

Avaliação da vida útil de aterros sanitários: um estudo de caso em uma cidade do estado de São Paulo

Lifespan assessment of landfills: a case study in a city in the state of São Paulo.

Pedro Palma Neto¹ |  <https://orcid.org/0009-0007-7914-3416>

Ellen Francine Rodrigues¹ |  <https://orcid.org/0000-0002-1289-9688>

Lisandro Simão¹ |  <https://orcid.org/0000-0002-3323-5063>

Artigo original

Como citar

Palma Neto P, Rodrigues EF, Simão, L. Avaliação da vida útil de aterros sanitários: um estudo de caso em uma cidade do estado de São Paulo. Revista Científica Integrada, 2025, 8(1), e202527. <https://doi.org/10.59464/2359-4632.2025.3397>

Conflito de interesses

Não há conflito de interesses.

Enviado em: 30/07/2024

Aceito em: 25/08/2025

¹Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP)

Autor correspondente

Ellen Francine Rodrigues
efrodriques@unaerp.br

Revista Científica Integrada (ISSN 2359-4632)
<https://revistas.unaerp.br/rci>

RESUMO

Objetivo: Identificar e avaliar possíveis estratégias com o intuito de prolongar a vida útil de um aterro sanitário do estado de São Paulo. **Método:** A metodologia incluiu três etapas: caracterização da área de estudo, com levantamento de dados sobre o aterro e informações demográficas e territoriais; caracterização e quantificação dos resíduos sólidos, com análise dos dados obtidos nas bases públicas; e avaliação da vida útil do aterro, realizada por meio da relação entre a capacidade útil do aterro e a projeção da geração de resíduos. Pesquisas na literatura de métodos de destinação e tratamento adequados para reduzir a quantidade de resíduos enviados ao aterro auxiliaram na proposição de melhorias para o município. **Resultado:** No momento do estudo (2023), as projeções apontavam que a vida útil estimada do aterro sanitário estudado era até 2025. Atualmente, o aterro encontra-se em fase final de operação, prestes a atingir sua saturação. Ao comparar os tratamentos amplamente utilizados no Brasil, aquele mais compatível com o município de estudo, assim como mais benéfico, é a coleta seletiva e suas destinações finais: reutilização, reciclagem e decomposição de matéria orgânica. Além disso, estas estratégias auxiliam na vida útil dos aterros sanitários e aumentam a possibilidade de energias e fontes de renda alternativas. **Conclusão:** A coleta seletiva demonstra maior potencialidade para o município de estudo. Embora o aterro esteja prestes a atingir sua vida útil, tais medidas seguem essenciais para evitar a rápida saturação de futuros aterros, demandando educação ambiental, investimentos em logística reversa e programas de coleta seletiva.

Descritores: Gestão de Resíduos. Aterros Sanitários. Gestão Ambiental.

ABSTRACT

Objective: To identify and evaluate possible strategies to extend the lifespan of a sanitary landfill in the state of São Paulo. **Method:** The methodology comprised three stages: characterization of the study area, including data collection on the landfill and demographic and territorial information; characterization and quantification of solid waste, based on the analysis of data obtained from public databases; and evaluation of the landfill's lifespan, conducted through the relationship between the landfill's available capacity and the projected waste generation. Literature research on disposal and treatment methods suitable for reducing waste sent to landfills supported the proposal of improvements for the municipality. **Result:** At the time of the study (2023), projections indicated that the estimated lifespan of the landfill under analysis would extend until 2025. The landfill is in its final operation stage and about to reach saturation. When comparing treatments widely used in Brazil, the most compatible and beneficial for the municipality under study is selective collection and its final destinations: reuse, recycling, and organic matter decomposition. Moreover, these strategies contribute to extending the lifespan of landfills and increasing opportunities for alternative energy sources and income generation. **Conclusion:** Selective collection demonstrates greater potential for the municipality under study. Although the landfill is about to end its lifespan, such measures remain essential to prevent the rapid saturation of future landfills, requiring environmental education, investments in reverse logistics, and selective collection programs.

Descriptors: Waste Management. Landfills. Environmental Management.

Introdução

No cenário contemporâneo, a expansão contínua das áreas urbanas e o aumento demográfico global têm refletido em um crescimento na geração de resíduos sólidos urbanos^{1,2}. Os resíduos sólidos são classificados como materiais em estado sólido e semissólido que resultam de atividades da comunidade e que não possuem utilidade para o gerador, sendo então descartados^{3,4}.

Esse fenômeno impulsionou uma alta geração de resíduos sólidos, levando a preocupações acerca do destino adequado desses materiais. A dimensão do problema é evidenciada pelo relatório da Organização das Nações Unidas sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que registra uma geração anual de cerca de 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos globalmente, dos quais apenas uma pequena fração, cerca de 13,5%, é reciclado⁵.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010), cada município é responsável pelo gerenciamento adequado de seus resíduos, o qual ocorre através da elaboração e execução do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Este documento técnico reúne os procedimentos ambientalmente corretos de destinação de resíduos, separando-os em etapas. Assim, o gerenciamento dos resíduos sólidos diz respeito ao conjunto de ações adotadas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos. A destinação final inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação, o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), além da destinação final em aterros⁶.

