



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Características e manejo dos resíduos sólidos urbanos em distritos rurais no interior do Amazonas

Gabriel dos Anjos Guimarães¹, Camila Amorim dos Santos², Daiana Thalisy da Silva Mitouso³, Maureen Rebelo Rosário⁴, Klívia Lúcia Glória Pantoja⁵, Mariana Medeiros Batista⁶, Rodrigo Couto Alves⁷

¹Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Av. Augusto Corrêa S/N, Guamá, Belém, PA, 66075-110, Brasil. E-mail: gaguimaraes09@gmail.com (autor correspondente). ²Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Rodovia AM-010, km 261, Campus 2, Itacoatiara, Amazonas, 69.109-899, Brasil. E-mail: camilaengenharia2017@gmail.com. ³Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Rodovia AM-010, km 261, Campus 2, Itacoatiara, Amazonas, 69.109-899, Brasil. E-mail: thalisymitouso@gmail.com. ⁴Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Rodovia AM-010, km 261, Campus 2, Itacoatiara, Amazonas, 69.109-899, Brasil. E-mail: maureenrebelo@gmail.com. ⁵Universidade Federal de Ouro Preto Campus Universitário, Morro do Cruzeiro Ouro Preto, Minas Gerais, 35400-000, Brasil. E-mail: kliviapantoja14@gmail.com. ⁶Professora Adjunta, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Rodovia AM-010, km 261, Campus 2, Itacoatiara, Amazonas, 69.109-899, Brasil. E-mail: marianabatista@ufam.edu.br. ⁷Professor Adjunto, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Rodovia AM-010, km 261, Campus 2, Itacoatiara, Amazonas, 69.109-899, Brasil. E-mail: rcouto@ufam.edu.br.

Artigo recebido em 25/08/2023 e aceito em 06/03/2024

RESUMO

A problemática ambiental oriunda da gestão dos resíduos sólidos é considerada uma questão mundial, principalmente em áreas rurais que não apresentam estruturas de saneamento básico. O presente estudo teve como objetivo analisar a situação atual das características e manejo de resíduos sólidos de áreas rurais do município de Itacoatiara/AM. Inicialmente, foi realizado uma caracterização quali-quantitativa dos resíduos sólidos gerados nos distritos rurais no mês de novembro de 2022. Além disso, no mesmo período foi realizado uma análise do manejo dos resíduos sólidos, envolvendo todas as etapas do gerenciamento. Os resultados mostraram uma alta geração de resíduos orgânicos para os distritos de Lindóia (50%) e Novo Remanso (46%) quando comparada as demais classes de resíduos. A estimativa da quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados nos distritos rurais de Lindóia e Novo Remanso do município de Itacoatiara foi de 8.680,13 kg.dia⁻¹, 260.403,90 kg.mês⁻¹ e 3.124.846,80 kg.ano⁻¹. Quanto ao manejo dos resíduos analisados, foi possível observar a carência nas formas de acondicionamento dos resíduos sólidos, sendo que a coleta e o transporte são realizados por meio de veículos basculantes sem a utilização de lonas e encaminhados diretamente para lixões a céu aberto, sem nenhuma forma de triagem ou recuperação dos resíduos sólidos urbanos. Os resultados chamam atenção para a realidade da gestão de resíduos sólidos, que sem a devida valorização, proporcionam impactos sobre o meio ambiente e a saúde pública nas comunidades rurais do município de Itacoatiara/AM.

Palavras-chave: gerenciamento, destinação final, impacto ambiental, saúde pública, região Amazônica.

Characteristics and management of urban solid waste in rural districts in the interior of the Amazon

ABSTRACT

The environmental problem arising from solid waste management is considered a global issue, especially in rural areas that do not have basic sanitation facilities. This study aimed to analyze the current situation of the characteristics and management of solid waste in rural areas of the municipality of Itacoatiara/AM. Initially, a qualitative and quantitative characterization of the solid waste generated in the rural districts in November 2022 was carried out. In addition, in the same period, an analysis of the management of solid waste was carried out, involving all stages of management. The results showed a high generation of organic waste for the districts of Lindóia (50%) and Novo Remanso (46%) when compared to the other classes of waste. The estimated amount of urban solid waste generated in the rural districts of Lindóia and Novo Remanso in the municipality of Itacoatiara was 8,680.13 kg.day⁻¹, 260,403.90 kg.month⁻¹ and 3,124,846.80 kg.year⁻¹. As for the management of the waste analyzed, it was possible to observe the lack of ways of packaging solid waste, with collection and transport being carried out by tipping vehicles without the use of tarpaulins and sent directly to open-air dumps, without any form of sorting or recovery of urban solid waste. The results draw attention to the reality of solid waste management, which without proper valuation has impacts on the environment and public health in rural communities in the municipality of Itacoatiara, Amazonas.

Keywords: management, final destination, environmental impact, public health, Amazon region.

Introdução

O consumo substancial de energia e bens, associado ao aumento constante da população e aos elevados padrões de vida, resulta em níveis significativos de produção de resíduos sólidos (Nanda e Berruti, 2021). Os resíduos sólidos podem ser originados de diversas fontes, incluindo domésticas, atividades de manufatura, processos industriais e resíduos sólidos urbanos (RSU) (Khan et al., 2022). Estima-se que a produção global de resíduos sólidos alcance a marca de 3,4 bilhões de toneladas até 2050 (Banco Mundial, 2019), sendo que o crescimento mais expressivo ocorrerá em países em desenvolvimento (Ayeleru et al. 2020), o que exercerá uma pressão adicional sobre os serviços municipais (Ma e Hipel, 2016; Odonkor et al., 2020).

De acordo com o panorama relatado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2022 a geração dos RSU no Brasil foi de 81,8 milhões de toneladas, com uma geração *per capita* de 381 kg/hab/ano. Além disso, os RSU coletados em 2022 foi de 76,1 milhões de toneladas, com uma cobertura de coleta de 93% no país, destacando que 5,6 milhões de toneladas de RSU não foram objeto de coleta e, consequentemente, tiveram um destino inadequado (Abrelpe, 2022).

A maior parte dos estudos sobre o gerenciamento de RSU está centrada em áreas urbanas densamente povoadas (Azevedo et al., 2021; Fereja e Chemed, 2022; Singhal et al., 2022; Pujara et al., 2023). No entanto, são escassos os estudos que caracterizam o manejo de RSU em áreas rurais (Fadhullah et al., 2022; Hemidat et al., 2022; Vinti e Vaccari, 2022). Nessas regiões, caracterizadas pela ausência de serviços de saneamento básico (Santos e Cordeiro, 2021) e pela falta de coleta de RSU e programas educacionais ambientais, observa-se um elevado potencial de poluição (Vinti e Vaccari, 2022). Além disso, a dinâmica de geração de RSU nessas comunidades é impactada pelo novo estilo de vida (Teixeira e Fernandes, 2018). Essas regiões enfrentam desafios na gestão de RSU, sendo a principal causa a carência de incentivo e investimento em políticas públicas direcionadas para apoio financeiro em infraestrutura e logística (Han et al., 2018).

