v7.n7.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

IMPACTOS AMBIENTAIS DOS LIXÕES E A IMPORTÂNCIA DOS ATERROS SANITÁRIOS NO BRASIL

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF OPEN DUMPS AND THE IMPORTANCE OF SANITARY LANDFILLS IN BRAZIL

IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS BASURALES A CIELO ABIERTO Y LA IMPORTANCIA DE LOS RELLENOS SANITARIOS EN BRASIL

Antonio Domingos de Sousa Santos[1], Cleuzivan Dias Costa[2], Nicole Santos da Silveira[2], Sueli Araújo da Conceição[2], Romário Sousa Conceição[2], Ionara Nayana Gomes Passos[3]

e778479
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i7.8479

PUBLICADO: 07/2026

RESUMO

O estudo analisa os impactos socioambientais e sanitários dos lixões no Brasil e a importância dos aterros sanitários como alternativa de destinação adequada. A metodologia consiste em uma pesquisa qualitativa, exploratória e descritiva fundamentada em revisão bibliográfica e análise documental. Apesar das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e dos prazos estendidos pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), dados do IBGE (2023) revelam que 31,9% dos municípios brasileiros ainda utilizavam lixões. O descarte inadequado provoca sérios danos ecológicos, como a contaminação de recursos hídricos por chorume e a emissão de metano, além de perpetuar riscos à saúde pública e à integridade de catadores de materiais recicláveis. Os resultados evidenciam acentuadas assimetrias regionais: a região Norte apresenta o cenário mais crítico, com 73,8% das cidades dependentes de lixões, enquanto o Sul registra apenas 5,7%. Essa disparidade reflete limitações financeiras e institucionais crônicas em municípios de pequeno porte. Conclui-se que os aterros sanitários são fundamentais para mitigar esses passivos ambientais. Contudo, sua universalização exige o fortalecimento de consórcios intermunicipais, governança integrada e suporte financeiro estruturado.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos. Lixões. Aterros Sanitários. Impactos Ambientais. Gestão Ambiental.

ABSTRACT

This study analyzes the socio-environmental and health impacts of open dumps in Brazil and highlights the importance of sanitary landfills for proper waste disposal. The methodology comprises qualitative, exploratory, and descriptive research based on a literature review and document analysis. Despite the guidelines established by the National Solid Waste Policy (Law 12,305/2010) and the extended deadlines under the New Sanitation Legal Framework (Law 14,026/2020), IBGE data (2023) shows that 31.9% of Brazilian municipalities still rely on open dumps. Inadequate disposal causes severe ecological damage, such as water resource contamination through leachate and methane emissions, while perpetuating risks to public health and the safety of waste pickers.

[1] Graduado em Ciências Naturais, com habilitação em Química - UFMA.
[2] Graduando em licenciatura em Ciências Naturais - Química, pela Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Grajaú.
[3] Doutora em Biotecnologia em Recursos Naturais.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

The results reveal sharp regional asymmetries: the North region exhibits the most critical scenario, with 73.8% of cities dependent on dumps, whereas the South records only 5.7%. This disparity reflects chronic financial and institutional limitations in small-scale municipalities. The study concludes that sanitary landfills are essential to mitigate these environmental liabilities. However, achieving universal coverage requires strengthening inter-municipal consortiums, integrated governance, and structured financial support.

KEYWORDS: *Solid waste. Open dumps. Sanitary landfills. Environmental impacts. Environmental management.*

RESUMEN

Este estudio analiza los impactos socioambientales y sanitarios de los vertederos a cielo abierto en Brasil, así como la importancia de los rellenos sanitarios para la disposición adecuada de residuos. La metodología consiste en una investigación cualitativa, exploratoria y descriptiva basada en una revisión bibliográfica y análisis documental. A pesar de las directrices de la Política Nacional de Residuos Sólidos (Ley nº 12.305/2010) y de los plazos ampliados por el Nuevo Marco Legal del Saneamiento Básico (Ley nº 14.026/2020), los datos del IBGE (2023) indican que el 31,9% de los municipios brasileños aún utilizaba vertederos. La eliminación inadecuada provoca graves daños ecológicos, como la contaminación de recursos hídricos por lixiviados y la emisión de metano, además de perpetuar riesgos para la salud pública y la seguridad de los recicladores. Los resultados evidencian profundas asimetrías regionales: la región Norte presenta el escenario más crítico, con un 73,8% de municipios dependientes de vertederos, mientras que el Sur registra solo un 5,7%. Esta disparidad refleja limitaciones financieras e institucionales crónicas en localidades pequeñas. Se concluye que los rellenos sanitarios son fundamentales para mitigar estos pasivos ambientales; no obstante, su universalización exige fortalecer los consorcios intermunicipales, la gobernanza integrada y el apoyo financiero estructurado.

PALABRAS CLAVE*: Residuos Sólidos. Vertederos. Rellenos Sanitarios. Impactos Ambientales. Gestión Ambiental.*

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, a urbanização e a intensificação dos padrões de consumo têm contribuído para o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Nesse contexto, a gestão adequada desses resíduos tornou-se um dos principais desafios ambientais enfrentados pelos municípios brasileiros, especialmente devido à permanência de formas inadequadas de disposição final, como os lixões. Estes locais caracterizam-se pelo descarte de resíduos diretamente sobre o solo, sem sistemas de controle ambiental, favorecendo a contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas, a emissão de gases de efeito estufa e a proliferação de vetores transmissores de doenças (Mucelin; Bellini, 2008).