A valorização de resíduos em novos insumos produtivos para outros setores produtivos permite reduzir o volume de envio destes materiais a aterros^{7,8}. Outras estratégias incluem cooperativas de recicláveis⁹, coleta seletiva¹⁰, elaboração de diretrizes para implementação de políticas de gestão de resíduos¹¹ e compostagem de resíduos orgânicos¹².

Tais estratégias são importantes, pois o descarte inadequado de resíduos compromete a qualidade de vida da população e agrava os danos ambientais. No Brasil, a deposição a céu aberto ainda persiste, gerando riscos de contaminação nos lixões. Souza et al. (2023) destacam a importância do monitoramento contínuo, da análise do acúmulo de metais pesados e da avaliação do risco de poluição das bacias hidrográficas próximas a aterros. Os autores defendem estratégias urgentes e o fechamento adequado dos aterros, com rigorosa

atuação do poder público para assegurar planos eficazes de encerramento e minimizar impactos ambientais¹³.

Martin et al. (2021) avaliaram os impactos ambientais de nove cenários para o descarte de garrafas de PET em Bauru, Brasil. Os resultados indicaram que a reciclagem apresenta desempenho superior à incineração em todas as categorias de impacto. A disposição em aterro teve impactos menores que a incineração, exceto na destruição da camada de ozônio e na eutrofização da água doce. Cenários de reciclagem superaram os demais em todos os impactos. Apesar de promissora, sua implementação exige maior separação na fonte, aprimoramento das cooperativas e suporte financeiro e de treinamento¹⁴.

Os aterros sanitários permanecem como o principal método de gerenciamento de mais de um bilhão de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) anualmente em todo o mundo¹⁵. A gestão de aterros sanitários é um desafio para a sustentabilidade, devido a impactos como mudanças climáticas e escassez de recursos. Conforme a ABNT NBR 8419/1992, a vida útil mínima de um aterro sanitário é de 5 anos, podendo chegar até 20 anos, dependendo das condições de operação e gestão. Após esse período, deve-se realizar o monitoramento e controle da área do aterro por um período mínimo de 30 anos, visando avaliar os impactos ambientais e prevenir possíveis contaminações no solo e em lençóis freáticos¹⁶.

O chorume, rico em nitrogênio e fósforo, pode causar eutrofização, mas seus nutrientes podem ser recuperados como fertilizantes, promovendo economia circular, segurança alimentar e emissões zero. Avanços recentes permitem transformar aterros em instalações de recuperação de recursos, gerando produtos nutrientes-energia-materiais (NEM) via processos biológicos ou físico-químicos¹⁷. Silva et al. (2022), em estudo de aterros sanitários da Região Sudeste, apontam que a substituição do óleo diesel pelo biometano gerado poderia evitar a emissão de até 29,14 trilhões de toneladas de CO₂eq¹⁸.

Portanto, embora os aterros sanitários sejam economicamente viáveis e apresentem benefícios na gestão de resíduos, sua vida útil é limitada. O crescimento populacional e o aumento contínuo da geração de resíduos tornam essencial a adoção de medidas que prolonguem sua operação. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo principal estimar a vida útil de um aterro sanitário no estado de São Paulo e propor estratégias que contribuam para sua extensão, assegurando maior eficiência na gestão de resíduos e sustentabilidade ambiental.

Método

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa documental, de caráter descritivo, com

abordagem quantitativa e qualitativa, assumindo a forma de um estudo de caso no contexto municipal. O período de realização foi em 2023, abrangendo tanto a coleta quanto a análise dos dados.

A fundamentação metodológica apoia-se em Gil (2002) e Machado (2023), que destacam a pesquisa documental como procedimento adequado para estudos que se valem de fontes secundárias oficiais, possibilitando uma análise sistemática e estruturada de informações previamente registradas¹⁹. De acordo com Machado (2023), a pesquisa qualitativa e a quantitativa apresentam diferenças fundamentais, mas também se complementam. Enquanto a abordagem qualitativa busca compreender as razões e significados associados aos fenômenos, fundamentando-se na observação e interpretação, a quantitativa concentra-se na determinação das causas, apoiando-se em procedimentos empíricos e experimentais. Assim, a integração dessas perspectivas permite ampliar a compreensão do objeto de estudo, reunindo tanto a profundidade interpretativa quanto a objetividade numérica na análise dos dados²⁰.

O desenvolvimento do estudo compreendeu três etapas principais: (i) caracterização da área de estudo, contemplando aspectos territoriais, demográficos e socioeconômicos do município; (ii) caracterização e quantificação dos resíduos sólidos, realizada a partir de dados secundários obtidos em bases oficiais; e (iii) análise da vida útil do aterro sanitário, considerando a capacidade instalada, a taxa de disposição de resíduos e as projeções de esgotamento.