No Brasil, um passo importante foi dado com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) constituída pela Lei 12.305/10 (Brasil, 2010). Além desse, o estado do Amazonas publicou, em 2017, a Lei nº 4.457/2017, que estabelece a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas – PERS/AM (Amazonas, 2017), em

combinação com as diretrizes acentuadas pela Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010).

Apesar dos notáveis avanços na gestão de RSU decorrentes da implementação da PNRS, muitos municípios brasileiros ainda adotam práticas inadequadas para a destinação final dos RSU, acarretando diversos impactos ambientais (Araújo et al., 2019). Esses impactos incluem, por exemplo, problemas relacionados ao odor (Gomes et al., 2020; Borba et al., 2021; Nascimento et al., 2022), presença de animais, movimentação de terra (Nascimento et al., 2022) e a contaminação de poços utilizados para abastecimento de água destinada ao consumo humano (Souza et al., 2021). Essa realidade se mostra ainda mais prejudicial nas áreas rurais, onde a presença de resíduos perigosos (Matos, 2019) e a ausência de um gerenciamento de resíduos adequado (Lima e Paulo, 2018) resultam em danos diretos e indiretos ao meio ambiente (Jin et al., 2015; Li et al., 2016) e à saúde pública (He e Zhang, 2014; Hu et al., 2017).

No estado do Amazonas, a gestão de RSU é precária, com os municípios realizando a coleta e transporte dos resíduos para disposição em lixões a céu aberto (Alves et al., 2020; Guimarães et al., 2023). Nas comunidades rurais, a ausência de estudos relacionados às fontes de geração de RSU, assim como à quantidade e composição desses resíduos, dificulta a implementação de programas de gestão de RSU que visem a redução dos impactos ambientais. Diante desse cenário, o objetivo deste estudo foi caracterizar e quantificar os resíduos gerados, além de relatar as práticas de manejo dos RSU na zona rural do município de Itacoatiara, no Amazonas. O propósito é fortalecer o entendimento sobre a gestão de RSU, seus impactos ambientais e consequências para a saúde pública em comunidades rurais.

Materiais e métodos

Caracterização da área de estudo

O município de Itacoatiara está localizado na região metropolitana de Manaus, no Amazonas, e possui uma população de 104.046 habitantes (Ibge, 2022). O município possui três vilas que são distritos rurais, sendo Novo Remanso, Lindóia e Engenho. O presente estudo foi realizado nos distritos rurais de Novo Remanso e Lindóia, devido ao quantitativo de pessoas envolvido na equipe e à infraestrutura de acesso.

O distrito de Novo Remanso (Figura 1a), está situado nas coordenadas 3°13'6''S 59°1'33''W, e seu acesso por via rodoviária é através da AM-010 e pelo Ramal de Novo Remanso. Quanto ao distrito de Lindóia (Figura

1b), está situado entre as coordenadas 02°54'45,40" S 59°03'58,56" W e seu acesso por via rodoviária é por meio da AM-010 que interliga Manaus a Itacoatiara (Km 176). A população

estimada do distrito de Novo Remanso é de 4.834 habitantes e para o distrito de Lindóia é 1.662 habitantes (Ibge, 2022).

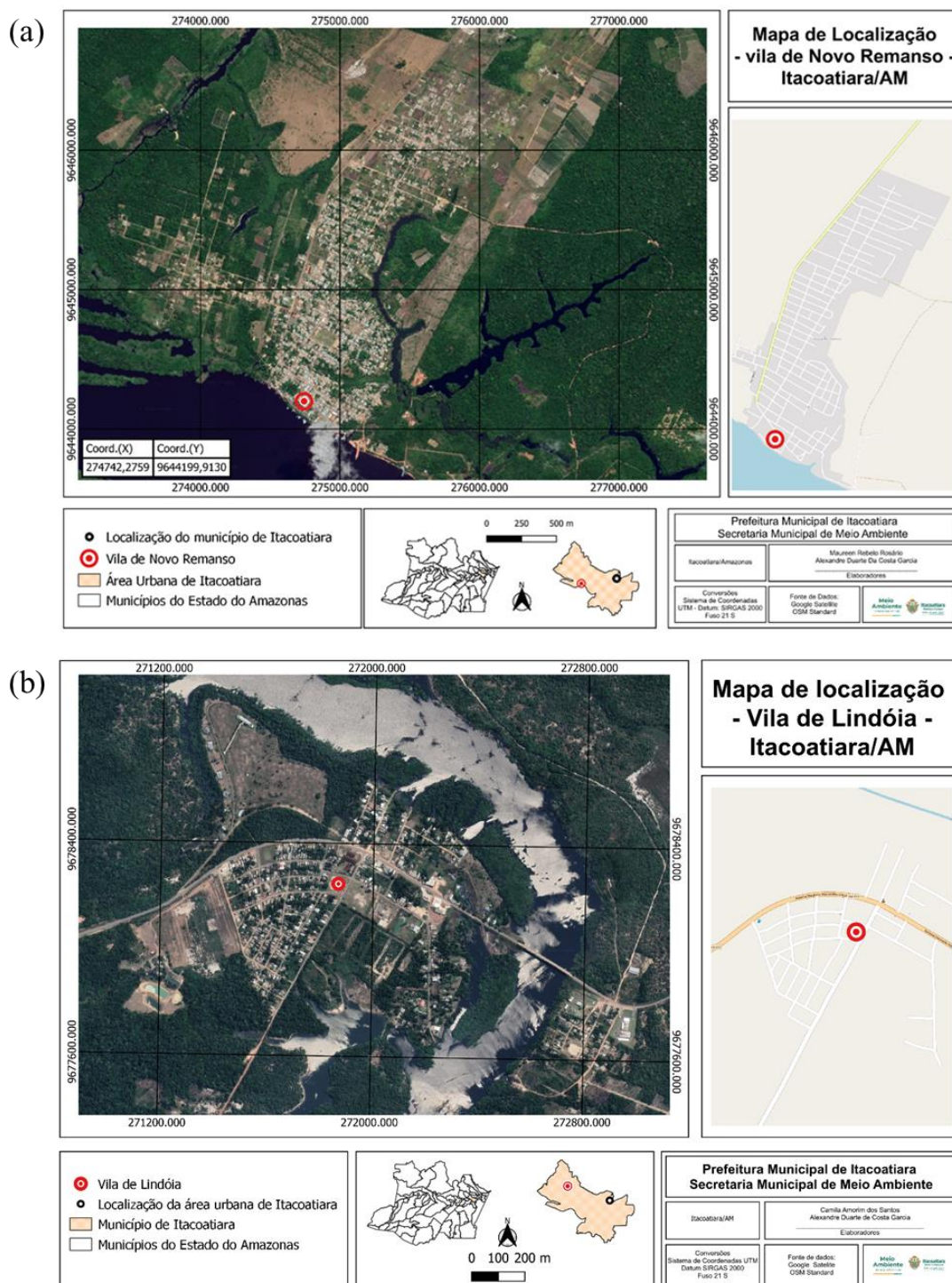


Figura 1. Localização dos distritos de Novo Remanso (a) e Lindóia (b) no município de Itacoatiara, no estado do Amazonas.