Com o objetivo de enfrentar esse problema, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei nº 12.305/2010, estabelecendo diretrizes para a gestão integrada dos resíduos sólidos e determinando o encerramento dos lixões em todo o território nacional. Posteriormente, devido às dificuldades enfrentadas por muitos municípios para cumprir

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

as exigências legais, a Lei nº 14.026/2020 redefiniu os prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos, ampliando o período de adequação para diferentes grupos de municípios (Brasil, 2010; Brasil, 2020).

Apesar dos avanços proporcionados pela legislação, a eliminação dos lixões ainda representa um desafio para a gestão pública municipal. Dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2023) indicam que mais de 30% dos municípios brasileiros ainda utilizam lixões como forma de destinação final dos resíduos sólidos. Além disso, a distribuição dessas áreas ocorre de forma desigual entre as regiões do país, sendo mais frequente em localidades com menores níveis de infraestrutura e capacidade de investimento. Esse cenário evidencia que os desafios relacionados à gestão dos resíduos sólidos vão além das questões ambientais, envolvendo também fatores econômicos, sociais e institucionais.

A persistência dos lixões gera impactos que afetam diretamente a qualidade ambiental e a saúde pública. Além dos riscos de contaminação dos recursos naturais, essas áreas favorecem a ocorrência de doenças associadas ao contato com resíduos e comprometem a qualidade de vida das populações próximas. Segundo Jacobi e Besen (2011), a efetividade das políticas de gestão de resíduos sólidos depende não apenas da existência de instrumentos legais, mas também da capacidade administrativa e financeira dos municípios para implementar soluções ambientalmente adequadas.

A relevância deste estudo está associada à necessidade de compreender os impactos provocados pelos lixões e discutir a importância dos aterros sanitários como alternativa adequada para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Além disso, a temática está diretamente relacionada ao cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, especialmente aqueles voltados à saúde e bem-estar, saneamento, cidades sustentáveis, consumo responsável e proteção dos ecossistemas (ONU, 2015).

Diante desse contexto, o presente estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: quais são os impactos ambientais, sociais e sanitários causados pelos lixões no Brasil e qual a importância dos aterros sanitários para a destinação adequada dos resíduos sólidos, considerando os avanços e desafios da legislação brasileira?

Para responder a essa problemática, o objetivo geral consiste em analisar os impactos ambientais, sociais e sanitários decorrentes da utilização de lixões no Brasil, destacando a importância dos aterros sanitários como alternativa adequada para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos. Como objetivos específicos, busca-se: apresentar os principais impactos causados pelos lixões; descrever as diferenças entre lixões, aterros controlados e aterros sanitários; analisar a evolução da legislação brasileira relacionada à gestão dos resíduos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

sólidos; avaliar a situação atual da destinação final dos resíduos nos municípios brasileiros; e discutir a importância da ampliação dos aterros sanitários para a proteção ambiental e da saúde pública.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no cenário brasileiro apresentou aumento expressivo nas últimas décadas, impulsionada por fatores como o crescimento demográfico, urbanização acelerada e a crescente utilização de produtos descartáveis ou de rápida substituição. Conforme indicadores consolidados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2022), o país atinge anualmente marcas volumétricas severas, posicionando o gerenciamento desses fluxos materiais como um dos desafios macroambientais mais complexos da administração pública contemporânea. Por conseguinte, o estabelecimento de mecanismos operacionais para a disposição final ambientalmente adequada configura-se como medida de urgência para a mitigação de passivos ecológicos e preservação dos recursos naturais.

Historicamente, a atuação do poder público frente ao crescente volume de resíduos sólidos foi marcada por limitações técnicas e institucionais, resultando na ampla utilização de áreas de disposição inadequada, conhecidas como lixões. Em desacordo com os princípios do desenvolvimento sustentável, esses locais persistem como importantes fontes de impactos ambientais e sociais, contribuindo para a contaminação do solo, da água e do ar, além de representar riscos à saúde pública.

Lixões e seus impactos ambientais e sociais

Os lixões constituem a forma mais inadequada de disposição final dos resíduos sólidos, caracterizando-se pelo descarte de materiais sem controle técnico ou ambiental, o que favorece a contaminação do solo e dos recursos hídricos, além de representar riscos significativos à saúde pública e ao equilíbrio dos ecossistemas (Moreira *et al.*, 2025).

Entre os principais impactos decorrentes destaca-se a lixiviação e a infiltração de compostos de alta toxicidade no perfil pedológico. O processo de decomposição da fração orgânica associado à água de percolação gera o chorume (ou lixiviado), efluente líquido dotado de elevada carga poluidora, concentrações expressivas de metais pesados, microrganismos patogênicos e alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Na ausência de barreiras de impermeabilização, esse efluente percorre o subsolo, atingindo e comprometendo

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

qualitativamente os aquíferos subterrâneos e os corpos hídricos superficiais adjacentes (ABRELPE, 2022).

