pesquisa e fundamentos para representatividade dos dados. Uma vez que a coleta de resíduos é feita por residências, considerou-se o número de domicílios da zona urbana como grupo focal.

Quanto ao método de amostragem, adotou-se o probabilístico de amostragem aleatória por conglomerados em três etapas, sendo na última, aplicado o método de amostragem sistemática. No primeiro método, a amostra é dividida em grupos, os conglomerados, e então um número x desses conglomerados é incluído na amostra. Na pesquisa em tela, adotou-se na primeira etapa a divisão do município conforme as Unidades de Planejamento e Gestão (UPGs) do Plano Diretor municipal (Uberaba, 2006), sendo sorteadas 25 das 33 UPGs ocupadas residencialmente. Na segunda etapa, essas unidades foram subdivididas em bairros, com auxílio da ferramenta Google Earth Pro® e realizado sorteio aleatório daqueles que seriam incluídos na pesquisa. A terceira etapa, aplicando-se a amostragem sistemática, que consiste na escolha aleatória do primeiro indivíduo, sendo os demais selecionados conforme padrão pré-definido, estabeleceu-se a exclusão da residência contígua a uma já entrevistada, ou seja, após a escolha aleatória da primeira casa, a vizinha era excluída, sendo entrevistada uma casa sim e outra não.

A Tabela 1 detalha os parâmetros utilizados para os cálculos, bem como as equações. Ainda na fase de preparação, adicionou-se um fator de segurança de 5% por conglomerado, resultando em 863 entrevistas. Durante o trabalho de campo, alguns entrevistados mostraram um grau elevado de insegurança ou incerteza ao responder o questionário, sendo classificados como “não engajados” (24 respondentes). Considerando a necessidade de exclusão desses dados, foram realizadas 874 entrevistas, sendo 850 os formulários válidos, total este que garante a margem de erro proposta pela pesquisa. Após a etapa de campo, houve o tratamento dos dados em Excel® e processamento com a utilização do software SPSS®.

Tabela 1 – Caracterização do Município estudado e da amostra

Caracterização da amostra		
Grupo focal: 157.411 domicílios na zona urbana (imóveis cadastrados para pagamento do Imposto Territorial Urbano (IPTU), conforme a Secretaria de Fazenda Municipal, 2019, dado não publicado).		
Equação de cálculo: $n_0 = (q.p.Z^2)/E^2$		
Parâmetros:	Nível de confiança de 95% ($p=0,95$)	Variabilidade máxima de 78% ($Z=0,78$)
	Margem de erro de 3% ($E=0,03$)	Fator de segurança: 5%
Equação para população finita: $N = n_0 / (1 + ((n_0+1)/N))$		
$n_0 = 733$	$N = 730$	$N_1 = 767$
Amostra com fator de segurança por conglomerado: $N_f = (N_{c1} + (N_{c1} \times 0,05)) + \dots + (N_{cn} + (N_{cn} \times 0,05))$		
$N_f = 863$		
Onde:	N: amostra para o nível de confiança e margem de erro requeridos	N_{c1} : amostra conglomerado 1
n_0 : amostra inicial	N_1 : amostra com fator de segurança	N_{cn} : amostra conglomerado n
$q = 1-p$	N: amostra para população finita	N_f : amostra final com fator de segurança por conglomerado.

Fonte: Autores (2023).

Pesquisa Bibliográfica

Para identificação das fases normalmente aplicadas em PCSs, realizou-se pesquisa sistemática, utilizando-se a base de dados da CAPES (Portal de Periódicos da CAPES), com busca pelas palavras-chave: “*Municipal Waste’ AND ‘Selective Collection’*”; “*municipal solid waste management AND ‘selective collection’ OR ‘source separation’*”; “*Municipal solid waste management selective collection source separation*”; “*municipal waste management and selective collection*”; “*municipal waste’ AND ‘recycling program’*”; “*municipal solid waste management’ AND ‘recycling program’*”; visando obter o máximo possível de resultados dentro do tema. Utilizou-se o idioma inglês para garantir maior abrangência da busca, sendo retornadas pesquisas realizadas no Brasil e no mundo, com repetição do processo de busca nos meses de janeiro e dezembro de 2022, e setembro de 2023.

Foram excluídos os assuntos “*chemistry*”, “*bacteria*”, “*pollutants*”, “*landfill*”, “*waste water treatment*”, uma vez que retornavam artigos dissonantes do foco do presente estudo. O período de publicações dos artigos foi de 2018 a 2022 e para maior confiabilidade dos resultados, aplicou-se o filtro de “periódico revisado por pares”.

No total foram obtidos 239 artigos para análise, dos quais 16 não estavam disponíveis para consulta. Houve a exclusão dos artigos que não atendiam aos seguintes critérios: a) conter informações sobre a existência de PCS; b) conter dados que possibilitem identificar fases do PCS e qual método adotado; c) confiabilidade dos dados (publicações de revistas Qualis A1 e A2). Em conformidade com o resultado obtido por FIDELISA *et al.* (2020), foram validados 28 artigos, uma vez que a maior parte dos artigos não mostraram com clareza como o gerenciamento de resíduos recicláveis é realizado.

Resultados e Discussão

Etapas do Programa de Coleta Seletiva

Após a análise bibliográfica, foram identificados 8 aspectos básicos de um PCS, quais sejam, gestão/implementação, abrangência, financiamento, operacionalização, seleção, segregação, coleta e triagem. A Tabela 2 descreve cada aspecto, as suas possíveis classificações e apresenta exemplos de cidades que os adotaram com respectiva referência bibliográfica.

Tabela 2 – Aspectos de PCS identificados, características e localidades exemplo

Aspecto	Forma	Características	Exemplo	Referência
Gestão/implementação	Formal/Centralizada	Fomentada e gerida por um único órgão	Altamura, Itália	LAURIERI <i>et al.</i> (2020)
			Barcelona, Espanha (região metropolitana)	MEDINA-MIJANGOS <i>et al.</i> (2021)
			Cajicá, Colômbia	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)
			Coreia do Sul	PARK, 2018
			Cuenca, Equador	BURNEO <i>et al.</i> (2020)
			João Pessoa, Brasil	IBÁÑEZ-FORÊS <i>et al.</i> (2018)
			Johanesburgo, África do Sul	OKONTA & MOHLALIFI (2020)
			Kielce, Polônia	LATOSINSKA <i>et al.</i> (2021)
			Londrina, Brasil	MIRANDA <i>et al.</i> (2020)
			São Leopoldo, Brasil	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
			Sinistra Piave Basin, Itália	COSTA <i>et al.</i> (2019)
			Tabriz, Irã	BABAZADEH <i>et al.</i> (2018)
			Xangai, China	XIAO <i>et al.</i> (2020)
			Zurique, Suíça	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
	Informal/Descentralizada	Implementada por associações da sociedade civil	Bloemfotein e Pretoria, África do Sul	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)
			Honghuatao Town e Shenzhen, China	XU <i>et al.</i> (2020)
			Tamale Metrópoles, Gana	ASARE <i>et al.</i> (2020)
			Vietnã	SALHOFER <i>et al.</i> (2021)
Abrangência	Municipal ou local	Realizada em âmbito municipal ou em ambientes privados com abrangência limitada, como condomínios.	Altamura, Itália	LAURIERI <i>et al.</i> (2020)
			Burriana, Espanha	CARLOS <i>et al.</i> (2019)
			Cajicá, Colômbia	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)
			Cuenca, Equador	BURNEO <i>et al.</i> (2020)
			João Pessoa, Brasil	IBÁÑEZ-FORÊS <i>et al.</i> (2018)
			Kielce, Polônia	LATOSINSKA <i>et al.</i> (2021)
			Londrina, Brasil	MIRANDA <i>et al.</i> (2020)
			São Leopoldo, Brasil	GHESLA <i>et al.</i> (2018)