Determinação da composição gravimétrica

A geração de RSU foi estimada com base em suas propriedades físicas, especialmente a composição gravimétrica. Essa característica reflete os percentuais, geralmente em peso, das

diversas frações dos materiais presentes nos RSU (Monteiro et al., 2001).

A caracterização física dos RSU destinados à disposição final nos distritos foi conduzida em três etapas sequenciais: i)

capacitação dos servidores de varrição da Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEMINFRA) da Prefeitura Municipal de Itacoatiara/AM para a realização da amostragem dos resíduos (Figura 2a); ii) formação de pilhas de resíduos e coleta de amostras de RSU (Figura 2b a 2e) e; iii) ensaio gravimétrico dos resíduos (Figura 2f a 2i).

Devido ao acúmulo de RSU nos distritos de Lindóia e Novo Remanso, tornou-se necessário obter uma amostra representativa de cada pilha de resíduos, a fim de subsidiar a realização da composição gravimétrica. Dessa forma, foi realizado o procedimento de amostragem para obtenção de amostras para análise da composição física, recomendado por Vilhena (2018) e aplicado por Guimarães e Batista (2021).

Seguindo os procedimentos relacionados à composição gravimétrica em cada distrito, inicialmente foram coletadas quatro amostras, sendo três na base e laterais e uma no topo, dos resíduos provenientes da descarga dos caminhões (Abnt, 2004; Vilhena, 2018). Para a pilha de resíduo resultante da descarga de caminhão, foram coletados aproximadamente 200 litros de RSU em um tambor metálico de volume equivalente para cada dia de coleta. No total, foram coletados 800

litros de resíduos das pilhas provenientes dos veículos de coleta, sendo 400 litros originários do distrito de Lindóia e outros 400 litros do distrito de Novo Remanso (Figura 2b-e).

Após a coleta das amostras de RSU das pilhas utilizando os tambores, os resíduos foram transportados por um veículo até uma área específica previamente determinada no município de Itacoatiara para a realização do ensaio gravimétrico. Esse ensaio foi conduzido separadamente para cada distrito, permitindo a obtenção de informações detalhadas sobre cada área. Para isso, foi obtido o peso específico dos RSU em cada distrito rural, através da metodologia de Rezende et al. (2013), onde relaciona a massa da amostra (kg) pelo volume da amostra (m³). Em seguida, os sacos foram abertos com o auxílio de equipamentos manuais, como enxadas e pás. Os resíduos foram então misturados e espalhados sobre uma lona plástica para formar uma amostra homogênea (Figura 2f-g) (Guimarães e Batista, 2021). Por fim, os resíduos dispostos sobre a lona foram separados em classes conforme descrito no estudo de Guimarães e Batista (2021), colocados em sacos plásticos e quantificados utilizando uma balança digital, como ilustrado nas Figuras 2h e 2i.



Figura 2. Procedimento para obter a amostra definitiva dos resíduos sólidos urbanos provenientes dos distritos rurais de Itacoatiara. Treinamento da equipe responsável pela varrição da SEMINFRA (a). Veículo de coleta de resíduos em operação (b). Área de descarregamento do caminhão de coleta (c). Processo de descarregamento do caminhão (d). Montante de resíduos resultantes da operação de descarga do caminhão (e). Preparação da amostra, incluindo a ruptura das sacolas e a homogeneização da amostra (f). Separação da amostra de resíduos para análise (g). Quantificação das amostras separadas (h). Equipe designada para realizar o ensaio gravimétrico nos distritos (i).

Estimativa dos resíduos gerados

Objetivando estimar a quantidade diária de RSU coletados nos distritos de Lindóia e Novo Remanso, foram avaliados o volume dos veículos utilizados na coleta e o número de vezes que esses veículos acessam a área de disposição final. Em média, os veículos de coleta desses distritos possuem uma capacidade volumétrica de 15m³ e realizam entre duas e dez descargas diárias na área de disposição final para o descarregamento dos RSU.

Para determinar a quantidade de RSU coletados em cada distrito do município de Itacoatiara, foi aplicada a seguinte expressão matemática (Equação 1) para cada distrito.

$$Er = Y \times V \times E \quad (1)$$

Onde:

Er = Estimativa de Geração de Resíduos (kg);

Y = Peso Específico dos RSU do Distrito (kg.m⁻³);

V = Volume do Veículo de Coleta (m³);

E = Número de Entrada do Veículo na Área de Disposição Final.

Após determinar a quantidade total de RSU coletados em cada distrito, calculou-se o peso em quilogramas de cada fração analisada utilizando a seguinte expressão matemática (Equação 2), com base nos dados percentuais obtidos na composição gravimétrica de cada distrito.

$$QFR = Er \times PF \quad (2)$$

Onde:

QFR = Quantidade da Fração de Resíduos (kg);

Er = Estimativa de Geração de Resíduos (kg);

PF = Percentual da Fração de Resíduos (%).

Análise do manejo dos resíduos

A caracterização do sistema de coleta, transporte e destinação final dos RSU dos distritos de Lindóia e Novo Remanso foi obtido a partir de dados secundários, disponibilizados pelo Departamento de Manutenção e Limpeza Pública do município de Itacoatiara. Além disso, para analisar detalhadamente o sistema empregado para disposição final dos resíduos, foi realizado visitas técnicas no mesmo período da determinação da composição gravimétrica, com intuito de obter maiores detalhes sobre o funcionamento da área de disposição final.

Análise dos dados

Os dados coletados foram analisados por meio da estatística descritiva e apresentados através de porcentagens, tabelas e gráficos. A análise foi realizada usando o software RStudio.

Resultados e discussão

Composição gravimétrica

No que se refere à composição gravimétrica dos RSU gerados nos distritos rurais do município de Itacoatiara, observou-se uma significativa geração de resíduos orgânicos nos distritos de Lindóia (Figura 3a) e Novo Remanso (Figura 3b), em comparação com as outras classes de resíduos sólidos.