Sob a perspectiva atmosférica, a biodegradação anaeróbica da matéria orgânica disposta nos lixões resulta na liberação contínua de biogás, composto predominantemente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). O metano destaca-se pelo elevado potencial de aquecimento global, superando significativamente a capacidade do CO_2 em reter calor na atmosfera, o que insere os lixões como fontes emissoras relevantes no cômputo das mudanças climáticas globais (IPCC, 2023).

Paralelamente, evidencia-se a vulnerabilidade social associada aos catadores de materiais recicláveis, que frequentemente desempenham suas atividades em condições precárias e insalubres, estando expostos a diversos riscos ocupacionais, como acidentes de trabalho, agentes biológicos e substâncias potencialmente nocivas à saúde (Moreira *et al.*, 2025). Conforme preconizam Jacobi e Besen (2011), essa problemática socioambiental explicita falhas estruturais de governança e fragilidades nas políticas de inclusão socioeconômica. Estudos mais recentes reforçam essa perspectiva ao demonstrarem que os catadores ainda enfrentam condições precárias de trabalho, vulnerabilidade social e exposição a diversos riscos ocupacionais (Moreira *et al.*, 2026).

Aterros controlados

Os aterros controlados configuram-se como uma técnica de transição mitigadora, situada conceitualmente entre o lixão e o aterro sanitário. Essa modalidade operacional preconiza o isolamento visual e a redução de odores por meio da cobertura periódica dos resíduos com camadas de solo compactado, atenuando a atração de vetores biológicos (Monteiro, 2001).

Contudo, os aterros controlados carecem dos dispositivos fundamentais de proteção ambiental que caracterizam a engenharia sanitária. Na maioria dos casos, constata-se a inexistência de sistemas robustos de impermeabilização de base, ausência de redes estruturadas de drenagem e tratamento de efluentes líquidos, bem como o manejo ineficiente das frações gasosas. Consequentemente, embora minimizem os impactos visuais imediatos, esses locais mantêm o potencial de contaminação hídrica e pedológica, sendo classificados pela legislação brasileira como soluções de caráter estritamente temporário e ambientalmente inadequadas (ABRELPE, 2022).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Aterros sanitários

Segundo Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), os aterros sanitários constituem sistemas de engenharia projetados para o confinamento seguro dos resíduos sólidos, minimizando riscos ambientais e sanitários.

Desenvolvidos sob preceitos estritos da engenharia sanitária e ambiental, os aterros sanitários são reconhecidos como a principal alternativa para a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos. Sua estrutura operacional é planejada para minimizar impactos ambientais, controlar a geração de efluentes e gases e garantir maior proteção aos recursos naturais e à saúde pública (Dias; Balieiro; Pedreiro, 2024).

A eficiência dos aterros sanitários está diretamente associada à implantação de sistemas de proteção ambiental destinados ao controle do chorume, à drenagem de gases e à impermeabilização do solo, reduzindo significativamente os riscos de contaminação ambiental decorrentes da disposição dos resíduos sólidos (Medeiros; Cabral; Lima, 2023).

A eficiência técnica do aterro sanitário fundamenta-se na indissociabilidade de três sistemas essenciais de proteção:

a) Impermeabilização de base: Emprego de barreiras compostas por argila compactada de baixa condutividade hidráulica associadas a geomembranas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), impedindo o contato do lixiviado com o solo e o lençol freático;

b) Drenagem e tratamento de lixiviados: Captura contínua do chorume por meio de redes tubulares perfuradas, direcionando o efluente para estações de tratamento biológico ou físico-químico, garantindo o atendimento aos padrões de lançamento antes do descarte nos corpos receptores. O tratamento adequado do lixiviado constitui uma etapa fundamental para o desempenho ambiental dos aterros sanitários, considerando a elevada complexidade química desse efluente e seu potencial poluidor quando lançado sem tratamento adequado (Pereira; Oliveira; Nascentes, 2023).

c) Manejo e queima do biogás: Captação do metano por drenos verticais e horizontais, promovendo sua queima em queimadores de alta eficiência para conversão em CO_2 ou sua valorização energética para geração de eletricidade, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e possibilitando o aproveitamento energético do biogás (Dias; Balieiro; Pedreiro, 2024).

Os benefícios dessa infraestrutura consolidam-se na salubridade das áreas urbanas, controle das emissões atmosféricas, eliminação de vetores biológicos e proteção integral dos recursos hídricos (ABRELPE, 2022). Dessa forma, os aterros sanitários representam a alternativa tecnicamente mais segura para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, contribuindo para a redução dos impactos ambientais, a proteção da saúde pública e o

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

atendimento às exigências estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Dias; Balieiro; Pedreiro, 2024).

Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos

A gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos (GIRSU) constitui uma abordagem sistêmica que engloba todas as etapas do gerenciamento dos resíduos, desde sua geração até a disposição final ambientalmente adequada. Esse modelo busca articular ações de redução, reutilização, reciclagem, tratamento e destinação final, considerando simultaneamente aspectos ambientais, sociais, econômicos e institucionais. Segundo Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), a gestão integrada deve ser planejada de forma abrangente, incorporando diferentes tecnologias e estratégias de manejo para minimizar os impactos ambientais e maximizar a eficiência dos sistemas de gestão de resíduos.

Nesse contexto, a gestão integrada ultrapassa a visão tradicional centrada apenas na coleta e disposição final dos resíduos, incorporando instrumentos voltados à prevenção da geração, à valorização dos materiais recicláveis e ao fortalecimento da economia circular. A adoção de sistemas integrados contribui para a redução da demanda por áreas de disposição final, diminuição dos custos operacionais e mitigação dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado dos resíduos.