Caracterização da área de estudo

A Etapa 1 consiste em fornecer uma contextualização detalhada da área de estudo, abordando o histórico do município e as características dos municípios vizinhos. Para obter essas informações e apresentar a pesquisa, foram realizadas reuniões com o Poder Executivo e solicitados documentos relacionados à coleta de resíduos sólidos, visando estudar a geração desses resíduos ao longo dos anos. Em seguida, realizou-se uma pesquisa documental, que, conforme Gil (2002, p. 45), “vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa”. Para isso, foram utilizados documentos fornecidos pela Prefeitura e informações disponíveis nos endereços eletrônicos da prefeitura, do governo de São Paulo, do Atlas Brasil, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Turvo Grande (CBH-TG). Adotou-se a pesquisa documental, uma vez que o estudo demandava dados oficiais, confiáveis e sistematicamente reportados. As fontes utilizadas (Prefeitura, SNIS e CETESB) foram selecionadas por constituírem os órgãos responsáveis

pela coleta, organização e divulgação das informações ambientais e de infraestrutura necessárias para esta investigação. O acesso foi realizado por meio dos portais eletrônicos institucionais, e os dados coletados foram organizados em planilhas eletrônicas, com posterior categorização de acordo com os objetivos do trabalho.

Dados de população, Produto Interno Bruto (PIB) per capita, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), Região de Planejamento, Bacia Hidrográfica e Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) foram coletados com o intuito de realizar a caracterização preliminar da área de estudo.

Além disso, realizou-se uma estimativa da população urbana em 2019 do município, considerando uma taxa de urbanização de 84,7%, assim como adotado em 21, de acordo com a equação:

$$P_{urb} = (84,7 \times P_{total}) / 100$$

Sendo:

- P_{urb} = População urbana em 2019;
- P_{total} = População total em 2019, segundo o IBGE.

Caracterização e quantificação dos resíduos sólidos

Na Etapa 2 buscou-se identificar a quantidade de resíduos sólidos coletados diariamente no município estudado e, desse total, qual a quantidade de recicláveis, orgânicos e outros que correspondem aos rejeitos e aos reaproveitáveis.

Para padronização das informações de quantidade encontradas, calculou-se quantos quilos foram coletados em um ano, considerando quantos dias por semana ocorria a coleta e, ao final, o valor foi dividido por 365 dias. A seguir, estimou-se a quantidade per capita coletada, dividindo o total coletado pela população urbana em 2022.

Os dados faltantes de quantia coletada foram estimados a partir das informações do município. Inicialmente foi calculada a média da quantidade per capita coletada para cada faixa populacional (PC_{faixa}) com as informações do município. Multiplicando esse valor pela população urbana estimada em 2019 dos municípios que não forneceram o dado, obteve-se a quantidade total coletada em cada um deles (QT), de acordo com a equação:

$$Q_T = PC_{faixa} \times P_{urb}$$

Sendo:

- Q_T = Quantidade total coletada de resíduos domiciliares (kg/dia);
- PC_{faixa} = Quantidade coletada per capita média da faixa populacional a que o município pertence (kg/hab./dia);
- P_{urb} = População urbana estimada para 2019 do município (hab.).

Análise da vida útil do aterro sanitário

Na Etapa 3, foi realizada a estimativa da vida útil do aterro sanitário por meio de cálculos simples, considerando o total previsto de geração de resíduos sólidos da região dividido pela capacidade de disposição do aterro. Paralelamente, foram pesquisados na literatura métodos de destinação e tratamento de resíduos sólidos que se adequem à realidade do município, com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos enviados ao aterro e prolongar sua vida útil.

Para diagnosticar a melhor forma de tratamento dos resíduos sólidos, faz-se necessário conhecer a composição dos resíduos e suas particularidades. Em primeiro lugar, a coleta de dados do município e de sua população, referentes às práticas de descarte adequado, disponibilidade de aterros, acesso populacional à coleta e geração de resíduos, foi realizada. Posteriormente, uma elaboração do diagnóstico das necessidades do município foi embasada de acordo com o perfil traçado dos resíduos sólidos. A partir do perfil e da quantificação, foi possível tecer soluções robustas para o município.

Resultados e Discussão

Caracterização da área de estudo

O município de estudo está localizado em São Paulo/Brasil, sendo seu clima tropical e seu bioma definidos pelo cerrado e pela Mata Atlântica. O território do município abrange uma área de 245 km² dividida em área rural (197,93 km²) e área urbana (47,07 km²)²².

Segundo o Censo de 2022, a população chegou a 63.337 habitantes, representando um aumento de 17,74% em relação ao censo anterior de 2010. Nesse contexto, os levantamentos do mesmo ano indicam que a densidade demográfica do município é de 260,40 habitantes/km²²³.