Aspecto	Forma	Características	Exemplo	Referência
Financiamento	Regional	Compreendendo vários municípios consorciados.	Tabriz, Irã	BABAZADEH <i>et al.</i> (2018)
			Xangai, China	XIAO <i>et al.</i> (2020)
			Zurique, Suíça	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
			Barcelona, Espanha (região metropolitana)	MEDINA-MIJANGOS <i>et al.</i> (2021)
			Doce Oeste, Brasil	DUTRA <i>et al.</i> (2018)
			Sinistra Piave Basin, Itália	COSTA <i>et al.</i> (2019)
			Trentino, Itália	RADA <i>et al.</i> (2018)
	Público	Recursos financeiros provenientes de fundos públicos	Cajicá, Colômbia	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)
			Londrina, Brasil	MIRANDA <i>et al.</i> (2020)
			São Leopoldo, Brasil	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
			Tabriz, Irã	BABAZADEH <i>et al.</i> (2018)
			Trentino, Itália	RADA <i>et al.</i> (2018)
	Privado	Financiada por entidades sem fins lucrativos, cooperativas, associações de entidades civis, outras fontes do setor privado.	Vietnã	SALHOFER <i>et al.</i> (2021)
	Misto	Recursos provenientes de fontes públicas e privadas, inclusive por meio de parcerias	Malangue, Indonésia	SEKITO <i>et al.</i> (2019)
			Zurique, Suíça	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
Operacionalização	Administração pública	Realizada diretamente pelo órgão público ou empresas por ele contratadas e fiscalizadas, inclusive por meio de parcerias.	Altamura, Itália	LAURIERI <i>et al.</i> (2020)
			Barcelona, Espanha (região metropolitana)	MEDINA-MIJANGOS <i>et al.</i> (2021)
			Cajicá, Colômbia	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)
			Kielce, Polônia	LATOSIŃSKA <i>et al.</i> (2021)
			São Leopoldo, Brasil	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
			Coreia do Sul	PARK, 2018
			Tabriz, Irã	BADAZADEH, T. <i>et al.</i> (2018)
			Xangai, China	XIAO <i>et al.</i> (2020)
			Bloemfotein e Pretoria, África do Sul	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)
			Cuenca, Equador	BURNEO <i>et al.</i> (2020)
	Sociedade Civil	Implementada por associações da sociedade civil ou catadores independentes.	Londrina, Brasil	MIRANDA <i>et al.</i> (2020)
			Vietnã	SALHOFER <i>et al.</i> (2021)
			João Pessoa, Brasil	IBÁÑEZ-FORÉS <i>et al.</i> (2018)
	Mista	Realizada em conjunto com órgão público e sociedade civil	Malangue, Indonésia	SEKITO <i>et al.</i> (2019)
			Zurique, Suíça	GHESLA <i>et al.</i> (2018)

Aspecto	Forma	Características	Exemplo	Referência
Seleção	Recicláveis secos e mistos	Separação apenas dos recicláveis com valor de mercado para reciclagem, demais resíduos encaminhados para coleta comum.	Cuenca, Equador	BURNEO <i>et al.</i> (2020)
			João Pessoa, Brasil	IBÁÑEZ-FORÉS <i>et al.</i> (2018)
			Johanesburgo, África do Sul	OKONTA & MOHLALIFI (2020)
			São Leopoldo, RS	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
			Tabriz, Irã	BABAZADEH <i>et al.</i> (2018)
	Recicláveis (secos e úmidos) e Rejeitos	Separação dos recicláveis secos, orgânicos e rejeitos.	Guilin, China	MA <i>et al.</i> (2018)
			João Pessoa, Brasil	IBÁÑEZ-FORÉS <i>et al.</i> (2018)
	Multiseletiva	Separados em diversas categorias, conforme cadeia de reciclagem (papel, vidro, plástico, orgânicos, mistos, etc).	Altamura, Itália	LAURIERI <i>et al.</i> (2020)
			Burriana, Espanha	CARLOS <i>et al.</i> (2019)
			Espanha	EXPÓSITO & VELASCO (2018)
			Kielce; Polônia	LATOSIŃSKA <i>et al.</i> (2021)
			Sinistra Piave Basin, Itália	COSTA <i>et al.</i> (2019)
			Xangai, China	XIAO <i>et al.</i> (2020)
			Zurique, Suíça	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
Segregação	Na fonte	O gerador dos resíduos promove a segregação dos recicláveis no momento do descarte.	Altamura, Itália	LAURIERI <i>et al.</i> (2020)
			Barcelona, Espanha (região metropolitana)	MEDINA-MIJANGOS <i>et al.</i> (2021)
			Burriana, Espanha	CARLOS <i>et al.</i> (2019)
			Cajicá, Colombia	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)
			Coreia do Sul	PARK, 2018
			Cuenca, Equador	BURNEO <i>et al.</i> (2020)
			Kielce; Polônia	LATOSIŃSKA <i>et al.</i> (2021)
			Tabriz, Irã	BABAZADEH <i>et al.</i> (2018)
			Zurique, Suíça	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
	Centrais de Triagem	Os resíduos são transportados indiscriminadamente para galpões onde ocorre a separação.	Bloemfotein e Pretoria, África do Sul	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)
			Hong Kong China	JING <i>et al.</i> (2020)
			Vietnã	SALHOFER <i>et al.</i> (2021)
	Mista	A segregação na fonte ocorre em partes do município/região e em outras os resíduos são encaminhados para um central de triagem para separação.	João Pessoa, Brasil	IBÁÑEZ-FORÉS <i>et al.</i> (2018)
			São Leopoldo, Brasil	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
Coleta	Porta a Porta	Após a segregação os geradores dispõem os resíduos em local previamente estabelecido e estes são	Altamura, Itália	LAURIERI <i>et al.</i> (2020)
			Bloemfotein e Pretoria, África do Sul	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)