Além dos benefícios ambientais, a gestão integrada desempenha importante papel social ao promover a inclusão dos catadores de materiais recicláveis em programas de coleta seletiva e reciclagem. A integração desses trabalhadores aos sistemas formais de gerenciamento contribui para a geração de renda, fortalecimento da cidadania e ampliação das taxas de recuperação de materiais recicláveis, constituindo um dos pilares da sustentabilidade na gestão dos resíduos urbanos.

A coleta seletiva constitui instrumento essencial da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos, permitindo a segregação dos materiais recicláveis na fonte geradora, reduzindo a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários e favorecendo a inclusão socioeconômica dos catadores. Além de contribuir para o aumento das taxas de reciclagem, essa prática promove o aproveitamento de recursos que retornam ao ciclo produtivo, reduzindo a extração de matérias-primas e os impactos ambientais associados ao consumo de recursos naturais (BRASIL, 2010; UNEP, 2024).

De acordo com o relatório Global Waste Management Outlook 2024, elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), os sistemas de gestão integrada são fundamentais para enfrentar o crescimento da geração de resíduos em escala mundial,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

reduzindo emissões de gases de efeito estufa, preservando recursos naturais e promovendo padrões mais sustentáveis de produção e consumo. O relatório destaca que a transição para modelos baseados na economia circular e no conceito de lixo zero representa uma das principais estratégias para a sustentabilidade ambiental das cidades contemporâneas.

No Brasil, os princípios da gestão integrada foram incorporados à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, incentiva a coleta seletiva, a logística reversa e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Dessa forma, a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos configura-se como instrumento essencial para a redução dos impactos ambientais dos lixões, ampliação da reciclagem e fortalecimento da sustentabilidade na administração pública municipal (BRASIL, 2010).

Legislação brasileira de resíduos sólidos

O ordenamento jurídico brasileiro referente ao setor experimentou avanços significativos com a sanção da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Este diploma legal estabeleceu o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e impôs o encerramento das práticas de vazadouros a céu aberto até agosto de 2014.

Não obstante o mandamento legal, limitações orçamentárias crônicas, escassez de corpo técnico nos municípios e falhas de planejamento impediram a adesão da maioria das administrações locais às metas estabelecidas (ABRELPE, 2022). Conforme relatórios técnicos e diagnósticos publicados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2022), a carência de mecanismos contínuos de financiamento e a lentidão na estruturação de arranjos consorciados intermunicipais atuaram como os principais fatores restritivos para a transição tecnológica e encerramento dos passivos ambientais nas municipalidades de pequeno porte.

Buscando equacionar esse déficit de conformidade, a promulgação da Lei nº 14.026, de 2020 (Novo Marco Legal do Saneamento Básico), reestruturou os prazos para a disposição final ambientalmente adequada de forma escalonada, balizada pelo porte populacional dos municípios e sua localização político-administrativa. Capitais e regiões metropolitanas tiveram como limite o ano de 2021; municípios com mais de 100 mil habitantes, o ano de 2022; cidades de médio porte (50 mil a 100 mil habitantes), o horizonte de 2023; e, por fim, os municípios com população inferior a 50 mil habitantes receberam extensão de prazo até agosto de 2024 (BRASIL, 2020).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A despeito da dilação dos prazos e das sanções previstas, a erradicação dos lixões permanece inconclusa. Diagnósticos consolidados pela ABREMA (2023) demonstram que, enquanto a região Sudeste apresenta maior índice de destinação adequada em aterros sanitários devido à viabilidade econômica de arranjos metropolitanos, regiões como o Norte e o Nordeste ainda concentram elevados percentuais de municípios dependentes de lixões e aterros controlados. Esse cenário perpetua o que a literatura qualifica como assimetria federativa, onde municípios de pequeno porte permanecem periféricos aos investimentos estruturais de engenharia sanitária, evidenciando que a existência da lei, isoladamente, é insuficiente se desacompanhada de governança integrada e viabilidade econômico-financeira de escala regional.

Dessa forma, observa-se que, embora o Brasil disponha de um arcabouço legal robusto para a gestão dos resíduos sólidos urbanos, persistem desafios relacionados à capacidade técnica, financeira e institucional dos municípios. Nesse contexto, a ampliação da destinação ambientalmente adequada por meio de aterros sanitários e o fortalecimento de políticas públicas integradas tornam-se fundamentais para a superação dos passivos ambientais decorrentes dos lixões.

2. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, de natureza exploratória e descritiva, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e análise documental integrada. O delineamento metodológico adotado teve como objetivo mapear os impactos ambientais, sociais e sanitários decorrentes da utilização de lixões no Brasil, bem como evidenciar a importância dos aterros sanitários como alternativa tecnicamente adequada para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

O levantamento dos dados e a coleta do referencial analítico foram realizados nos meses de maio e junho de 2026. Para a composição do corpus de análise, estabeleceu-se um recorte temporal compreendido entre os anos de 2010 e 2026. A escolha de 2010 como marco inicial justifica-se pela promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), enquanto o ano de 2023 corresponde ao período mais recente com dados estatísticos consolidados disponibilizados por órgãos e instituições do setor.