O terreno do aterro sanitário possui 365.130 km², entretanto, a área escolhida para a implantação do aterro é mais restrita devido a elevada projeção de resíduos sólidos gerados pelo município. Topograficamente, esta área apresenta um desnível de 10 m em uma distância de 500 m, resultando em um declive médio de 2,0%²⁴.

Geologicamente, a área destinada à construção do aterro sanitário apresenta substrato rochoso caracterizado por Formação Adamantina, constituindo-se um solo arenoso de granulação fina a média, de cor avermelhada e que apresenta aspecto visual e características físicas bastante homogêneas. Em relação ao uso do solo da área do aterro e de sua zona adjacente, estas áreas são destinadas a uso agrícola e pastoril²⁴.

Em termos de vida útil, o aterro apresenta uma longevidade de 20 anos, ou seja, segundo as estimativas presentes no projeto, o aterro sanitário estaria apto para uso no que se refere à sua capacidade de armazenamento até o ano de 2028. Além disso, o

montante de resíduos sólidos gerados anualmente entre os anos de 1998 e 2028, ou seja, durante a vida útil prevista, seria de 385.516 toneladas²⁴.

Caracterização e quantificação dos resíduos sólidos

Considerando o exposto, é necessário demonstrar as projeções de crescimento populacional previstas nos documentos utilizados na edificação e gerenciamento do aterro sanitário da cidade em estudo, sendo eles o Projeto Técnico do Aterro Sanitário (Projeção 1) e o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (Projeção 2), além de demonstrar o crescimento populacional que realmente ocorreu. Os dados estão apresentados na Tabela 1

Até o ano de 1997, o município não apresentava nenhum levantamento quantitativo dos resíduos sólidos produzidos e coletados na cidade, entretanto, foi considerado pelo Projeto Técnico do Aterro Sanitário (Projeção 1) um valor de 500 g/habitantes/dia contemplando as características locais e as estimativas volumétricas realizadas a partir dos veículos coletores²⁴.

Tabela 1. Projeções e o real crescimento populacional no município de estudo. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 2024.

Ano	População		
	Projeção 1	Projeção 2	Crescimento real
2000	50.103	-	48.312
2010	70.118	-	53.792
2020	98.129	60.254	60.303
2021	101.483	60.778	60.768
2022	104.952	61.299	63.337

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Em documentos mais atuais, como no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (Projeção 2), o levantamento quantitativo dos resíduos produzidos e coletados na cidade encontra-se presente e diverge do valor estimado pelo documento citado anteriormente. De acordo com este levantamento, considerando os dados de geração de resíduos domiciliares recicláveis secos no período de janeiro de 2017 a janeiro de 2019, a cidade apresenta uma geração per capita de 815 g/habitante/dia, totalizando aproximadamente 43,86 toneladas ao dia²².

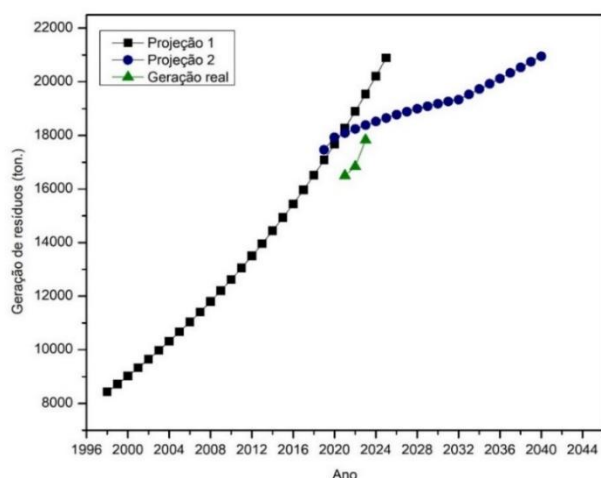
Assim como a projeção do crescimento populacional, os documentos utilizados até o momento desta discussão também propuseram uma estimativa quanto a geração de lixo no município (Figura 1).

Tendo em vista as divergências entre as projeções com o número estimado de habitantes diante dos números reais, nota-se a necessidade de compará-los, a fim de averiguar as diferenças entre os dados, não apenas referente ao número de habitantes, mas

também a estimativa de geração de resíduos sólidos, a qual é fundamental para a construção e gerenciamento de um aterro sanitário.

Ao comparar as projeções do crescimento populacional elaboradas no Projeto Técnico do Aterro Sanitário e no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos com os dados do real crescimento populacional dos anos em que se tem registro (2000, 2010, 2020, 2021 e 2022), observa-se que as duas projeções se encontram diferentes da realidade.

Figura 1. Comparação entre as projeções e a geração real dos resíduos sólidos no município. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 2024.



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Segundo a projeção presente no Projeto Técnico do Aterro Sanitário, em todos os anos indicados na Tabela 1, o número de habitantes encontra-se acima do real, uma vez que, segundo esta fonte, a projeção do crescimento populacional para o ano de 2022 era de 104.952 habitantes, enquanto segundo o Censo de 2022, a população atual é de 63.337 pessoas. Isso indica, que de acordo com esta estimativa, haveria em 2022 um excedente de 41.615 habitantes em comparação com o número real.