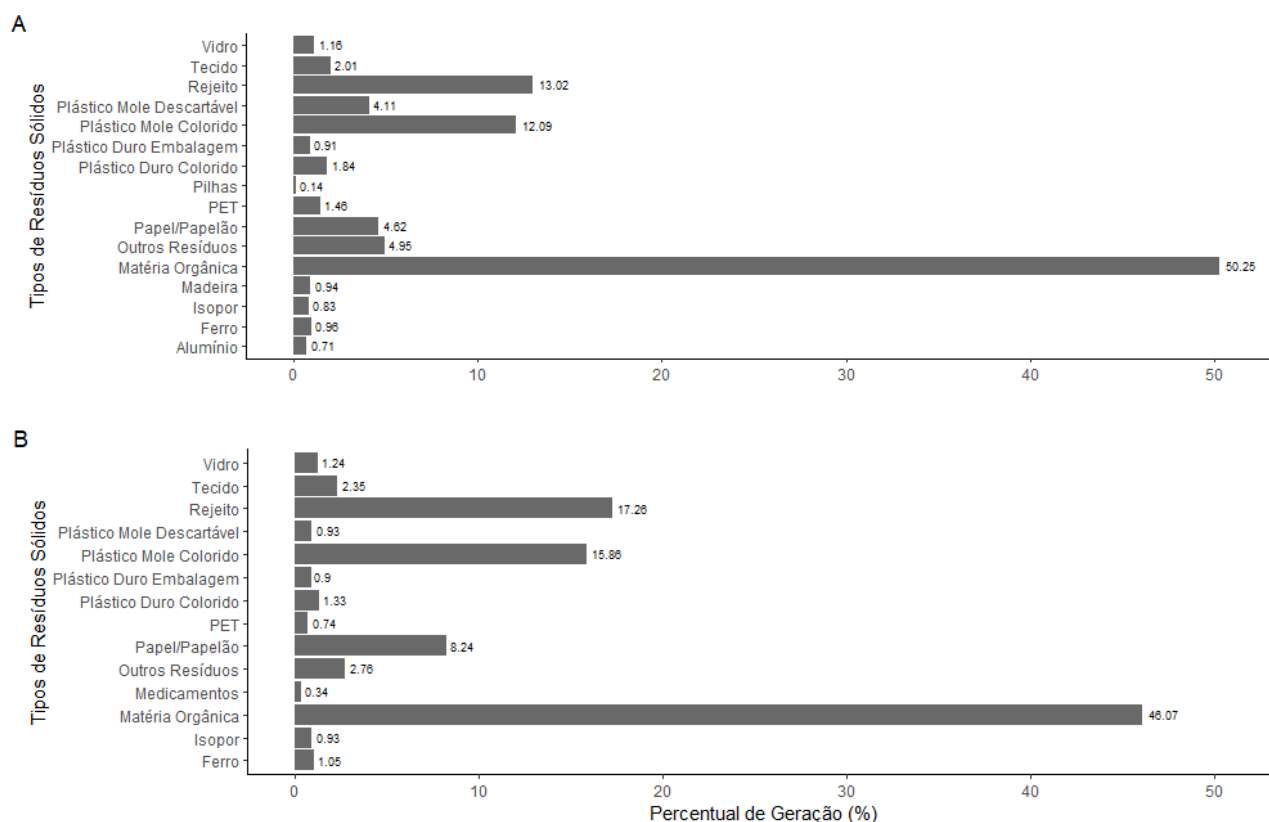


Figura 3. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados nos distritos rurais de Lindóia (A) e Novo Remanso (B) no município de Itacoatiara.

Através da análise gravimétrica, constatou-se que, nos distritos rurais do município de Itacoatiara, ocorre uma média de 48% de geração de resíduos orgânicos, os quais são diariamente encaminhados para métodos inadequados de disposição final. A implantação de uma usina de compostagem nos distritos rurais configuraria a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos (Brasil, 2010). Além disso, o distrito de Novo Remanso destaca-se por sua significativa produção agrícola (Pacheco, 2018). A incorporação de adubos (Garcia et al., 2020) e fertilizantes (Hashim et al., 2021; Höfig et al., 2022) provenientes da compostagem poderia beneficiar as comunidades locais, ao mesmo tempo em que contribuiria para a mitigação de impactos ambientais (Dhamodharan et al., 2019; Al-Rumaihi et al., 2020) e para a redução dos volumes de resíduos enviados diariamente para métodos inadequados de disposição final (Cerdeira et al., 2018; Zhou et al., 2020; Lew et al., 2021).

Além da fração de resíduos gerados nos distritos rurais, é importante ressaltar os resíduos passíveis de reciclagem, representando em média 29% dos RSU. Entre esses resíduos estão o plástico, papel/papelão, vidro, ferro e alumínio, que podem ser direcionados para a coleta seletiva (Pinha e Sagawa, 2020; Guimarães e Batista, 2021) e posteriormente reintegrados às cadeias de

produção (Pereira et al., 2023). A coleta e comercialização desses materiais junto a empresas de reciclagem podem trazer ganhos econômicos (Guimarães e Batista, 2021), além de contribuir para a redução de impactos ambientais e na saúde pública (Okwu et al., 2021). No entanto, é essencial a implementação de programas de conscientização e educação ambiental nos distritos rurais (Santos e Cordeiro, 2021; Costa et al., 2022), visando valorizar tanto os catadores formais quanto informais de materiais recicláveis (Stedile et al., 2021; Cavalcante et al., 2022), já que a renda desses trabalhadores muitas vezes depende exclusivamente da coleta de resíduos recicláveis (Krauczuk, 2019).

A partir do presente estudo, foi possível observar a geração média de 15% de resíduos caracterizados como rejeitos, sendo esses compostos por produtos não recicláveis ou não reaproveitáveis, a exemplo de resíduos sanitários domésticos. O percentual de geração dos rejeitos no presente estudo está próximo ao apresentado na média nacional que foi de 15,5% (Brasil, 2022), o qual mostra a importância da destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil, 2010).

Quanto aos outros resíduos nos distritos rurais, foi possível observar a geração média de 3,8%, sendo esses caracterizados como resíduos de

materiais de difícil identificação, bem como borrachas, capas de silicones e calçados. Além disso, foi observado a geração média de isopor nos distritos rurais de 0,88% dos RSU. Resíduos de tecidos foram identificados em todos os distritos rurais com média de geração de 2,1% RSU. Por outro lado, os resíduos de madeira foram observados somente no distrito de Lindóia com uma geração diária de 0,94% dos resíduos. Essa ausência de identificação de resíduos e a presença de tecidos, isopor e madeiras são comuns em estudos gravimétricos rurais (Bechara et al., 2019; Schoenell e Silveira, 2021) e urbanos (Menezes et al., 2019; Schoenell e Silveira, 2021), o qual traduz em confiabilidade dos dados apresentados no presente estudo.