A estratégia de busca foi estruturada em duas frentes complementares: pesquisa bibliográfica e pesquisa documental.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio de consultas às bases SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico e Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Foram utilizados, de forma combinada, os descritores “Lixões”, “Impactos Ambientais”, “Aterros Sanitários” e “Política Nacional de Resíduos Sólidos”.

A Tabela 1 apresenta os critérios de inclusão e exclusão adotados na seleção dos estudos analisados.

Tabela 1. Critérios de inclusão e exclusão dos estudos selecionados

Artigos científicos, teses, dissertações e livros que abordassem lixões, aterros sanitários, gestão de resíduos sólidos urbanos e impactos ambientais.	Estudos duplicados
Estudos publicados entre 2010 e 2026, período correspondente à vigência da Política Nacional de Resíduos Sólidos e à atualização do tema.	Publicações sem relação direta com os objetivos da pesquisa.
Documentos oficiais e relatórios institucionais, como ABRELPE, ABREMA, MMA, IBGE, ONU e UNEP.	Estudos voltados exclusivamente para resíduos industriais, hospitalares ou perigosos sem relação com resíduos sólidos urbanos.
Trabalhos nacionais e internacionais relacionados aos aspectos ambientais, sociais, sanitários, legais e técnicos da gestão de resíduos sólidos.	Publicações sem acesso ao texto completo ou com informações insuficientes para análise.
Estudos que apresentassem informações sobre impactos dos lixões, funcionamento de aterros sanitários, legislação ambiental ou gestão integrada de resíduos sólidos.	Trabalhos que não apresentassem metodologia ou dados compatíveis com a temática investigada.
Obras clássicas e referências técnicas amplamente reconhecidas na área, como Tchobanoglous *et al.* (1993) e Monteiro (2001).	Resumos simples, editoriais, artigos de opinião e materiais sem fundamentação científica.

A pesquisa documental concentrou-se no levantamento de dados secundários quantitativos e qualitativos de abrangência nacional e regional. As fontes consultadas incluíram documentos oficiais do Ministério do Meio Ambiente (MMA), os panoramas anuais da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), além dos indicadores disponibilizados pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Os materiais selecionados foram submetidos à técnica de análise de conteúdo categorial. Os dados extraídos das fontes bibliográficas e documentais foram organizados e analisados em três eixos temáticos: (I) impactos ambientais, sociais e sanitários decorrentes dos lixões; (II) desigualdades regionais relacionadas à destinação final dos resíduos sólidos urbanos; e (III) avanços e desafios do cumprimento da legislação brasileira voltada à gestão dos resíduos sólidos, com destaque para a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Novo Marco Legal do Saneamento Básico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Situação nacional da destinação dos resíduos sólidos

Os dados nacionais sobre a destinação final dos resíduos sólidos urbanos demonstram que o Brasil ainda enfrenta desafios significativos para alcançar a universalização de práticas ambientalmente adequadas. Conforme mapeado no ano de 2023, apenas uma fração dos municípios opera em conformidade com os parâmetros técnicos ideais de preservação. A distribuição dessa infraestrutura nos municípios brasileiros encontra-se sistematizada na Tabela 2.

Tabela 2. Destinação final dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros (2023)

Tipo de destinação	Municípios (%)
Lixões	31,9
Aterros controlados	18,7
Aterros sanitários	28,6

Fonte: IBGE (2023).

Cabe destacar que os percentuais apresentados na Tabela 2 não são mutuamente excludentes e, portanto, não totalizam 100%. Conforme a metodologia adotada pelo IBGE na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2023, foram considerados os municípios que possuíam pelo menos uma unidade de disposição final de resíduos sólidos, sendo permitida a contabilização de mais de uma forma de destinação em uma mesma localidade. Dessa forma, um município pode registrar simultaneamente a presença de lixão, aterro controlado e/ou aterro sanitário, especialmente em contextos de transição entre modelos de gerenciamento ou de utilização complementar de diferentes estruturas de disposição final. Assim, os percentuais devem ser interpretados como a proporção de municípios que possuem cada modalidade de destinação, e não como categorias excludentes entre si.

Esses resultados evidenciam que, apesar dos avanços promovidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei nº 12.305/2010), uma parcela expressiva dos municípios brasileiros (50,6%, somando lixões e aterros controlados) não conseguiu implementar