Diferentemente da estimativa inicial realizada durante a elaboração do Projeto Técnico do Aterro Sanitário, nota-se que a projeção do crescimento populacional segundo o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos mostrou-se próxima à realidade ilustrada no Censo de 2022. De acordo com esta estimativa, a população em 2022 seria 2.038 habitantes menor do que a população realmente observada.

Ao analisar e comparar tais projeções, nota-se que, em termos quantitativos, a projeção estimada pelo Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (Projeção 2), embora esteja mais próxima do crescimento populacional que ocorreu no decorrer dos anos, encontra-se subestimada, o que

acarretaria superlotação do aterro projetado, visto que esperava menos habitantes.

Em contrapartida, embora a estimativa populacional presente no Projeto Técnico do Aterro Sanitário (Projeção 1) apresente uma discrepância quantitativa em relação ao real número de habitantes, o número previsto mostra-se superior ao real, o que sugere a necessidade de um aterro sanitário com maior capacidade do que a efetivamente necessária.

Dessa maneira, após comparar as duas projeções, tem-se que a do Projeto Técnico do Aterro Sanitário mostrou-se mais adequada, visto que ao superestimar o crescimento populacional, abriu espaço para que não houvesse problemas futuros relacionados com o esgotamento precoce dos recursos e do espaço do aterro sanitário projetado no município.

Ao comparar as projeções da geração de resíduos sólidos elaboradas no Projeto Técnico do Aterro Sanitário e no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos com os dados da real geração dos resíduos, observa-se que ambas as projeções se encontram diferentes, entretanto, se aproximam do valor real no decorrer dos anos.

Em ambas as projeções, a quantidade estimada de resíduos sólidos gerados encontra-se levemente superestimada. Ao analisar o ano de 2021 como exemplo, em que há dados nos três parâmetros avaliados, nota-se que a estimativa de geração de resíduos sólidos nas projeções 1 e 2 era de 18.267 (t) e 18.083 (t), respectivamente, enquanto a geração real foi de 16.500 (t). Portanto, de acordo com ambas as estimativas, esperava-se uma geração de aproximadamente 1,10 vezes mais toneladas do que ocorreu na realidade em 2021.

Ao analisar e comparar tais projeções nota-se que, em termos quantitativos, a projeção estimada pelo Projeto Técnico do Aterro Sanitário (Projeção 1), embora esteja nos anos iniciais mais distante da geração de resíduos sólidos que ocorreu no decorrer dos anos, apresenta um crescimento exponencial semelhante frente ao crescimento real do que a realizada pelo Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (Projeção 2), sendo, a longo prazo, mais discrepante dos valores reais.

Em contrapartida, embora a estimativa presente no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (Projeção 2) seja mais próxima quantitativamente da geração real de resíduos sólidos quando comparada com a Projeção 1, observa-se que exponencialmente é mais regular e possui um crescimento menor, de forma que, a longo prazo, teria mais chances de se igualar a geração real.

Análise da vida útil do aterro sanitário

Considerando os dados estimados presentes no Projeto Técnico do Aterro Sanitário, ao somar a quantidade de resíduos sólidos gerados anualmente entre os anos de 1998 e 2022 e determinar o total de resíduos sólidos que haveria de serem acumulados no aterro sanitário neste período, obteve-se um montante de 324.879 toneladas.

Considerando os dados reais coletados quanto à disposição de resíduos sólidos no aterro sanitário e, utilizando o mesmo período de 1998 a 2022 para fins de comparação, obteve-se um montante de cerca de 31.931 toneladas.

Assim sendo, observa-se que o total de resíduos sólidos acumulados se encontra cerca de 10 vezes menor do que as expectativas, estendendo assim, a vida útil do aterro sanitário quanto sua capacidade de armazenamento.

Sabe-se que, em lei, todo município tem a responsabilidade de estabelecer uma Coleta Seletiva para os resíduos sólidos urbanos, com o objetivo de diminuir a quantidade de descartes para a disposição final. Em tese, esses municípios seriam responsáveis por, no mínimo, a separação entre dejetos secos e orgânicos, o que, mesmo não exigindo-se a separação em parcelas dos resíduos secos, não acontece na totalidade e de maneira eficaz na prática. Assim, é comumente visto, resíduos misturados e simplesmente não segregados, fato que, diz respeito a uma escassa educação e conscientização ambiental²³.

Além da orientação à população, outro fator importante para os gargalos no processo da Coleta Seletiva é a baixa prática de logística reversa. Desse modo, empresas poderiam utilizar a recepção de embalagens vazias para a confecção de novos recipientes ou até mesmo a venda desses insumos, fornecendo descontos e/ou brindes ao consumidor. Por conseguinte, não há um estímulo para a população, a fim de separar os resíduos sólidos de maneira adequada – coleta seletiva – e a posterior reciclagem²⁵.