Além disso, foi identificado que 0,24% dos RSU provenientes dos distritos rurais são classificados como resíduos perigosos, incluindo resíduos provenientes de serviços de saúde, como seringas, medicamentos, entre outros, além de pilhas. A presença desses resíduos é comum em

áreas rurais (Schoenell e Silveira, 2021) e mostra a ineficiência da conscientização da comunidade rural quanto ao descarte irregular desses resíduos (Fidelis-Medeiros et al., 2020; Bezerra e Wankler, 2023).

Estimativa dos resíduos gerados nos distritos

A estimativa da quantidade de RSU gerados nos distritos rurais de Lindóia e Novo Remanso, no município de Itacoatiara, foi de 8.680,13 kg.dia⁻¹, 260.403,90 kg.mês⁻¹ e 3.124.846,80 kg.ano⁻¹ (Tabela 1). Essa quantidade de RSU gerados nos distritos rurais, podem ser influenciadas diretamente pela concentração populacional e a renda econômica da comunidade (Liu et al., 2019). Essa alta geração de resíduos sólidos observada no presente estudo, também foi relatada em estudos de área rural (Christmann e Bassan, 2020; Schoenell e Silveira, 2021), mostrando a necessidade de atenção por parte do poder público para valorização destes resíduos.

Tabela 1. Estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos nos distritos rurais do município de Itacoatiara/AM ($\bar{Y}$ = Peso específico dos resíduos sólidos urbanos do distrito; V = Volume do veículo de coleta; E = Número de entrada do veículo na área de disposição final; E_r = Estimativa de geração de resíduos).

Distrito	$\bar{Y}$ (kg.m ⁻³)	V (m ³)	E	E_r (kg.dia ⁻¹)
Lindóia	87,58	15	2	2.627,63
Novo Remanso	40,35	15	10	6.052,5
Total				8.680,13

A partir do percentual de geração de cada fração de RSU (Figura 3) e da quantidade total gerada em cada distrito rural (Tabela 1), foi possível calcular a estimativa de geração diária para cada fração de RSU (Tabela 2). Esses resultados são de suma importância para dimensionar formas adequadas de destinação final,

como o beneficiamento dos materiais recicláveis e compostagem (Guimarães e Batista, 2021), além de métodos como a biodigestão anaeróbica, incineração (Silva et al., 2019), pirolise (Hasan et al., 2021), gaseificação (Chanthakett et al., 2021) e o uso de aterros sanitários (Lino et al., 2023).

Tabela 2. Estimativa da geração das frações de resíduos sólidos urbanos nos distritos rurais do município de Itacoatiara/AM.

Tipo de Resíduos	Distrito de Lindóia			Distrito de Novo Remanso		
	Percentual de Geração (%)	E_r (kg.dia ⁻¹)	QFR (kg.dia ⁻¹)	Percentual de Geração (%)	E_r (kg.dia ⁻¹)	QFR (kg.dia ⁻¹)
Matéria Orgânica	50,25%		1.320,38	46,07%		2.788,39
Rejeito	13,02%		342,12	17,26%		1.044,66
Plástico Mole Colorido	12,09%		317,68	15,86%		959,93
Outros Resíduos	4,95%		130,07	2,76%		167,05
Papel/Papelão	4,62%	2.627,63	121,40	8,24%	6.052,5	498,73
Plástico Mole Descartável	4,11%		108,00	0,93%		56,29
Tecido	2,01%		52,82	2,35%		142,23
Plástico Duro Colorido	1,84%		48,35	1,33%		80,50

PET	1,46%	38,36	0,74%	44,79
Vidro	1,16%	30,48	1,24%	75,05
Ferro	0,96%	25,23	1,05%	63,55
Madeira	0,94%	24,70	*	*
Plástico Duro	0,91%	23,91	0,90%	54,47
Embalagem	0,83%	21,81	0,93%	56,29
Isopor	0,71%	18,66	*	*
Alumínio	0,14%	3,68	*	*
Pilhas	*	*	0,34%	20,58
Medicamentos	100,00%	2.627,63	100,00%	6.052,50
Total				

* Ausência de resíduos no período da gravimetria.

Acondicionamento dos RSU

Quanto ao acondicionamento dos RSU no distrito de Lindóia, observou-se uma variedade de práticas, sendo comumente utilizados recipientes como lixeiras metálicas ou de madeira, assim como tambores metálicos. No entanto, é frequente encontrar resíduos armazenados em sacos plásticos pendurados ou deixados diretamente nas calçadas das residências ou vias públicas. Um cenário semelhante foi observado no distrito de Novo Remanso, onde os resíduos eram acondicionados em recipientes como máquinas de lavar, lixeiras metálicas, recipientes de madeira ou alvenaria, além de serem pendurados nas residências ou

deixados diretamente nas calçadas ou vias públicas (Figura 4).

Segundo a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas (PERS/AM), instituída pela Lei nº 4457 de 12 de abril de 2017 (Amazonas, 2017), é dever do gerador segregar e acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados. Desta forma, observa-se que os distritos rurais apresentam formas de acondicionamentos irregulares, sendo estes também apresentados em outros estudos em áreas rurais (Santos e Cordeiro, 2021; Siqueira et al., 2021), mostrando a necessidade de atenção e efetiva implementação das boas práticas do gerenciamento de resíduos sólidos (Brasil, 2010).



Figura 3. Acondicionamento em lixeiras metálicas sem tampa (a). lixeiras de máquina de lavar (b). lixeiras de alvenaria com tampa (c).

Coleta e transporte dos RSU

O serviço de coleta regular e transporte dos RSU nos distritos rurais é de responsabilidade da SEMINFRA. No distrito de Lindóia, foi observado que a coleta e transporte dos resíduos ocorrem às segundas, quartas e sextas-feiras. O distrito conta com uma frota composta por 1 caminhão caçamba basculante de 15m³ e 1 retroescavadeira, operados por 2 motoristas e 3 colaboradores responsáveis pela limpeza.

Já no distrito de Novo Remanso, a coleta e transporte dos RSU ocorrem de segunda a sexta-feira. A frota é composta por 2 caminhões caçamba basculante, cada um com volume de 15m³, e 2 pá-carregadeiras. A equipe de trabalho inclui 4 motoristas, distribuídos em 2 motoristas em cada caminhão e 2 em cada pá-carregadeira, além de 6 trabalhadores que atuam como ajudantes.

Essa abordagem de coleta e transporte de RSU também foi observada em outros estudos (Araújo et al., 2019; Siqueira et al., 2021),

contribuindo para a redução dos riscos à saúde pública e o impacto visual causado pelo descarte inadequado de resíduos sólidos. No entanto, é importante ressaltar a necessidade de utilizar lonas para cobrir as caçambas dos caminhões, visando minimizar os danos à saúde pública e ao meio ambiente (Silva e Pertel, 2020; Araújo e Gunther, 2007), um aspecto que não foi observado no presente estudo.