Aspecto	Forma	Características	Exemplo	Referência
Triagem		recolhidos pelos agentes responsáveis, podendo ser por veículo automotor ou catador independente.	Cajicá, Colômbia	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)
			João Pessoa, Brasil	IBÁÑEZ-FORÉS <i>et al.</i> (2018)
			Londrina, Brasil	MIRANDA <i>et al.</i> (2020)
			São Leopoldo, Brasil	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
			Tabriz, Irã	BABAZADEH <i>et al.</i> (2018)
			Vietnã	SALHOFER <i>et al.</i> (2021)
	PEVs	Pontos de Entrega Voluntária – PEVs. São contêineres dispostos em locais pré-determinados nos quais a população deposita os resíduos previamente separados.	Burriana, Espanha	CARLOS <i>et al.</i> (2019)
			Cuenca, Equador	BURNEO <i>et al.</i> (2020)
			Kielce, Polônia	LATOSIŃSKA <i>et al.</i> (2021)
	Mista	Em parte da localidade de implementação do PCS podem ser utilizados PEVs enquanto em outros, coleta porta a porta.	Sinistra Piave Basin, Itália	COSTA <i>et al.</i> (2019)
			Zurique, Suíça	GHESLA <i>et al.</i> (2018)
	Centrais de Armazenamento e Triagem	Nos casos de separação na fonte em dois ou três tipos, os resíduos seguem ainda para centrais de triagem para agrupamento dos materiais em um número maior de classes, que viabilize o envio para a indústria de reciclagem.	Barcelona, Espanha (região metropolitana)	MEDINA-MIJANGOS <i>et al.</i> (2021)
			João Pessoa, Brasil	IBÁÑEZ-FORÉS <i>et al.</i> (2018)
			Londrina, Brasil	MIRANDA <i>et al.</i> (2020)
			Tabriz, Irã	BABAZADEH <i>et al.</i> (2018)
Triagem	Catadores autônomos	Quando a coleta é realizada por trabalhadores de forma individual, o próprio catador já realiza a triagem dos materiais no local em que coleta. São selecionados os materiais com maior valor de venda que são negociados diretamente com os atravessadores.	Bloemfontein e Pretoria, África do Sul	HETTIARACHCHI <i>et al.</i> (2018)
			Vietnã	SALHOFER <i>et al.</i> (2021)
	Mista	Em parte da localidade de implementação do PCS pode ser adotado o envio para centrais de triagem, enquanto em parte para catadores independentes. Os resíduos podem ser ainda coletados por catadores independentes e depois encaminhados para centrais de armazenamento e triagem	Cuenca, Equador	BURNEO <i>et al.</i> (2020)
			São Leopoldo, Brasil	GHESLA <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Autores (2023).

Do total analisado (239), apenas em 28 artigos foram encontradas indicações do funcionamento do programa. Isso indica a necessidade de maior sistematização do assunto, tendo em conta ainda que, daqueles que se propõe a categorizar a coleta seletiva, somente o fazem abrangendo os aspectos de seleção, segregação e coleta (Miranda & Mattos, 2018), não considerando as questões de gestão, abrangência, financiamento, operacionalização e triagem.

A partir da definição desses aspectos, pode-se iniciar o levantamento de dados para identificação de setores que necessitem de maior ou menor grau de investimentos financeiros, de recursos humanos e de tempo. Nesse sentido, a população a ser atendida configura uma das partes interessadas mais importantes, sendo o alinhamento da expectativa desse público com as questões técnicas do programa um dos pontos fundamentais para garantir a participação efetiva (Miliute-Plepiene *et al.*, 2016; Struk, 2017; Sorkun, 2018).

Proposta de Modelo de PCS para Cidades Médias

Considerando que a participação da população é crucial para o sucesso do PCS, entende-se ser imprescindível o alinhamento das ações planejadas no programa com a disposição dos munícipes, de forma a minimizar as dificuldades por estes encontradas. Conforme ressaltado por Conke (2018), esse descompasso entre expectativas e comportamento é uma das barreiras para a fluidez dos PCSs. Com isso, optou-se pela inclusão da percepção dos cidadãos na definição do modelo do programa. Para tanto, tomou-se como base o município de Uberaba como representativo de cidade média para estudo de caso e proposição do modelo. O município tem localização estratégica, situando-se equidistante dos principais centros urbanos do país, cerca de 500 km da capital Brasília, de São Paulo e Belo Horizonte, estabelecendo-se como importante ponto de confluência entre essas metrópoles (Figura 1).

A Figura 2 apresenta a caracterização dos domicílios amostrados na presente pesquisa, onde observa-se a maior proporção de mulheres participantes, que corresponde à demografia do município quanto ao gênero, a maior participação da população acima dos 50 anos de idade, a renda de até 3 salários-mínimos e a escolaridade ensino médio completo. Essa figura também resume o conhecimento dos entrevistados em relação à gestão dos resíduos sólidos na cidade e a disposição para realizar a separação dos materiais recicláveis.

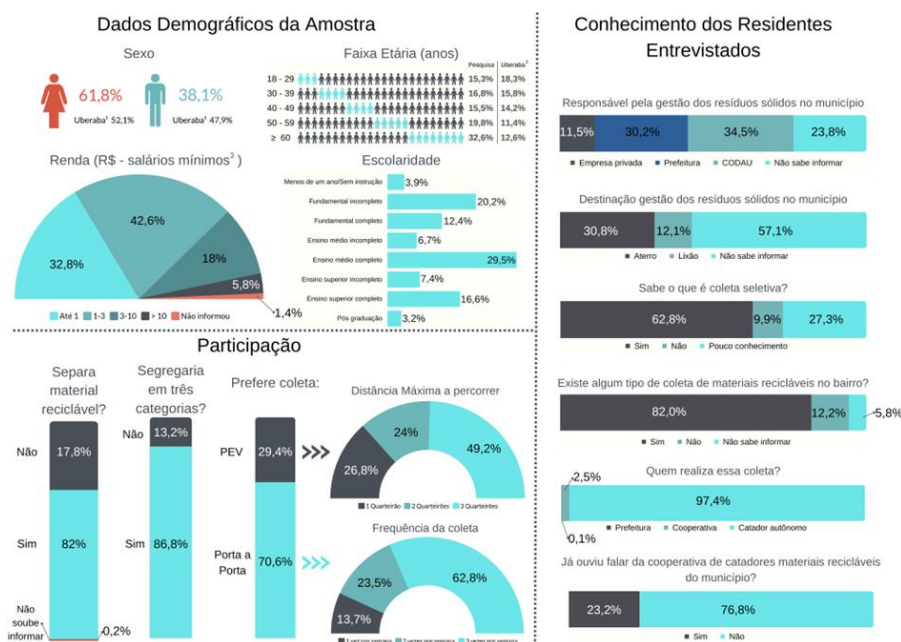


Figura 2 - Caracterização dos domicílios amostrados e percepção. ¹: Dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE considerando a faixa etária a partir de 20 anos. ²: Dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE considerando a faixa etária a partir de 20 anos, com porcentagem em relação à população total. ³: 1 salário-mínimo correspondendo à R\$1.045,00 vigente à data de aplicação da pesquisa, conforme Lei n. 14.013 de 2020. Fonte: Autores (2023).

Hettiarachchi *et al.* (2018) aponta a existência de um modelo como um ponto essencial para o que o gerenciamento de resíduos seja bem-sucedido. Assim sendo, partindo dos aspectos identificados do PCS e com base no interesse dos cidadãos e procedimentos técnicos, buscou-se estabelecer um padrão para cidades médias. Cada aspecto incluído no modelo é detalhado nos itens a seguir, além de ser descrito como a percepção dos entrevistados influenciou na escolha do modelo de PCS proposto. Vale salientar que, como qualquer modelo, cabe adaptações tendo em conta as especificidades locais.

Gestão

Em pesquisa sobre os problemas no gerenciamento de resíduos em países em desenvolvimento, foi observado que, uma das barreiras para a participação em programas de coleta seletiva consiste na falta de coordenação e controle por parte do poder público (Babazadeh *et al.*, 2018; Dutra *et al.*, 2018; Hettiarachchi *et al.*, 2018). Sem a definição clara de responsabilidades, diferentes agentes podem iniciar práticas e comunicações desconexas, até mesmo antagônicas, implicando inclusive na descontinuidade do PCS. Ibáñez-Forés *et al.* (2018) ressaltam em seu estudo a importância da perenidade do programa. Em 10 anos de implantação houve aumento constante na parcela de resíduos desviados do aterro. Portanto, interrupções e alterações bruscas ao longo do tempo, impactam negativamente no resultado esperado.