Apesar de mostrar-se promissor, vantajoso e estar prescrito em lei, ainda há poucos municípios adeptos a este tipo de coleta. Assim, tem-se uma tríade para a baixa adesão do município como um todo: baixo investimento público no modelo de tratamento, baixo investimento privado em logística reversa e pouco acesso à informação sobre políticas e conscientização ambiental. A Tabela 2 apresenta informações sobre a adesão nacional do tratamento discutido^{22,25}.

Ao comparar com o município de estudo, vê-se um significativo avanço do município em questão, por apresentar – segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) – 96,68% de coleta dos resíduos domiciliares, cerca de 0,77 kg/habitante/dia, com taxa de recuperação de resíduos recicláveis de 29,98% - em média 10 vezes maior que a taxa do estado de São Paulo e do Brasil²⁶.

Tabela 2. Quantificação da coleta seletiva de recicláveis secos em municípios brasileiros de 2010 a 2018. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 2024.

Ano de avaliação	Municípios brasileiros com coleta seletiva de “recicláveis secos”	
	Sim	Não
2010	801	1250
2011	842	1258
2012	1111	1932
2013	1161	2411
2014	1322	2443
2015	1256	2264
2016	1215	2455
2017	1256	2300
2018	1322	2146

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Entretanto, segundo a Prefeitura, atualmente, o aterro destinado aos resíduos da cidade necessitou ampliar suas células, para aumento da vida útil em 10 anos – uma questão a se pensar, visto que a média de kg/habitante/dia do município é apenas 9 décimos da média de todo o estado de São Paulo. Assim, se todos os resíduos sólidos forem destinados a um só local e sem separação e destinação dos potenciais recicláveis, a necessidade constante de novos aterros e ampliações, se fará necessária, e não há apenas benefícios nestes processos de expansão²⁶.

Os aterros sanitários, apesar de não poluírem o lençol freático e serem um ambiente controlado, não deixam de devastar a fauna e flora da região onde serão construídos e impossibilitar outras atividades futuras no local – exceto áreas abertas para lazer, única indicação pós-esgotamento. Dessa forma, priorizar um aterro específico para o município, com adequações e características próprias do município, desfavoreceria a inutilização precoce dessas terras, com diminuição da demanda de novos aterros sanitários. Em tese, teria o aumento da capacidade efetiva do local – ao destinar a uma região em específico já pré-estudada – que, por conseguinte, diminuiria os impactos ambientais e a inutilização de assentamentos, os quais poderiam ser destinados a outras atividades comerciais.

Ao analisar as previsões para os aterros sanitários do município, encontra-se que, de 2024 a 2040, a quantidade de resíduos sólidos aumentará cerca de 2.434 toneladas/ano e a geração de resíduos/mês na mesma localidade nos últimos 5 anos é de, em média, 1.096,34 toneladas/mês. Ou seja, em 2040, a quantidade estimada de resíduos sólidos depositados nestes aterros, será de 1.745,91 toneladas/mês, apresentando um aumento de 59,25%, quando comparado ao valor gerado mensalmente nos últimos 5 anos^{22,24}.

Em consonância, fora abordado que o aterro apresenta uma vida útil de 20 anos, esgotando suas possibilidades de armazenamento em 2028. No que se

refere à capacidade de armazenamento do aterro sanitário, de acordo com os dados até agora utilizados, o montante de resíduos sólidos gerados anualmente entre os anos de 1998 e 2028, ou seja, durante a vida útil prevista, seria de 256.771 toneladas.

Considerando os cálculos presentes no Projeto Técnico do Aterro Sanitário, ao somar a quantidade de resíduos sólidos depositados nas bases de 01 a 12 (de um total de 14 bases), obteve-se um montante de 213.270 toneladas. Em relação às bases 13 e 14 (últimas) que estão recebendo desde o início de 2023 a disposição de resíduos sólidos no aterro sanitário, pode-se concluir que: A base 13 pode receber 18.268 toneladas e a base 14 pode receber 25.233 toneladas, totalizando um montante de 43.501 toneladas.

Com a projeção de geração de 2023 em 17.831 toneladas e as projeções de 2024 = 18.517t e de 2025 = 18.647t do PMGIRSM, o aterro sanitário suportaria a geração de 2023 e 2024 e ficaria ainda uma capacidade de 7.153t para 2025 (43.501t - 17.831t - 18.517t = 7.153t). Dividindo a capacidade restante pela projeção de 2025, teremos quantos meses demoraria para terminar a vida útil do aterro sanitário: $7.153t / 18.647t = 0,3836$ do ano = 4,6 meses. Portanto, no momento do estudo, a vida útil estimada do aterro sanitário estava prevista até maio de 2025. Considerando que essa data já foi ultrapassada, informações mais recentes indicam que o aterro continua em operação, porém com previsão de encerrar suas atividades em menos de um ano. Nesse contexto, o contrato de coleta estabelece que a empresa responsável deverá destinar os resíduos a seu próprio aterro em outro município assim que não for mais possível utilizá-los.