Destinação final dos RSU

Conforme estabelecido pela PNRS (Brasil, 2010), a destinação final ambientalmente correta dos resíduos inclui ações como reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético, além de outras formas apropriadas de destinação final. A implementação de práticas adequadas de destinação dos resíduos sólidos poderia resultar na redução da quantidade de resíduos coletados pelo serviço de coleta convencional, além de diminuir os custos associados ao transporte e manutenção dos veículos envolvidos (Zhou et al., 2020).

Entretanto, nos distritos rurais de Lindóia e Novo Remanso, não são realizadas ações de destinação final ambientalmente corretas, conforme preconizado pela PNRS. A ausência de iniciativas adequadas de gestão de resíduos sólidos nos distritos rurais pode estar relacionada à

escassez de recursos financeiros, falta de capacitação técnica e profissional, instabilidade política e administrativa e deficiências no controle ambiental (Vilhena, 2018; Bozzini e Schalch, 2022). Esses desafios representam obstáculos significativos para a implementação de práticas sustentáveis de gestão de resíduos nessas comunidades.

Os procedimentos para a disposição final dos RSU nos distritos de Lindóia (Figura 5a) e Novo Remanso (Figura 5b) ocorrem de forma inadequada, através de lixões a céu aberto, sem cobertura da massa de resíduos, localizados em ramais provenientes da estrada AM-010. Além disso, foi observada a presença de resíduos queimados nas áreas de disposição final, uma ocorrência comum em áreas rurais (Fidelis-Medeiros et al., 2020; Santos e Cordeiro, 2021). Esse método de disposição final é considerado inadequado de acordo com o estipulado pela PNRS (Brasil, 2010), uma vez que os lixões a céu aberto têm um impacto direto na qualidade ambiental e no equilíbrio do ecossistema. Portanto, é imperativo que os distritos planejem e implementem formas de disposição final ambientalmente adequadas (Lino et al., 2023), em conformidade com os resultados deste estudo e em atendimento à legislação ambiental vigente.



Figura 4. Áreas inadequadas de disposição final nos distritos de Lindóia (a) e Novo Remanso (b).

Passivos ambientais

Conforme estabelecido pela PNRS, Lei Federal nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), é essencial que informações sobre passivos ambientais, como áreas contaminadas e medidas de remediação, sejam documentadas nos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos. Dessa forma, algumas áreas podem ser consideradas passivos ambientais devido à deposição inadequada de

diversos tipos de resíduos sólidos. Entre os resíduos depositados irregularmente nos lixões dos distritos de Lindóia e Novo Remanso, os RSU se destacam. Consequentemente, os passivos ambientais que podem surgir nos lixões a céu aberto estão relacionados ao potencial de contaminação do solo, do ar e das águas subterrâneas e superficiais devido à disposição inadequada de RSU (Figura 6).



Figura 5. Passivos ambientais nas áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos dos distritos rurais. Queima de resíduos sólidos urbanos (a). Presença de carcaça animal e vetores (b). Poça de lixiviado (c). Solo enxarcado de lixiviado (d).

As estratégias passíveis de serem utilizadas pelos municípios para eliminação dos passivos ambientais são diversas, podendo ser citadas algumas, com bases nas referências contempladas na versão do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2022):

- Obtenção de recursos junto ao Governo Federal, visando ações para encerramento de atividades de disposição inadequada de resíduos e rejeitos, bem como ações para recuperação de lixões;
- Aporte de recursos junto ao Governo Federal para ações que objetivem alcançar a universalização da coleta convencional e a ampliação da coleta seletiva;
- Obtenção de recursos junto ao Governo Federal, através de ações que promovam a redução da disposição final de resíduos, garantindo a disposição final apenas dos rejeitos;

- Consignação de linhas específicas para realização de capacitação técnica e assistência técnica, principalmente no tange a elaboração de projetos de engenharia, processo licitatório, acompanhamento do cumprimento das obras e gestão técnica, orçamentária e financeira dos estabelecimentos construídos;
- Promover, junto aos demais órgãos municipais e ao órgão estadual, a unificação dos procedimentos oriundos de licenciamento ambiental dos empreendimentos, visando uma simplificação de procedimentos, quando couber.

Conclusão

Com base nos resultados apresentados sobre as características e manejo dos resíduos sólidos urbanos em distritos rurais do interior do Amazonas, constatou-se uma geração diária de

mais de 8 toneladas de resíduos sólidos urbanos, totalizando anualmente mais de 3.124 toneladas nos distritos rurais. A maioria desses resíduos era composta por materiais orgânicos. Esses resíduos são inadequadamente acondicionados e transportados para lixões a céu aberto por meio de veículos basculantes, sem qualquer sistema de triagem. Essa deficiência no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, evidenciada neste estudo, é ainda mais preocupante devido à exposição da população rural a queimadas, vetores e contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas.

Por fim, este estudo destaca a urgente necessidade de atenção por parte do poder público para a gestão dos resíduos sólidos urbanos em distritos rurais, visando à valorização dos resíduos de forma a minimizar os impactos ambientais e proteger a saúde pública das comunidades rurais do município de Itacoatiara/AM.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Itacoatiara/AM, em especial a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Secretaria Municipal de Infraestrutura pelo fornecimento de material e dados para a realização do estudo.

Referências

- Abnt, 2004. NBR 10.007: Amostragem de Resíduos Sólidos. Disponível: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6014/nbr10007-amostragem-de-residuos-solidos>. Acesso: 10 ago. 2023.
- Abrelpe, 2022. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso 20 jan. 2023.
- Al-Rumaihi, A., Mckay, G., Mackey, H.R., Al-Ansari, T., 2020. Environmental Impact Assessment of Food Waste Management Using Two Composting Techniques. *Sustainability* 12, 1595.
- Alves, R.C., Silva, N.M., Andrade, M.V.B., Marques, E.L., 2020. Municipal Solid Waste Management in Amazonas, Brazil. *Research, Society and Development* 9, e28691211139.
- Amazonas, 2017. Lei nº 4457 de 12 de abril de 2017. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas - PERS/AM, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado, Manaus, AM, 12 abr. Disponível: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=342337#:~:text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Estadual%20de,AM%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias>. Acesso 12 jan. 2023.
- Araújo, J.M., Gunther, W.M.R., 2007. Caçambas Coletoras de Resíduos da Construção e Demolição no Contexto do Mobiliário Urbano: uma questão de saúde pública e ambiental. *Saúde e Sociedade* 16, 145-154.
- Araújo, L.G.S., Leal Júnior, C.R.M., Amorim, E.L.G., Silva, J.A., 2019. Gestão de resíduos sólidos urbanos: um diagnóstico dos municípios do sertão alagoano. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental* 8, 483-516.
- Ayeleru, O.O., Dlova, S., Akinribide, O.J., Ntuli, F., Kupolati, W.K., Marina, P.F., Blencowe, A., Olubambi, P.A., 2020. Challenges of plastic waste generation and management in sub-Saharan Africa: A review. *Waste Management* 110, 24-42.
- Azevedo, B.D., Scavarda, L.F., Caiado, R.G.G., Fuss, M., 2021. Improving urban household solid waste management in developing countries based on the German experience. *Waste Management* 120, 772-783.
- Banco Mundial, 2019. Banco Mundial Gestão de resíduos sólidos. Disponível: <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management>. Acesso: 10 fev. 2024.
- Bechara, F.C., Pasquali, L., Dickens, S.J., Martin, T.N., O'connor, P.H.P., Gerber, D., Perondi, M.A., 2019. Recyclable domestic solid waste in family farms: a case study in southern Brazil. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional* 15, 62-72.
- Bezerra, G.A.A.O., Wankler, F.L., 2023. Descarte de resíduos sólidos em aldeias indígenas de Roraima: alternativas e soluções para o saneamento rural. *Revista Brasileira de Educação Ambiental* 18, 87-96.
- Borba, W.F., Silva, J.L.S., Kemerich, P.D.C., Souza, E.E.B., Fernandes, G.D., Silva, M.G., 2021. Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR): Estudo em área no sul do Brasil. *Meio Ambiente (Brasil)* 3, 86-99.
- Bozzini, A.C., Schalch, V., 2022. A matriz SWOT como ferramenta de análise para subsidiar a criação de consórcio. *Research, Society and Development* 11, e42711225643.
- Brasil, 2010. Lei nº 12.305, de 02 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 ago. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm. Acesso 20 fev. 2023.