Outro ponto intrinsecamente ligado à gestão do PCS consiste em programas e políticas que devem ser adotados para apoiar e fortalecer a coleta seletiva, tais como, programa de educação ambiental, programas de logística reversa, política de incentivo à cadeia da reciclagem, política de adoção de IPTU verde. Esses instrumentos necessitam de articulação com diversos setores: meio ambiente, educação, obras, fazenda, desenvolvimento econômico, desenvolvimento social, planejamento, entidade responsável pela gestão municipal dos resíduos, entidades associativas de fabricantes, cooperativas de catadores, entre outros. Dessa forma, entende-se que o governo municipal como instância responsável pela gestão da cidade, seria o mais adequado para conciliar os interesses e interações desses entes, objetivando a realização de ações práticas. Um caminho é a criação de um Conselho de Coleta Seletiva ou um Comitê de Coleta Seletiva, ligado ao Conselho Municipal de Meio Ambiente ou de Saneamento, composto por todas as partes interessadas que coordene diretamente as ações.

Nesse sentido, um dos principais programas que se articula com o PCS é o programa de educação ambiental. A negligência desse item, que resulta em falta de conhecimento da população sobre a correta gestão de resíduos, é reconhecidamente um fator de impactos negativos em programas de coleta seletiva (Babazadeh *et al.*, 2018). Ghesla *et al.* (2018) mostram em seu estudo que a falta de informações claras interfere na qualidade dos materiais recebidos nos centros de triagem, impedindo sua reciclagem. Os autores, na comparação de uma cidade brasileira com outra europeia, evidenciam o impacto na educação ambiental continuada no comportamento da população e consequentemente na gestão dos resíduos. Quanto maior o nível de consciência ambiental e responsabilização, maior a participação na gestão dos resíduos.

Em Uberaba, a coleta seletiva é feita por uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis e catadores independentes, ou seja, de maneira informal e descentralizada. A Figura 2 mostra o resultado obtido no município para as questões relativas ao conhecimento de gestão de resíduos. Apenas 34,5% da população reconhece assertivamente a entidade responsável pela gestão dos resíduos (Companhia Operacional de Desenvolvimento, Saneamento e Ações Urbanas – CODAU); da mesma forma,

cerca de 30% reconhecem a disposição final correta dada aos resíduos sólidos coletados (aterro) e quase 77% dos entrevistados não sabe da existência da cooperativa de catadores. Quando questionados sobre o conhecimento quanto à coleta seletiva, aproximadamente 62,8% informaram saber do que se trata, porém, muitos entrevistados completavam a resposta com a seguinte pergunta “é aquele negócio de reciclagem, certo?”. Esses números e esse tipo de resposta mostram o quanto a população carece de maior embasamento sobre o assunto.

Diante da carência de conhecimento por parte da população e da necessidade de alinhamento entre diferentes órgãos e entidades, para que essa informação chegue aos interlocutores de forma precisa, clara e consistente, entende-se que a gestão deve ser centralizada e formal, abrangida na gestão dos serviços de limpeza urbana. Ainda que a gestão participativa seja essencial, é necessário que haja um direcionamento considerando os objetivos, as metas, o planejamento, as ações e os resultados para, com base nessas informações, sugerir e implementar as alterações necessárias.

Abrangência

Da mesma forma que a gestão centralizada permite melhor articulação com os diferentes programas e políticas que gravitam em torno do PCS, a abrangência geográfica é afetada pelas possíveis diferenças existentes entre as cidades envolvidas na implementação do plano, por exemplo, em especial do que tange à legislação e a questões de financiamento. Assim sendo, entende-se que a abrangência municipal é a mais indicada no contexto de cidades médias. Contribui ainda para esta opção, a necessidade de implementação gradativa do PCS com respostas rápidas de adaptações e flexibilidade.

Embora, conforme mostrado por Costa *et al.* (2019), o agrupamento de pequenos e médios municípios em consórcios, para o gerenciamento de resíduos, possa resultar em taxas interessantes de recuperação de materiais, caso a operacionalização não seja feita de forma integrada entre as partes envolvidas, o objetivo pode não ser alcançado.

Em estudo realizado na Polônia, constatou-se que a falta de arranjos organizacionais adequados constitui um dos fatores para a baixa taxa de coleta seletiva municipal (Latosińska *et al.*, 2021). Hettiarachchi *et al.* (2018) citam a falta de cooperação entre as partes interessadas e as ações sem coordenação entre os impedimentos para o adequado gerenciamento de resíduos sólidos. Os autores mostram ainda que um dos pontos para início da resolução de problemas ambientais consiste na organização governamental apoiada pela legislação apropriada. Dadas as diferenças entre as municipalidades brasileiras, quanto maior o número de cidades envolvidas, maior a dificuldade para uniformidade das normas e da operação, bem como para agilidade na implementação.

Em Uberaba, os estudos para implantação do gerenciamento de resíduos com abrangência regional pelo Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional (CONVALE) foram iniciados no final de 2019. Prevvia-se o início do gerenciamento pelo consórcio, composto por 13 municípios, para abril de 2023, porém, em novembro de 2023 ainda não havia sido efetivado, em razão das diversas alterações necessárias aos estudos e contratos (Campo Florido, 2019; Convale, 2020; Barcelos, 2023; CONVALE, 2023). Dessa forma, até essa data, não havia implementação de PCS no município. Esse lapso temporal, quando se necessita de medidas flexíveis e ágeis, pode incorrer na interrupção do PCS. Não houve na pesquisa de percepção realizada em Uberaba questão relacionada à abrangência dos serviços.

Financiamento

A alta dependência do poder público como financiador do PCS pode representar um problema, como mostrado em estudo realizado em Cajicá, Colômbia (Hettiarachchi *et al.*, 2018), resultando em risco significativo de interrupção do programa em caso de instabilidade financeira ou política. Por outro lado, o financiamento exclusivo por meios privados, pode fragilizar o programa visto que pode ficar à mercê das oscilações e interesses mercadológicos (Dutra *et al.*, 2018). Nesse sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010) tem como um de seus pilares a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, prevendo para isso a articulação entre o setor público com o setor empresarial e prevê ainda a logística reversa e outras ferramentas que permitam a responsabilização dos diferentes atores na gestão dos resíduos.

Assim, uma alternativa recomendável para o financiamento do programa é a assinatura de termos de cooperação com empresas do setor produtivo para implantação da logística reversa dos produtos e outras ferramentas que promovam a economia circular, com gestão e apoio da prefeitura, cabendo a esta a articulação com os catadores independentes e cooperativas. A logística reversa, por princípio, distribui os custos da operação na cadeia produtiva, onerando os consumidores dos produtos abrangidos, em vez de responsabilizar todos os municípios.

Ressalta-se, a importância de informar a população sobre os custos agregados nesta logística, para que haja entendimento da duplicidade de pagamento caso o resíduo seja descartado de forma incorreta; nesse caso, além do valor embutido, o município custeará ainda o encaminhamento para aterramento.

Latosińska *et al.* (2021) apontam ainda o aporte de recursos de fundos internacionais como possível solução para a instalação dos equipamentos necessários para a implantação de estruturas de coleta seletiva, tendo em vista seu alto custo.

Em Uberaba existem algumas iniciativas importantes, embora ainda em estágio inicial. Por exemplo, associações de empresas fabricantes de lâmpadas fluorescentes e de resíduos eletroeletrônicos disponibilizaram contêineres, em alguns pontos da cidade, para recolhimento desses materiais, arcando com os custos de transporte e disposição dos resíduos coletados.