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

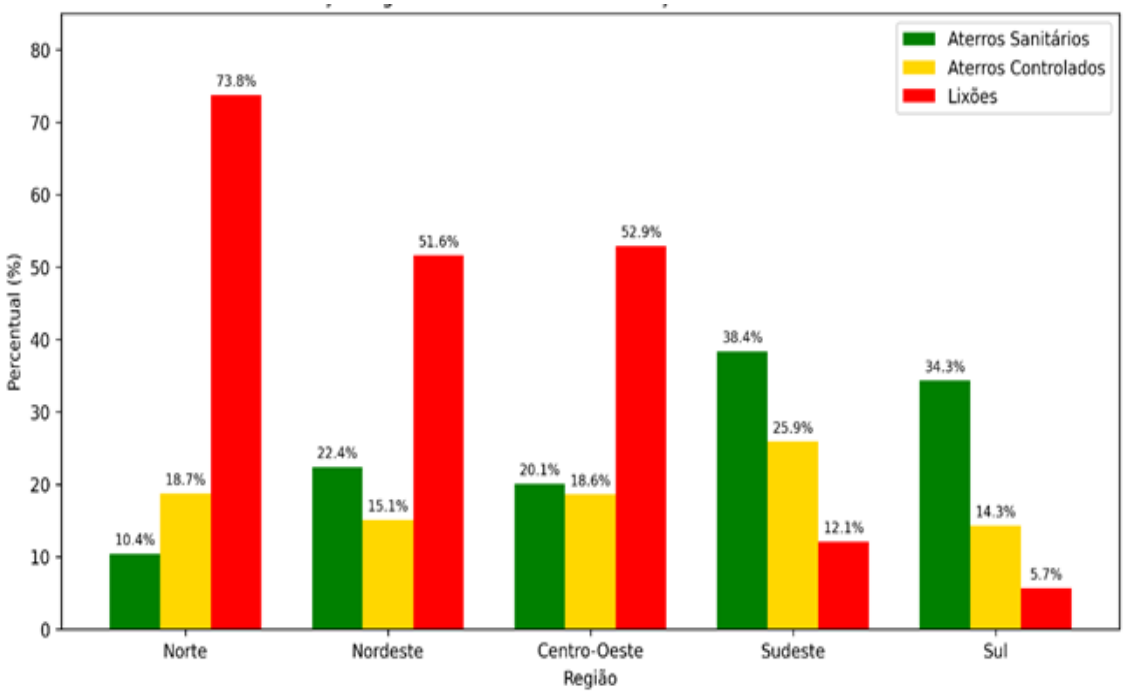
sistemas adequados de gerenciamento. A permanência de 31,9% das cidades utilizando lixões a céu aberto expõe as severas barreiras orçamentárias e técnicas enfrentadas pelas administrações locais para cumprir as metas legais, especialmente em territórios periféricos.

Além dos graves impactos sanitários locais, essa realidade compromete diretamente o protagonismo internacional do país frente à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), operando como obstáculos estruturais para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com destaque para a saúde e bem-estar (ODS 3), água potável e saneamento (ODS 6), cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11), consumo e produção responsáveis (ODS 12), ação contra a mudança global do clima (ODS 13) e proteção dos ecossistemas terrestres (ODS 15).

Análise integrada das assimetrias e desigualdades regionais

Ao regionalizar os indicadores de destinação final, as assimetrias socioeconômicas e de capacidade de investimento entre as macrorregiões do país tornam-se evidentes. O comportamento simultâneo dessas variáveis de descarte pode ser observado de forma agregada no Gráfico 1.

Gráfico 1. Distribuição regional das formas de destinação final dos resíduos sólidos



Fonte: Elaborado pelos autores com base em ABREMA (2023) e IBGE (2023).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A interpretação do Gráfico 1 expõe um cenário de profunda desigualdade estrutural. As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste concentram os maiores índices de descarte inadequado. Os resultados encontrados corroboram estudos que identificam fortes desigualdades regionais na gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. Segundo Jacobi e Besen (2011), a implementação das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos encontra obstáculos relacionados à limitada capacidade institucional e financeira dos municípios brasileiros, especialmente aqueles de pequeno porte. Nesse contexto, as elevadas proporções de lixões observadas nas regiões Norte e Nordeste refletem não apenas deficiências de infraestrutura, mas também dificuldades históricas de planejamento, arrecadação e acesso a recursos destinados ao saneamento ambiental.

De forma semelhante, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2022) destaca que a dispersão territorial, as grandes distâncias logísticas e a reduzida formação de consórcios intermunicipais constituem fatores que dificultam a implantação de soluções ambientalmente adequadas para a disposição final dos resíduos. Esses aspectos ajudam a explicar a persistência de índices elevados de descarte inadequado nas regiões menos desenvolvidas economicamente, mesmo após mais de uma década da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A Região Norte apresenta o cenário mais crítico, com 73,8% de seus municípios dependentes de lixões, seguida pelo Centro-Oeste (52,9%) e pelo Nordeste (51,6%). Em contrapartida, os menores índices de vazadouros a céu aberto são registrados no Sul (5,7%) e no Sudeste (12,1%), regiões que, historicamente, concentram os maiores percentuais de destinação para aterros sanitários (34,3% e 38,4%, respectivamente).

Os elevados percentuais de utilização de lixões observados nas regiões Norte e Nordeste refletem desigualdades históricas relacionadas à infraestrutura de saneamento, à capacidade financeira dos municípios e à disponibilidade de suporte técnico para a gestão dos resíduos sólidos urbanos. Em grande parte dessas localidades, especialmente nos municípios de pequeno porte, a limitada arrecadação tributária e as extensas distâncias geográficas dificultam a implantação e a manutenção de aterros sanitários. De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2022), a insuficiente formação de consórcios intermunicipais e a escassez de investimentos públicos constituem fatores determinantes para a permanência de formas inadequadas de destinação final dos resíduos.

A persistência de aterros controlados — que operam como uma faixa intermediária de transição, com forte presença no Sudeste (25,9%) e Centro-Oeste (18,6%) — demonstra que

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

muitos municípios se encontram em um estágio intermediário de remediação, embora tais estruturas ainda careçam dos sistemas robustos de proteção ambiental próprios de um aterro sanitário, como a captação de gases e tratamento completo de chorume.