- Brasil, 2022. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares. Brasília, DF: MMA. 209 p. Disponível: <https://sinir.gov.br/informacoes/plano-nacional-de-residuos-solidos/>. Acesso 01 mar. 2023.
- Cavalcante, L.M.S., Caldeira, V.P.S., Sousa Júnior, F.S., 2022. Educação ambiental e catadores de materiais recicláveis: diagnóstico do trabalho dos catadores do município de Mossoró (RN). *Revista Brasileira de Educação Ambiental* 17, 318-330.
- Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrena, R., Gea, T., Sanchez, A., 2018. Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresource Technology* 248, 57-67.
- Chanthakett, A., Arif, M.T., Khan, M.M.K., Oo, A.M.T., 2021. Performance assessment of gasification reactors for sustainable management of municipal solid waste. *Journal of Environmental Management* 291, 112661.
- Christmann, I.F., Bassan, D.S., 2020. A importância da gestão integrada dos resíduos sólidos: o caso das cargas de resíduos domiciliares rurais de Santa Cruz Do Sul – RS. *Polêmica* 20, 142-162.
- Costa, D.S., Barreiros, H., Costa, A.S., 2022. Análise da percepção ambiental dos moradores da comunidade rural São José, Breves (PA). *Revista Brasileira de Educação Ambiental* 17, 292-311.
- Dhamodharan, K., Varma, V.S., Veluchamy, C., Pugazhendhi, A., Rajendran, K., 2019. Emission of volatile organic compounds from composting: A review on assessment, treatment and perspectives. *Science of the Total Environment* 695, 133725.
- Fadhullah, W., Imran, N.I.N., Ismail, S.N.S., Jaafar, M.H., Abdullah, H., 2022. Household solid waste management practices and perceptions among residents in the East Coast of Malaysia. *BMC Public Health* 22, 1-20.
- Fereja, W.M., Chemed, D.D., 2021. Status, characterization, and quantification of municipal solid waste as a measure towards effective solid waste management: The case of Dilla Town, Southern Ethiopia. *Journal of the Air & Waste Management Association* 72, 187-201.
- Fidelis-Medeiros, F.H., Lunardi, V.O., Lunardi, D.G., 2020. Proposta de Gestão Adequada de Resíduos Sólidos Domiciliares em Comunidades Rurais Utilizando Análise Espacial. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13, 527-543.
- Garcia, S.S.R., Pereira, D.R., Dutra, M.L.S., Ribeiro, A.W.P., Menezes, K.D.C., Cruz, R.F., Miranda, R.C.M., Gerude Neto, O.J.A., 2020. Análise comparativa de adubos orgânicos oriundos de diferentes tipos de compostagem. *Saúde e Ambiente* 8, 115-126.
- Gomes, P.N., Carvalho, C.S., Lopes, L.S., Pereira, L.C., Silva, M.M., Rocha, I.L., Batista, A.N., 2020. Uma aplicação do índice de qualidade do aterro (IQR) na área de disposição dos resíduos sólidos urbanos do município de Corrente-PI. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental* 9, 445-459.
- Guimarães, G.A., Batista, M.M., 2021. Avaliação do potencial de reciclagem dos resíduos sólidos urbanos na região central do município de Itacoatiara/AM. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental* 10, 260-276.
- Guimarães, G.A.G., Santos, C.A., Mitouso, D.T.S., Rosário, M.R., Garcia, A.D.C., Kuwano, R.T., Alves, R.C., Oliveira, B.O.S., 2023. Avaliação das Áreas de Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos de Itacoatiara, Amazonas. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science* 12, 49-62.
- Han, Z., Liu, Y., Zhong, M., Shi, G., Li, Q., Zeng, D., Zhang, Y., Fei, Y., Xie, Y., 2018. Influencing factors of domestic waste characteristics in rural areas of developing countries. *Waste Management* 72, 45-54.
- Hasan, M.M., Rasul, M.G., Khan, M.M.K., Ashwath, N., Jahirul, M.I., 2021. Energy recovery from municipal solid waste using pyrolysis technology: A review on current status and developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 145, 111073.
- Hashim, A.A., Kadir, A.A., Ibrahim, M.H., Halim, S., Sarani, N.A., Hassen, M.I.H., Hamid, N.J.A., Hashar, N.N.H., Hissham, N.F.N., 2021. Overview on food waste management and composting practice in Malaysia. *AIP Conference Proceedings* 2339, 020181.
- He, K., Zhang, J., 2014. Ecological value of reuse of agricultural waste-comparative analysis of the willingness to pay of the new generation farmers and the old generation farmers. *Chinese Rural Economy* 5, 62-85.
- Hemidat, S., Achouri, O., El Fels, L., Elagroudy, S., Hafidi, M., Chaouki, B., Ahmed, M., Hodgkinson, I., Guo, J., 2022. Solid Waste Management in the Context of a Circular Economy in the MENA Region. *Sustainability* 14, 480.
- Höfig, P., Martins, E.S., Broetto, T., Giasson, E., Silva, G.M.F., 2022. Avaliação da qualidade de um fertilizante produzido por compostagem conjunta de materiais orgânicos e rochas