Na pesquisa realizada no município, não foi incluída pergunta sobre financiamento do programa. A questão relacionada com o tema pecuniário abordou a concordância, ou não, com a aplicação de multa para quem não realizasse a separação dos resíduos ou separasse de forma errada. Destaca-se que 53% dos respondentes se mostraram contra a penalidade, indicando a complexidade do tema, no que tange à questão financeira.

Dessa forma, para o modelo proposto, indica-se o financiamento proveniente de diferentes fontes de recursos, tanto públicas quanto privadas, ou seja, o financiamento misto, tendo como objetivo a perenidade do programa, como o caminho mais indicado para as cidades médias.

Operacionalização

Em relação à operacionalização, além das questões técnicas e de adesão dos municípios, deve-se levar em conta a legislação sobre resíduos sólidos, no que se refere à inclusão social. Como mostrado na Figura 2, em mais de 97% dos domicílios em que os residentes afirmaram existir algum tipo de coleta de materiais recicláveis, foi relatado que a operacionalização é feita por catadores independentes e menos de 23% das pessoas já ouviram falar da cooperativa de catadores presente no município. Isso mostra

ser salutar que se incluam esses profissionais no PCS de maneira formal, apesar da relutância apresentada por muitos deles quanto a essa formalização, em razão, por exemplo, da perda da liberdade de escolha da jornada de trabalho (Conke, 2018). Este problema deve ser endereçado pelo programa, uma vez que esses agentes já atuam de forma consolidada na inserção dos materiais com alto valor no mercado da reciclagem e, portanto, possuem *know how* da cadeia produtiva e suas oscilações (Hettiarachchi *et al.* 2018).

Conforme pontuado por Latosińska *et al.* (2021), a geração de resíduos pode variar ao longo do ano. Essa dinâmica pode ser melhor absorvida quando a população em contato direto com o catador, pode alterar de forma até individual a frequência de coleta, diferente da programação feita por contrato com empresas, que tende a ser mais rígida. Esses conhecimentos e experiências precisam ser levados em conta nos projetos a serem implantados.

Deve-se levar em conta também o serviço ambiental prestado por eles, uma vez que atuam mesmo em locais onde não há a coleta seletiva implantada e desviam quantidades consideráveis de materiais do aterramento (Dutra *et al.*, 2018; Burneo *et al.*, 2020). Reforçando essa assertiva, Miranda *et al.* (2020) atestam que 89% dos resíduos utilizados na indústria, no Brasil, provém do serviço de catadores. Os autores destacam, porém, que a integração dos catadores à gestão de resíduos deve ser feita preferencialmente por meio de cooperativas de catadores. Esta é uma forma de legalmente passar parte da responsabilidade do manejo de resíduos para essas entidades, bem como de reconhecer a importância dos serviços prestados, além do pagamento por esses serviços, de forma que elas necessitem de uma atuação mais profissional, que contribui para melhores resultados.

Não se deve negligenciar que a indústria da reciclagem se constitui em uma importante fonte de renda em países em desenvolvimento. Entretanto, a condução do processo de forma desordenada resulta em impactos ambientais relevantes, tais como a deposição dos rejeitos em terrenos baldios, corpos d'água, queima irregular, entre outros, fazendo com que materiais que seriam encaminhados para aterro sanitário, sejam dispostos de maneira ambientalmente incorreta. Devem ser considerados ainda os riscos à saúde dos trabalhadores, expostos aos riscos inerentes a esta atividade sem qualquer proteção. Por essa razão, se faz necessária a integração e a formalização dos catadores independentes no sistema de manejo de resíduos, garantindo assim a potencialização dos impactos positivos dessa atividade (Salhofer *et al.*, 2021).

Assim, na execução do PCS sugere-se a incorporação dos catadores independentes, com incentivo à formalização do trabalho, e das cooperativas existentes ao sistema de coleta, e a atuação direta da administração pública nas situações em que não for possível a inserção dos agentes citados.

Seleção e Segregação

Considerando as questões de custo-benefício para a população (Cudjoe *et al.*, 2020; Sorkun, 2018), a seleção em três tipos (resíduos orgânicos, resíduos recicláveis secos e rejeitos) apresenta maior simplicidade para implantação inicial. Em Kielce, Polônia, em que a seleção é dividida em 5 tipos (papel, vidro, metais e plásticos, resíduos orgânicos, rejeitos – multiseletiva), o número de contêineres para resíduos misto é maior em razão de a população não separar os resíduos adequadamente, o que sugere que a complexidade da separação pode diminuir a adesão ao programa (Latosińska *et al.*, 2021).

Em estudo conduzido para identificar as barreiras da separação na fonte, observou-se que a mistura dos materiais após a coleta afeta a disposição das pessoas a realizarem essa tarefa (Babazadeh

et al., 2018), ou seja, dado que o resultado do esforço dedicado à separação é desperdiçado na próxima etapa, a população tende a se recusar a separar os resíduos. Dessa forma, quando não há a implementação de diferentes cadeias para os resíduos na etapa de coleta, não se faz necessária a classificação prévia desses resíduos (plástico, vidro, papelão etc.). O ideal é manter a separação entre rejeitos, resíduos secos e úmidos para garantir a qualidade desses materiais, sem, contudo, retirar a praticidade do programa.

Além disso, visando o melhor aproveitamento do material para reciclagem, a redução da quantidade de resíduos a serem encaminhados para disposição final, e geração de renda, o ideal é que a segregação seja feita na fonte geradora em vez da realização em centrais de triagem. Esse tipo de segregação favorece também que materiais de alto valor para a cadeia de reciclagem estejam disponíveis, uma vez que elimina a contaminação deles, em especial com os resíduos orgânicos. Ademais, essa separação torna o trabalho dos catadores independentes mais salubre. Com materiais de melhor qualidade entrando no ciclo, viabiliza-se o estabelecimento formal da cadeia de valor da reciclagem (Hettiarachchi *et al.*, 2018).

Em estudo realizado em João Pessoa, conforme dados recolhidos durante 10 anos, a porcentagem de material orgânico presente nos resíduos enviados diretamente para central de triagem, sem separação na fonte, é sempre acima de 50%. Uma vez que essa parcela não é aproveitada, fica evidenciada a baixa eficiência desse tipo de estrutura, considerando ainda a alta probabilidade de contaminação dos recicláveis secos e insalubridade para os trabalhadores (Ibáñez-Forés *et al.*, 2018).

Na presente pesquisa, em 82% dos domicílios amostrados, algum tipo de separação dos resíduos gerados já é realizado e, quando questionados sobre a seleção em três tipos (recicláveis secos, úmidos e rejeitos), mais de 86% afirmaram intenção de participar. Esses números mostram a predisposição dos entrevistados a participarem do programa e ainda que existe espaço de diálogo com a população para ampliação dos conhecimentos sobre o gerenciamento dos resíduos. Tong *et al.* (2018) afirmam que 70% das pessoas dispostas a participar, se tornam efetivamente participantes dos programas, resultando em aproximadamente 60% de participantes efetivos. Diante do exposto, indica-se a adoção da seleção em três tipos e segregação na fonte, com aplicação de ações de educação ambiental para ampliar o número de participantes, dados os benefícios apresentados em termos financeiros, logísticos e sociais.