Diante dos fatos apresentados, torna-se imprescindível adotar estratégias que contribuam para prolongar a vida útil de futuros aterros, com destaque para ações de educação ambiental, investimentos em logística reversa e a consolidação de programas de coleta seletiva. Assim, a reutilização e reciclagem tendem a reaproveitar os materiais e transformá-los em novos insumos ou até mesmo novos produtos. Já os resíduos orgânicos podem contribuir para a geração de gás e compostagem.

Lima (2019) demonstra que o aumento gradual da coleta seletiva pode neutralizar impactos ambientais negativos associados à geração de resíduos. Além disso, estratégias mais ambiciosas, envolvendo tratamento de resíduos e tecnologias avançadas, podem reduzir ainda mais os impactos e gerar impactos positivos, evidenciando os benefícios de abordagens integradas de gestão e gerenciamento de resíduos¹⁰.

De maneira geral, levando-se em conta os prós e contras, a população e a quantidade de resíduos sólidos gerados por ano, a coleta seletiva, seguida de destinações recicláveis e reutilizáveis, encontra-se como

uma opção interessante a ser implementada, de maneira majoritária, pelo município.

Atualmente, o município encontra-se em fase inicial de planejamento de um programa de coleta seletiva e de organização de cooperativas de catadores, sem previsão definida para sua implantação. Este estudo ganha importância justamente por fornecer subsídios que podem acelerar o processo de implementação dessas iniciativas em diversos municípios.

Com isso, faz-se necessário o apoio público para algumas ações de melhoria no gerenciamento destes materiais: 1) A disponibilização de caminhões de coleta seletiva e coleta convencional para resíduos não recicláveis e reutilizáveis; 2) Educação ambiental e ações sociais sobre geração de resíduos sólidos e possíveis soluções (como a coleta seletiva); 3) incentivar empresas a prática da logística reversa e marketing voltado para causas ambientais, auxiliando na conscientização populacional.

Kumschlies (2023) realizou uma pesquisa com 384 estudantes universitários do município de Guarujá, indicando que, embora apresentem conhecimento moderado sobre o descarte correto de resíduos, a maioria ainda não adota comportamentos ambientalmente responsáveis. O estudo ressalta a importância da educação ambiental contínua e participativa para promover consciência crítica e hábitos ecologicamente corretos, contribuindo para a mitigação da degradação ambiental²⁷.

Para pesquisas futuras, sugere-se explorar estratégias que ampliem a coleta seletiva e promovam a implantação ou o aprimoramento de cooperativas de recicláveis, fortalecendo a triagem de resíduos e programas de educação ambiental. Estudos recentes, como o de Vilela (2025), indicam que o crescimento na geração de resíduos demanda maior capacitação de cooperativas e programas educativos mais robustos, reforçando a necessidade de ações integradas para a gestão sustentável dos resíduos sólidos⁹.

Por fim, ressalta-se que as limitações deste estudo estão relacionadas ao fato de que os achados se aplicam especificamente ao contexto analisado, não sendo diretamente generalizáveis a outras localidades sem as devidas adaptações. Configurado como um estudo de caso, o trabalho foca na gestão de resíduos sólidos do município, destacando-se pelo aporte inovador nos impactos sociais e ambientais, mais do que pelo avanço científico propriamente dito.

Conclusão

Em suma, a coleta seletiva encontra-se como a principal forma de destinação adequada e potencialmente viável de resíduos sólidos. Além da diminuição do uso de aterros sanitários e seus gargalos,

este tipo de coleta pode gerar insumos úteis economicamente para o município.

A implementação de métodos alternativos de coletas e disposição final de resíduos sólidos, contribui para a diminuição da dependência em relação aos aterros sanitários. Isso resulta em uma redução significativa na quantidade de resíduos sólidos destinados a essas áreas, consequentemente reduzindo o tempo necessário para o seu esgotamento e a necessidade de terrenos para a construção de novos aterros. Por fim, a implementação da coleta dos resíduos sólidos no município poderia resultar na redução da necessidade de grandes áreas para aterros sanitários, diminuindo assim a potencial poluição ambiental.