- moídas. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 15, e9820.
- Hu, Y., Cheng, H., Tao, S., 2017. Environmental and human health challenges of industrial livestock and poultry farming in China and their mitigation. *Environment International* 107, 111-130.
- Ibge, 2022. Censo 2022. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/itacoatiara.html>. Acesso: 10 ago. 2023.
- Jin, S., Bluemling, B., Mol, A.P., 2015. Information, trust and pesticide overuse: interactions between retailers and cotton farmers in China. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 72, 23-32.
- Khan, S., Anjum, R., Raza, S.T., Bazai, N.A., Ihtisham, M., 2022. Technologies for municipal solid waste management: Current status, challenges, and future perspectives. *Chemosphere* 288, 132403.
- Krauczuk, H.A., 2019. Reciclagem. *Revista Científica FESPPR Publica* 3, 1-18.
- Lew, P.S., Nik Ibrahim, N.N.L., Kamarudin, S., Thamrin, N.M., Misnan, M.F., 2021. Optimization of Bokashi-Composting Process Using Effective Microorganisms-1 in Smart Composting Bin. *Sensors* 21, 2847.
- Li, F., Cheng, S., Yu, H., Yang, D., 2016. Waste from livestock and poultry breeding and its potential assessment of biogas energy in rural China. *Journal of Cleaner Production* 126, 451-460.
- Lima, P.M., Paulo, P.L., 2018. Solid-waste management in the rural area of Brazil: a case study in Quilombola communities. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 20, 1583-1593.
- Lino, F.A.M., Ismail, K.A.R., Castañeda-Ayarza, J.A., 2023. Municipal solid waste treatment in Brazil: A comprehensive review. *Energy Nexus* 11, 100232.
- Liu, J., Li, Q., Gu, W., Wang, C., 2019. The Impact of Consumption Patterns on the Generation of Municipal Solid Waste in China: Evidences from Provincial Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16, 1717.
- Ma, J., Hipel, K.W., 2016. Exploring social dimensions of municipal solid waste management around the globe – A systematic literature review. *Waste Management* 56, 3-12.
- Matos, L.R., 2019. Uso de agrotóxicos e gestão de resíduos sólidos em propriedades de agricultura familiar em Rondônia. *Revista Presença Geográfica* 6, 1-13.
- Menezes, R.O., Castro, S.R., Silva, J.B.G., Teixeira, G.P., Silva, M.A.M., 2019. Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 24, 271-282.
- Monteiro, J.H.P., Figueiredo, C.E.M., Magalhães, A.F., Melo, M.A.F., Brito, J.C.X., Almeida, T.P.F., Mansur, G.L., 2001. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM. Disponível: <https://www.ibam.org.br/estudos?temas=35&busca=Palavra-chave&page=2>. Acesso: 20 mar. 2023.
- Nanda, S., Berruti, F., 2021. Municipal solid waste management and landfilling technologies: a review. *Environmental Chemistry Letters* 19, 1433-1456.
- Nascimento, W.P., Rodrigues, E.A., Billacres, M.A.R., Rabelo, F.D.B., 2022. Educação ambiental: uma análise geográfica do lixo a céu aberto na cidade de Itamarati (AM). *Revista Brasileira de Educação Ambiental* 17, 133-152.
- Odonkor, S.T., Frimpong, K., Kurantin, N., 2020. An assessment of house-hold solid waste management in a large Ghanaian district. *Heliyon* 6, e03040
- Okwu, O., Hursthouse, A., Viza, E., Idoko, L., 2021. Enhancement of WEEE Management Practices in MTN Phone Village, Rumukurushi, Port Harcourt, Nigeria. *Recycling* 6, 77.
- Pacheco, M.V., 2018. Análise do potencial agroturístico de um distrito municipal de Itacoatiara (AM). *Revista Brasileira de Ecoturismo* 11, 120-131.
- Pereira, N., Antunes, J., Barreto, L., 2023. Impact of Management and Reverse Logistics on Recycling in a War Scenario. *Sustainability* 15, 3835.
- Pinha, A.C.H., Sagawa, J.K., 2020. A system dynamics modelling approach for municipal solid waste management and financial analysis. *Journal of Cleaner Production* 269, 122350.
- Pujara, Y., Govani, J., Patel, H.T., Pathak, P., Mashru, D., Ganesh, S., 2023. Quantification of environmental impacts associated with municipal solid waste management in Rajkot city, India using Life Cycle Assessment. *Environmental Advances* 12, 100364.
- Santos, L., Cordeiro, R.M., 2021. Manejo de resíduos sólidos na comunidade rural Boca da Mata - Jardim-CE. *Research, Society and Development* 10, e442101623342.
- Schoenell, E.K., Silveira, T.A., 2021. Economic analysis of solid waste gravimetric composition in a City of 60,000 inhabitants in Brazil. *Studies*

- in Environmental and Animal Sciences 3, 172-189.
- Silva, E.R., Toneli, J.T.C.L., Palacios-Bereche, R., 2019. Estimativa do potencial de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos usando modelos matemáticos de biodigestão anaeróbia e incineração. Engenharia Sanitária e Ambiental 24, 347-357.
- Singhal, A., Gupta, A.K., Dubey, B., Ghangrekar, M.M., 2022. Seasonal characterization of municipal solid waste for selecting feasible waste treatment technology for Guwahati city, India. Journal of the Air & Waste Management Association 72, 147-160.
- Siqueira, D.C.C., Baía, H.V.M., Silva, I.S., Farias, J.S., Lopes, L.P.G., Sousa, M.F., Andrade, E.C.L., 2021. Gestão de resíduos sólidos domiciliares na área rural da comunidade Perola do Maicá em Santarém-PA. In: ambiente & sociedade: concepções, fundamentos, diálogos e práticas para conservação da natureza. Guarujá, SP: Científica Digital.
- Souza, D.E.S., Mendes, A.C., Franco, L.N., Araújo, A.S., Ishihara, J.H., 2021. Qualidade da água subterrânea para consumo humano em área de influência de lixão desativado. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica 14, 747-766.
- Stedile, N.L.R., Camardelo, A.M.P., Cioata, F.M., 2021. Educação ambiental no ensino formal para o correto manejo de resíduos. Revista Brasileira de Educação Ambiental 16, 96-113.
- Teixeira, N.S., Fernandes, A.C., 2018. Destinação de resíduos sólidos de uma comunidade na zona rural de Xapuri – AC. Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias 3, 31-45.
- Vilhena, A., 2018. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 4a ed., CEMPRE. Disponível: <https://cempre.org.br/manuais/>. Acesso: 20 mar. 2023.
- Vinti, G., Vaccari, M., 2022. Solid Waste Management in Rural Communities of Developing Countries: An Overview of Challenges and Opportunities. Clean Technologies 4, 1138-1151.
- Zhou, X., Yang, J., Xu, S., Wang, J., Zhou, Q., Li, Y., Tong, X., 2020. Rapid in-situ composting of household food waste. Process Safety and Environmental Protection 141, 259-266.