Coleta

Dos domicílios amostrados, mais de 70% optaram pela coleta porta a porta com a frequência de três vezes por semana (figura 2). Muito se deve à correlação feita pelas pessoas com o atual método de coleta regular dos resíduos e ao custo-benefício envolvido. Estudo realizado em Altamura, na Itália, por exemplo, mostrou que a separação porta-a-porta aumenta a participação e o conhecimento da população sobre a gestão de resíduos, quando acompanhada de campanhas locais de educação ambiental. Na referida cidade, a adoção do sistema porta-a-porta elevou de 25 para 70% a participação popular no PCS (Laurieri *et al.*, 2020).

Assim, especialmente no início da implantação, a coleta porta a porta necessita ser incorporada no sistema, porém com a participação dos catadores independentes e cooperativas. Em São Leopoldo, onde funciona o sistema de coleta porta a porta por caminhões, é reportada a coleta dos materiais de maior valor agregado por catadores independentes, antes dos caminhões da coleta pública. Esses trabalhadores, com conhecimento prévio do cronograma da coleta formal, passam antecipadamente nas

residências, selecionando para si os melhores materiais. Como resultado, apenas 6,5% do material recebido na central de triagem operada pela cooperativa pode ser comercializado (Ghesla *et al.*, 2018). Como mencionado no item de “operacionalização”, em Uberaba, em mais de 97% dos locais onde foi indicada a realização da coleta seletiva, ela já é feita pelos catadores independentes, logo a população já se habituou a segregar e entregar os resíduos a esses trabalhadores.

Deve ser incluído na discussão o fato de que cerca de 70% dos custos com o gerenciamento de resíduos recicláveis estão na etapa de coleta e transporte dos materiais (Ferreira *et al.*, 2017). Vale notar ainda, que, dos 29,4% participantes da pesquisa em Uberaba que afirmaram preferir a coleta em PEV, quase 50% declararam estar disposto a andar até três quarteirões para a entrega dos materiais (Figura 2). Por essas razões, recomenda-se a adoção dos métodos combinados, porta a porta e PEVs. Os catadores podem servir como PEV para entrega de resíduos a cada quarteirão ou microrregião. As cooperativas, ou empresa contratada, fazem a compra do material no ponto de armazenamento de cada catador, proporcionando a conveniência para o gerador e facilitado a logística do sistema. Além disso, os PEVs tradicionais (contêineres de coleta) podem ser implantados em pontos estratégicos.

Triagem

Finalmente, para separação por tipo de material reciclável, armazenamento temporário, beneficiamento inicial e venda mostra-se viável a utilização de Unidades de Triagem e Transbordo. Nessas unidades realiza-se a uniformização dos materiais conforme necessidade da cadeia para a qual será enviado, o enfardamento, e principalmente concentra-se em volume adequado à logística de envio, o que gera maior valor de mercado (Ghesla *et al.*, 2018).

A venda direta dos materiais recuperados nos centros de triagem para indústrias eleva o lucro obtido pelas cooperativas. Essa venda somente é possível mediante um volume representativo de material de boa qualidade. Vale ressaltar ainda que, a interligação entre as etapas da cadeia de valor da reciclagem feita por essas instalações evita impactos ao meio ambiente. Assim sendo, considerando os custos e benefícios internos e externos, esse tipo de instalação é lucrativa tanto do ponto de vista econômico como operacional (Ghesla *et al.*, 2018; Medina-Mijangos *et al.*, 2021).

A Figura 3 resume o modelo sugerido.

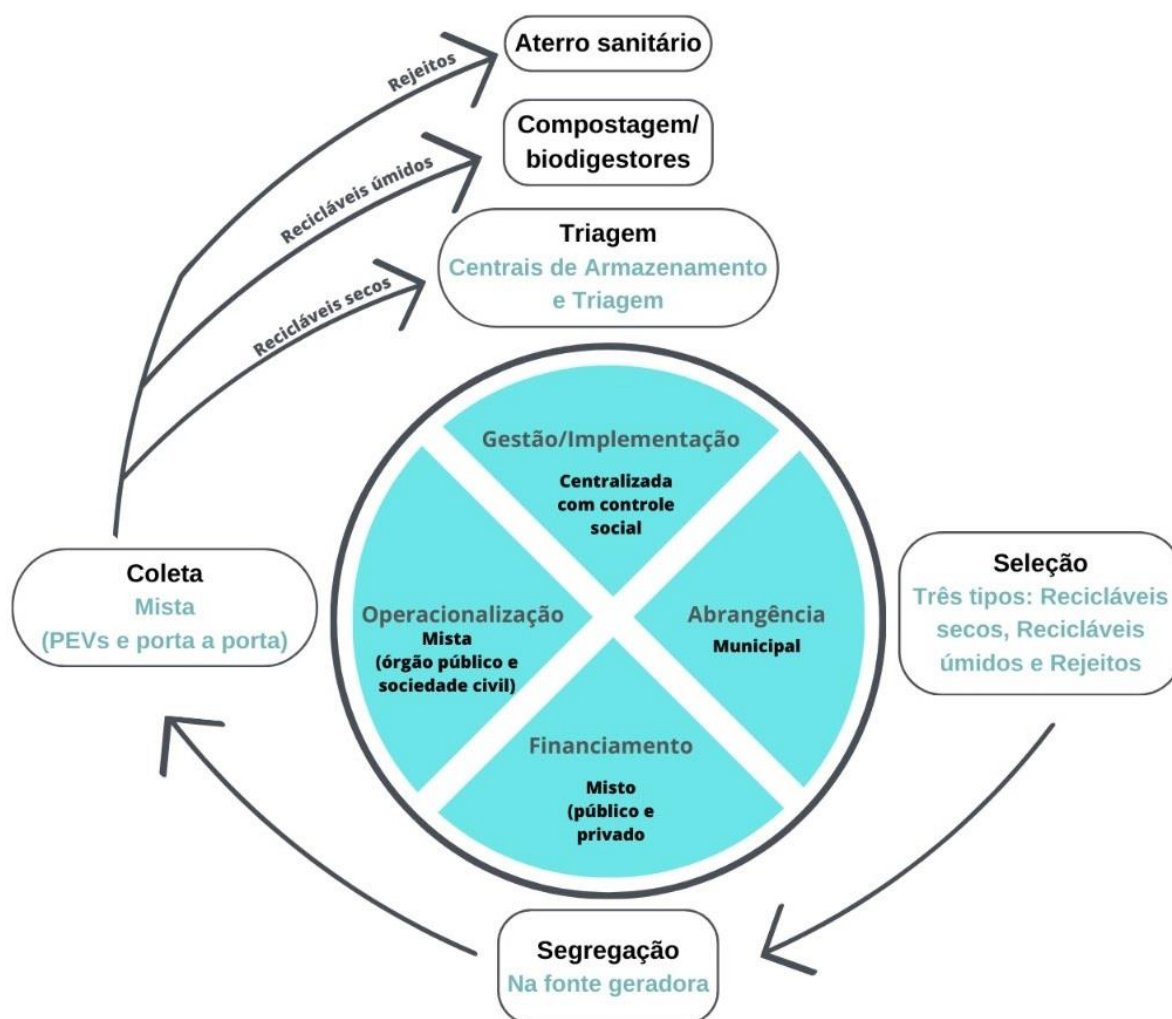


Figura 3 - Modelo sugerido de PCS para cidades médias. Fonte: Autores (2023).