Referências

1. Lu M, Zhou C, Wang C, Jackson RB, Kempes CP. Worldwide scaling of waste generation in urban systems. *Nature Cities* 2024; 1: 126–135. DOI: <https://doi.org/10.1038/s44284-023-00021-5>
2. Voukkali I, Papamichael I, Loizia P, Zorpas AA. Urbanization and solid waste production: prospects and challenges. *Environmental Science and Pollution Research* 2023; 31: 17678–17689. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27670-2>
3. ABES. Dicionário de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2016.
4. ABNT. NBR ISO 14001:2004. Resíduos sólidos – Classificação. 2004.
5. ONU. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis. <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods11>. 2023.
6. BRAZIL. Lei n. 12305 DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.
7. Abbas MM. Recycling waste materials in construction: Mechanical properties and predictive modeling of Waste-Derived cement substitutes. *Waste Management Bulletin* 2025; 3: 168–192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2025.01.004>
8. Oliveira KA, Simão L, Rebouças LB, Hotza D, Montedo ORK, Novaes de Oliveira AP et al. Ceramic shell waste valorization: A new approach to increase the sustainability of the precision casting industry from a circular economy perspective. *Waste Management* 2023; 157: 269–278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.12.033>
9. Villela Carvalho M, Rodrigues EF, Schalch V, De Mello Innocentini MD, Simão L. Challenges and prospects for sorting and disposing of household solid waste: a case study of a recycling cooperative in Minas Gerais, Brazil. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* 2025; 14: e26076. DOI: <https://doi.org/10.5585/2025.26076>
10. De Moraes Lima P, Olivo F, Paulo PL, Schalch V, Cimpan C. Life Cycle Assessment of prospective MSW management based on integrated management planning in Campo Grande, Brazil. *Waste Management* 2019; 90: 59–71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.035>
11. Borges RM, Zagui GS, Bortoletto-Santos R, Ismail IAL, Souza MT, Simão L et al. Data Collection and Elaboration of Guidelines for Waste Electrical and Electronic Equipment Management in Brazilian Private Higher Education Institutions. *Sustainability* 2024; 16: 11091. DOI: <https://doi.org/10.3390/su162411091>
12. Yin J, Xie M, Yu X, Feng H, Wang M, Zhang Y et al. A review of the definition, influencing factors, and mechanisms of rapid composting of organic waste. *Environmental Pollution* 2024; 342: 123125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.123125>
13. de Souza VB, Hollas CE, Bortoli M, Manosso FC, de Souza DZ. Heavy metal contamination in soils of a decommissioned landfill southern Brazil: Ecological and health risk assessment. *Chemosphere* 2023; 339: 139689. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139689>
14. Martin EJP, Oliveira DSBL, Oliveira LSBL, Bezerra BS. Life cycle comparative assessment of pet bottle waste management options: A case study for the city of Bauru, Brazil. *Waste Management* 2021; 119: 226–234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.041>
15. Wang Y, Zhou C, Zhang H, Ma S, Lou Z, Raskin L et al. Biogeochemical dynamics of major elements in municipal solid waste landfills can induce health risks for nearly 1 billion people. *One Earth* 2025; 8: 101418. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2025.101418>
16. ABNT. NBR 8.419. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. 1992.
17. Kurniawan TA, Hassan GK, Al-Hazmi HE, Othman MHD, Goh HH, Aziz F et al. Landfill mining: A step forward to reducing CH4 emissions and enhancing CO2 sequestration from landfill. *Journal of Hazardous Materials Advances* 2024; 100512. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2024.100512>
18. Sales Silva ST, Barros RM, Silva dos Santos IF, Maria de Cassia Crispim A, Tiago Filho GL, Silva Lora EE. Technical and economic evaluation of using biomethane from sanitary landfills for supplying vehicles in the Southeastern region of Brazil. *Renew Energy* 2022; 196: 1142–1157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.020>
19. GIL AC. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. Atlas: São Paulo, 2002.
20. MACHADO JRF. Metodologias de pesquisa: um diálogo quantitativo, qualitativo e quali-quantitativo. *Devir Educação* 2023; 7. DOI: <https://doi.org/10.30905/rde.v7i1.697>
21. MMA. Material Técnico - Planos de resíduos sólidos. 2025. <https://antigo.mma.gov.br/cidades->

- sustentaveis/residuos-solidos/material-t%C3%A9cnico.html (accessed 24 Sep2025).
22. PLAN AMBIENTAL. Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. 2019.
 23. IBGE. Panorama: Mirassol. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/mirassol/panorama>. 2022.
 24. Engenharia e Topografia Cavalari. Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol. 1997.
 25. Souza LOA de. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS. 2017.
 26. IAS. O saneamento em Mirassol - SP. 2021.
 27. Kumschlies MCG, Schalch V. Educação Ambiental e os Hábitos de Manejo dos Resíduos Domiciliares dos Moradores do Município de Guarujá, BRASIL. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales Investigación, desarrollo y práctica 2023; 82–110. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2023.16.1.81813>

Contribuições do autor

Todos os autores foram responsáveis pela concepção, redação e aprovação da versão final do artigo.

Editor chefe

José Cláudio Garcia Lira Neto

Copyright © 2025 Revista Científica Integrada.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença Creative Commons CC BY. Esta licença permite que terceiros distribuam, remixem, modifiquem e desenvolvam seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe deem crédito pela criação original. É a licença mais flexível de todas as licenças disponíveis. Recomenda-se maximizar a divulgação e utilização de materiais licenciados.