A permanência de lixões e aterros controlados em parcela significativa dos municípios brasileiros indica a continuidade de importantes impactos ambientais. A ausência de sistemas adequados de impermeabilização e tratamento do chorume favorece a contaminação do solo e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Além disso, a decomposição da matéria orgânica em condições inadequadas resulta na emissão de metano, um gás de elevado potencial de aquecimento global, contribuindo para o agravamento das mudanças climáticas e para o descumprimento das metas ambientais assumidas pelo Brasil. Sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável, esses resultados reforçam a interpretação de que os desafios relacionados à destinação final dos resíduos sólidos extrapolam a dimensão ambiental e envolvem aspectos institucionais, econômicos e sociais. Conforme destacado pela literatura especializada, a gestão inadequada dos resíduos está associada ao aumento dos riscos à saúde pública, à degradação dos recursos naturais e à ampliação das desigualdades socioambientais. Dessa forma, a permanência de lixões em parcela significativa dos municípios brasileiros representa não apenas um problema de saneamento, mas também um obstáculo para o alcance das metas de desenvolvimento sustentável estabelecidas em âmbito nacional e internacional.

As variações regionais identificadas nos dados evidenciam desigualdades na infraestrutura e na capacidade de gestão dos resíduos sólidos urbanos nas somatórias das bases de dados regionais (como o teto superior verificado na região Norte ou as margens residuais nas regiões Sul e Sudeste) decorrem de fatores de governança e subnotificação reportados pela ABREMA (2024). Em áreas de menor densidade demográfica e baixo suporte técnico, prefeituras de pequeno porte frequentemente operam com sistemas mistos ou descentralizados de descarte, gerando registros concomitantes em inventários declaratórios voluntários, enquanto pequenas partes dos registros sofrem com a ausência de declarações formais recorrentes, sendo corrigidas apenas por levantamentos censitários estruturados como o do IBGE.

Implicações legais e o cenário pós-2024

A distribuição desigual documentada no encerramento do recorte temporal desta pesquisa evidencia que os mecanismos de pressão jurídica isolados não foram suficientes para induzir a conformidade ambiental nos municípios de pequeno porte. Embora a PNRS de 2010 tenha determinado a erradicação dos lixões até 2014, limitações financeiras e estruturais geraram sucessivas prorrogações, culminando nos prazos escalonados do Novo Marco Legal do

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), cujo limite expirou em agosto de 2024 para as cidades de menor escala.

O panorama verificado após esse prazo confirma que a imposição de penalidades legais, desacompanhada de fontes sustentáveis de financiamento e de ganho de escala, perpetua o descumprimento da legislação. Cidades com população inferior a 50 mil habitantes enfrentam severas dificuldades para implantar as taxas ou tarifas de manejo de RSU previstas na legislação de 2020, dada a resistência política local e o baixo poder aquisitivo da população. Sem atratividade para investimentos privados ou capacidade orçamentária para custear aterros sanitários individuais complexos, a consolidação de consórcios intermunicipais regionalizados e o aporte de subsídios federais surgem como as únicas medidas capazes de reduzir os impactos socioambientais que ainda comprometem o saneamento nacional.

Os resultados obtidos sugerem que a persistência dos lixões não pode ser atribuída exclusivamente à gestão municipal. Trata-se de uma problemática estrutural relacionada às desigualdades federativas brasileiras, uma vez que municípios de pequeno porte frequentemente não dispõem de recursos financeiros, capacidade técnica ou escala operacional suficientes para implantar e manter aterros sanitários próprios. Nesse contexto, a ampliação dos consórcios intermunicipais e o fortalecimento do apoio técnico e financeiro por parte dos governos estaduais e federal tornam-se estratégias fundamentais para a universalização da destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar os impactos ambientais, sociais e sanitários decorrentes da utilização de lixões no Brasil, bem como discutir a importância dos aterros sanitários como alternativa ambientalmente adequada para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos. A análise da literatura especializada, dos documentos institucionais e dos indicadores nacionais permitiu compreender que a permanência dos lixões continua sendo um dos principais entraves para a sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos no país, mesmo após mais de uma década da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Os resultados evidenciaram que os lixões permanecem associados a diversos impactos negativos, incluindo a contaminação do solo e dos recursos hídricos pelo chorume, a emissão de gases de efeito estufa, especialmente o metano, a proliferação de vetores de doenças e a exposição de populações vulneráveis, como os catadores de materiais recicláveis, a condições precárias de trabalho e riscos à saúde. Tais efeitos demonstram que os problemas decorrentes

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

da disposição inadequada dos resíduos extrapolam a dimensão ambiental, configurando também uma questão social, econômica e de saúde pública.

O estudo também demonstrou que os aterros sanitários representam a alternativa tecnicamente mais segura para a destinação final dos rejeitos, uma vez que dispõem de sistemas de impermeabilização, drenagem e tratamento de lixiviados, além de mecanismos de controle e aproveitamento energético do biogás. Entretanto, a análise dos dados nacionais revelou que parcela significativa dos municípios brasileiros ainda não conseguiu substituir integralmente os lixões e aterros controlados por estruturas adequadas, evidenciando dificuldades relacionadas à capacidade financeira, técnica e institucional das administrações locais.