Com essas informações, é possível, considerando as devidas adequações à realidade local, que os gestores municipais de cidades médias tenham um norte técnico e prático para a implantação do PCS, com delineamento do programa desde as responsabilidades administrativas até a operacionalização, considerando as diversas partes interessadas.

Conclusões

A gestão dos resíduos sólidos em países em desenvolvimento ainda se constitui como um grande desafio para os gestores municipais, em especial quando se trata da coleta seletiva. Sobretudo, a falta de participação da população nos PCSs complica ainda mais o já árduo trabalho do poder público de garantir a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. Nesse sentido, a inovação do estudo consiste na facilitação da implementação do PCS ao propor um modelo, que serve como um guia, elaborado a partir de estudos científicos, para os gestores públicos, contribuindo assim, para o fortalecimento da gestão urbana. Ressalta-se que o período de publicação dos artigos pesquisados

para identificação do padrão, foi dos últimos 5 anos. Entretanto, considera-se que os mesmos contemplem as principais contribuições científicas sobre o tema de períodos anteriores. Destaca-se ainda que as características locais podem ser muito diversificadas, o que pode requerer adaptações ou complementos e cuidados por parte do gestor na tomada de decisão. O formato apresentado vem ao encontro do anseio da população por conhecimento da gestão de resíduos sólidos e de consistência nas informações recebidas, em especial quanto ao cronograma da coleta seletiva; além disso, constatou-se a boa recepção dos cidadãos ao PCS. Portanto, optou-se por recomendar a seleção dos resíduos sólidos na fonte geradora com segregação em três tipos (secos, úmidos e rejeitos) e posterior triagem em local específico, de forma a garantir a qualidade do material, mas também considerando o custo-benefício para os geradores. Entende-se ser essencial que a coleta seja realizada em parceria com os catadores autônomos e com as associações e cooperativas de catadores, dada a relevância desses atores no sistema, bem como a relação dos mesmos já estabelecida com os municípios, apesar das dificuldades dessa integração. Considerando o risco inerente do financiamento exclusivo pelo poder público, recomenda-se o modelo misto, a exemplo das parcerias públicas privadas, que pode garantir a continuidade do programa. Sugere-se o mapeamento da cadeia de reciclagem local, etapa não incluída no escopo deste estudo, para reduzir a quantidade de rejeitos na triagem. Com isso, pode-se favorecer o direcionamento de investimentos para fomentar a cadeia da reciclagem, visando aqueles materiais que ainda não possuem reprocessamento local, de forma a promover o desenvolvimento sustentável no município.

Declaração de disponibilidade de dados

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste artigo está disponível no SciELO DATA e pode ser acessado em <https://doi.org/10.48331/scielodata.9L36DR>

Referências

Asare, W., Oduro Kwarteng, S., Donkor, E. A., & Rockson, M. A. D. (2020). Recovery of Municipal Solid Waste Recyclables under Different Incentive Schemes in Tamale, Ghana. *Sustainability*, 12(23), 9869.

<https://doi.org/10.3390/su12239869>

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. (2020). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020*. São Paulo: ABRELPE. Recuperado em 20 de janeiro de 2022, de <https://abrelpe.org.br/panorama/>

Associação Nacional de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis. - ANCAT (2020). *Anuário da Reciclagem 2020*. Brasília: ANCAT. Recuperado em 10 de julho de 2021, de https://www.mncr.org.br/biblioteca/publicacoes/relatorios-e-pesquisas/5fcaa0d469d1141fbdaf040a_anuario-da-reciclagem-2020.pdf/@download/file.

Babazadeh, T., Nadrian, H., Mosaferi, M., & Allahverdipour, H. (2018). Identifying Challenges and Barriers to Participating in the Source Separation of Waste Program in Tabriz, Northwest of Iran: A Qualitative Study from the Citizens' Perspective. *Resources*, 7(3), 53. <https://doi.org/10.3390/resources7030053>

BARCELOS, Gisele. *Gerenciamento regional do lixo começa a operar dia 9 de abril*: transição em uberaba já começou com a troca da empresa que realiza a coleta de lixo na cidade. Transição em Uberaba já começou com a troca da empresa que realiza a coleta de lixo na cidade. 2023. Disponível em: <https://jmonline.com.br/politica/gerenciamento-regional-do-lixo-comeca-a-operar-dia-9-de-abril-1.243213>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL (2010, 03 de agosto). Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Regulamento Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, seção 1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.

Brasil (2020, 10 de junho). Lei n. 14.013, de 10 de junho de 2020. Dispõe sobre o valor do salário-mínimo a vigorar a partir de 1º de janeiro de 2020; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, seção 1. disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14013.htm#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20valor%20do,2020%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs&text=O%20PRESIDENTE%20DA%20REP%C3%9ABLICA%20Fa%C3%A7o,e%20trinta%20e%20nove%20reais). Acesso em; 17 mar. 2023

Burneo, D., Cansino, J. M., & Yñiguez, R. (2020). Environmental and Socioeconomic Impacts of Urban Waste Recycling as Part of Circular Economy. The Case of Cuenca (Ecuador). *Sustainability*, 12(8), 3406. <https://doi.org/10.3390/su12083406>

CAMPO FLORIDO. Secretaria de Administração, Agricultura, Pecuária, Urbanismo e Meio Ambiente. *Plano Microrregional RSU CONVALE*. 2019. Disponível em: <https://campoflorido.mg.gov.br/noticias/departamento-de-administracao/plano-microrregional-rsu-convale/>. Acesso em: 17 mar. 2023.

Carlos, M., Gallardo, A., Edo-Alcón, N., & Abaso, J. R. (2019). Influence of the Municipal Solid Waste Collection System on the Time Spent at a Collection Point: A Case Study. *Sustainability*, 11(22), 6481. <https://doi.org/10.3390/su11226481>

Conke, L. S. (2018). Barriers to waste recycling development: Evidence from Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.03.007>

CONVALE – Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional. (2020). *Estruturação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)*. Uberaba. Disponível em: <<http://amvale.org.br/docs/conva-les/1607558155.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

CONVALE – Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional. (2023). *Assembleia Extraordinária de RPeitos do Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento e Integração Regional - CONVALE*. ATA de 29 de novembro de 2023 Uberaba. Disponível em: <https://www.convailemg.com.br/_files/ugd/f6d5d7_ofd4b9ab8fdc49c8b9d68ff4ae7b3ccf.pdf>. Acesso em: 30 jan 2024.

Costa, G., Lieto, A., & Lombardi, F. (2019). LCA of a Consortium-Based MSW Management System to Quantify the Decrease in Environmental Impacts Achieved for Increasing Separate Collection Rates and Other Modifications. *Sustainability*, 11(10), 2810. <https://doi.org/10.3390/su11102810>

Cudjoe, D.; Yuan, Q.; Han, M. S. An assessment of the influence of awareness of benefits and perceived difficulties on waste sorting intention in Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 272, 2020. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123084

Dutra, R. M. S., Yamane, L. H., & Siman, R. R. (2018). Influence of the expansion of the selective collection in the sorting infrastructure of waste pickers' organizations: A case study of 16 Brazilian cities. *Waste Management*, 77, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.009>

Expósito, A., & Velasco, F. (2018). Municipal solid-waste recycling market and the European 2020 Horizon Strategy: A regional efficiency analysis in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 172, 938-948. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.221>