Outro aspecto relevante identificado foi a existência de profundas desigualdades regionais na gestão dos resíduos sólidos urbanos. As regiões Norte e Nordeste apresentam os maiores índices de utilização de lixões, enquanto Sul e Sudeste concentram os maiores percentuais de destinação adequada. Esse cenário demonstra que o cumprimento da legislação não depende exclusivamente da existência de instrumentos normativos, mas também da disponibilidade de recursos financeiros, apoio técnico e mecanismos de cooperação entre os entes federativos.

Como principal contribuição, esta pesquisa reúne e sistematiza evidências recentes sobre a situação dos lixões no Brasil, relacionando aspectos ambientais, sociais, legais e institucionais em uma abordagem integrada. Além disso, o estudo reforça a importância da gestão integrada dos resíduos sólidos, da ampliação da coleta seletiva, da valorização da reciclagem e do fortalecimento dos consórcios intermunicipais como estratégias fundamentais para a superação dos desafios ainda existentes.

Entre as limitações da pesquisa, destaca-se a utilização de dados secundários obtidos por meio de revisão bibliográfica e análise documental, sem a realização de investigações de campo ou estudos de caso específicos. Dessa forma, os resultados refletem uma análise em escala nacional, podendo não contemplar particularidades locais relacionadas à gestão dos resíduos sólidos em determinados municípios ou regiões.

Por fim, recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a avaliação da efetividade dos consórcios intermunicipais, dos mecanismos de financiamento previstos no Novo Marco Legal do Saneamento Básico e das políticas de inclusão dos catadores nos sistemas formais de gestão de resíduos. Também se mostra relevante investigar os impactos econômicos e ambientais da ampliação da coleta seletiva e da economia circular, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes para a erradicação dos lixões e para o fortalecimento da sustentabilidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022. São Paulo: ABRELPE, 2022. Disponível em: https://abrelpe.org.br/. Acesso em: 28 mai. 2026.

ABREMA – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. Panorama Setorial dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. Brasília: ABREMA, 2023. Disponível em: https://abrema.org.br/. Acesso em: 15 jun. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). Com 3 mil lixões ativos, Brasil ainda tem dificuldades no descarte adequado do lixo. São Paulo: ABREMA, 29 ago. 2024. Disponível em: abrema.org.br. Acesso em: 21 jun. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: planalto.gov.br. Acesso em: 21 jun. 2026.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: planalto.gov.br. Acesso em: 21 jun. 2026.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Plano Nacional de Resíduos Sólidos: Planares. Coordenação de André Luiz Felisberto França *et al.* Brasília, DF: MMA, 2022. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 21 jun. 2026.

DIAS, Fernanda Boldim; BALIEIRO, Lucas Tarlau; PEDREIRO, Marcelo. Aterros sanitários: gestão de resíduos sólidos e sustentabilidade ambiental. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 10, n. 12, 2024. DOI: https://doi.org/10.51891/rease.v10i12.17465.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Perfil dos Municípios Brasileiros: gestão do saneamento básico: limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais: 2023. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. 161 p. Disponível em: ibge.gov.br. Acesso em: 21 jun. 2026.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, H. Lee; J. Romero (ed.). Genebra: IPCC, 2023. p. 35-115. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados, São Paulo, v. 25, n. 71, p. 135-158, abr. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-40142011000100010. Acesso em: 20 mai. 2026.

MEDEIROS, Átila Monique; CABRAL, Fabisleine Vieira; LIMA, Luanna Oliveira. Sistemas de proteção ambiental em aterros sanitários. Revista Foco, v. 16, n. 11, 2023. DOI: https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n11-210

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

MONTEIRO, José Henrique Penido *et al.* Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Coordenação técnica de Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOREIRA, Lucas Mychell; DOURADO, Mayra Drogomirecki; UCKER, Fernando Ernesto; MORAIS, Lucas Salomão Rael de. Avaliação de risco ambiental em lixões a céu aberto: perspectivas e desafios para a gestão sustentável de resíduos sólidos. Revista UniAraguaia, [s. l.], v. 20, n. 3, 2025. Disponível em: uniaraguaia.edu.br. Acesso em: 21 jun. 2026.

MOREIRA, R. P.; COSTA, E. P. A.; PEREIRA, M. M.; SANTOS JUNIOR, G. R.; SOUZA, M. T. P. Condições de vida, saúde e trabalho de catadores de resíduos sólidos recicláveis: uma revisão integrativa. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 12, n. 4, 2026.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111–124, jun. 2008. Disponível em: scielo.br. Acesso em: 23 jun. 2026.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/91221-transformando-nosso-mundo-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel. Acesso em: 21 jun. 2026.

PEREIRA, Barbara Costa; OLIVEIRA, Jaime Lopes da Mota; NASCENTES, Alexandre Lioi. Discussões sobre as alternativas de tratamento de lixiviado de aterro sanitário no Brasil diante do desafio dos contaminantes emergentes. HOLOS, 2023. DOI: https://doi.org/10.15628/holos.2023.11424.

TCHOBANOGLOUS, George; THEISEN, Hilary; VIGIL, Samuel. Integrated Solid Waste Management: engineering principles and management issues. New York: McGraw-Hill, 1993.
UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource. Nairobi: UNEP, 2024. Disponível em: https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024. Acesso em: 21 jun. 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.