- Ferreira, F., Avelino, C., Bentes, I., Matos, C., & Teixeira, C. A. (2017). Assessment strategies for municipal selective waste collection schemes. *Waste Management*, 59, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.044>
- Fidelis, R., Marco-Ferreira, A., Antunes, L. C., & Komatsu, A. K. (2020). Socio-productive inclusion of scavengers in municipal solid waste management in Brazil: Practices, paradigms and future prospects. *Resources, Conservation and Recycling*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104594>
- Flora, M., Ewbank, H., & Vieira, J. G. V. (2019). Framework for urban freight transport analysis in medium-sized cities. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20180203. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180203>
- Ghesla, P., Gomes, L., Caetano, M., Miranda, L., & Dai-Prá, L. (2018). Municipal Solid Waste Management from the Experience of São Leopoldo/Brazil and Zurich/Switzerland. *Sustainability*, 10(10), 3716. <https://doi.org/10.3390/su10103716>
- Hettiarachchi, H., Meegoda, J., & Ryu, S. (2018). Organic Waste Buyback as a Viable Method to Enhance Sustainable Municipal Solid Waste Management in Developing Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 2483. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112483>
- Ibáñez-Forés, V., Coutinho-Nóbrega, C., Bovea, M. D., de Mello-Silva, C., & Lessa-Feitosa-Virgolino, J. (2018). Influence of implementing selective collection on municipal waste management systems in developing countries: A Brazilian case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.027>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2010). *Censo Demográfico – 2010*. Uberaba: IBGE. Recuperado em 10 de setembro de 2022, de www.ibge.gov.br.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2016). *Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil / 2015*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em 10 de setembro de 2022, de <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=299700>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2018). *Regiões de Influência das Cidades: Distâncias. Rotas Nacionais Base de referência de distâncias rodoviárias, hidroviárias e aéreas – REGIC 2018*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em 01 de abril de 2023, de <https://www.ibge.gov.br/apps/regic/#/mapa/>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2022a). *IBGE Cidades: Uberaba: Panorama*. P. IBGE. Recuperado em 10 de março de 2023, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberaba/panorama..>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2022b). *Malha Municipal: Brasil: País*. IBGE. Recuperado em 01 de abril de 2023, de <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>.
- Jing, R., Liu, T., Tian, X., Rezaei, H., Yuan, C., Qian, J., & Zhang, Z. (2020). Sustainable strategy for municipal solid waste disposal in Hong Kong: Current practices and future perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(23), 28670–28678. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09096-2>
- Khan, A. H., López-Maldonado, E. A., Khan, N. A., Villarreal-Gómez, L. J., Munshi, F. M., Alsabhan, A. H., & Perveen, K. (2022). Current solid waste management strategies and energy recovery in developing countries—State of art review. *Chemosphere*, 291, 133088. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133088>

- Latosińska, J., Miłek, D., Komór, A., & Kowalik, R. (2021). Selective Collection of Municipal Waste in a Residential District with Multi-Family Buildings—Case Study from Poland. *Resources*, 10(8), 83. <https://doi.org/10.3390/resources10080083>
- Laurieri, N., Lucchese, A., Marino, A., & Digiesi, S. (2020). A Door-to-Door Waste Collection System Case Study: A Survey on its Sustainability and Effectiveness. *Sustainability*, 12(14), 5520. <https://doi.org/10.3390/su12145520>
- Ma, J., Hipel, K. W., Hanson, M. L., Cai, X., & Liu, Y. (2018). An analysis of influencing factors on municipal solid waste source-separated collection behavior in Guilin, China by Using the Theory of Planned Behavior. *Sustainable Cities and Society*, 37, 336–343. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.11.037>
- Medina-Mijangos, R., Ajour El Zein, S., Guerrero-García-Rojas, H., & Seguí-Amórtegui, L. (2021). The economic assessment of the environmental and social impacts generated by a light packaging and bulky waste sorting and treatment facility in Spain: A circular economy example. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 78. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00519-6>
- Miliute-Plepiene, J., Hage, O., Plepys, A., & Reipas, A. (2016). What motivates households recycling behaviour in recycling schemes of different maturity? Lessons from Lithuania and Sweden. *Resources, Conservation and Recycling*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.05.008>
- Miranda, I. T. P., Fidelis, R., de Souza Fidelis, D. A., Pilatti, L. A., & Picinin, C. T. (2020). The Integration of Recycling Cooperatives in the Formal Management of Municipal Solid Waste as a Strategy for the Circular Economy—The Case of Londrina, Brazil. *Sustainability*, 12(24), 10513. <https://doi.org/10.3390/su122410513>
- Miranda, N., & Mattos, U. (2018). REVISÃO DOS MODELOS E METODOLOGIAS DE COLETA SELETIVA NO BRASIL. *Sociedade & Natureza*, 30(2), 1–22. <https://doi.org/10.14393/SN-v30n2-2018-1>
- Okonta, F. N., & Mohlalifi, M. (2020). Assessment of factors affecting source recycling among metropolitan Johannesburg residents. *Waste Management*, 105, 445–449. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.02.006>
- Park, S. (2018). Factors influencing the recycling rate under the volume-based waste fee system in South Korea. *Waste Management*, 74, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.008>
- Rada, E., Zatelli, C., Cioca, L., & Torretta, V. (2018). Selective Collection Quality Index for Municipal Solid Waste Management. *Sustainability*, 10(1), 257. <https://doi.org/10.3390/su10010257>
- Salhofer, S., Jandric, A., Soudachanh, S., Le Xuan, T., & Tran, T. D. (2021). Plastic Recycling Practices in Vietnam and Related Hazards for Health and the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4203. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084203>
- Scherer, C. E. M., & Do Amaral, P. V. M. (2019). O espaço e o lugar das cidades médias na rede urbana brasileira. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*. <https://doi.org/10.22296/2317-1529.RBEUR.202001>
- Sekito, T., Prayogo, T. B., Meidiana, C., Shimamoto, H., & Dote, Y. (2019). Estimating the flow of recyclable items and potential revenue at a waste bank: The case in Malang City, Indonesia. *Environment, Development and Sustainability*, 21(6), 2979–2995. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0175-2>
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SINIS. 2021. *Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - Visão Geral*. Diagnóstico. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Recuperado em 07 de fevereiro de 2023, de <http://antigo.snis.gov.br/diagnosticos>.

- Sorkun, M. F. (2018). How do social norms influence recycling behavior in a collectivistic society? A case study from Turkey. *Waste Management*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.026>
- Struk, M. (2017). Distance and incentives matter: The separation of recyclable municipal waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.023>
- Tong, X., Nikolic, I., Dijkhuizen, B., van den Hoven, M., Minderhoud, M., Wäckerlin, N., Wang, T., & Tao, D. (2018). Behaviour change in post-consumer recycling: Applying agent-based modelling in social experiment. *Journal of Cleaner Production*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.261>
- Uberada (2006, 11 de outubro). *Lei Complementar n. 359 de 11 de outubro de 2006*. Institui o Plano Diretor do Município de Uberaba, e dá outras providências. Uberaba: Porta Voz.
- Xiao, S., Dong, H., Geng, Y., Francisco, M.-J., Pan, H., & Wu, F. (2020). An overview of the municipal solid waste management modes and innovations in Shanghai, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(24), 29943–29953. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09398-5>
- Xu, Q., Xiang, J., & Ko, J. H. (2020). Municipal plastic recycling at two areas in China and heavy metal leachability of plastic in municipal solid waste. *Environmental Pollution*, 260, 114074. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114074>
-

Editor responsável: Luciene Pimentel da Silva

Recebido: 18-Apr-2023

Aprovado: 15-jan.-2025