

## **Caracterização dos resíduos sólidos urbanos de um aterro consorciado no agreste alagoano: uma abordagem metodológica por regionalização**

**Characterization of urban solid waste from a consortium landfill in the Alagoas agreste: a methodological approach by regionalization**

**Caracterización de los residuos sólidos urbanos de un vertedero de consorcio en el agreste de Alagoas: un enfoque metodológico por regionalización**

Recebido: 12/09/2022 | Revisado: 18/09/2022 | Aceitado: 19/09/2022 | Publicado: 27/09/2022

**Mayco Sullivan Araujo de Santana**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8624-107X>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: [mayco.sullivan@hotmail.com](mailto:mayco.sullivan@hotmail.com)

**José Fernando Thomé Jucá**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8956-7905>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: [jucah@ufpe.br](mailto:jucah@ufpe.br)

**Nélia Henriques Callado**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2393-555X>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [nelia.callado@yahoo.com.br](mailto:nelia.callado@yahoo.com.br)

**Esterphany Cerqueira de Carvalho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6566-5885>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: [esterphanycerqueira28@hotmail.com](mailto:esterphanycerqueira28@hotmail.com)

**Luiz Antônio Gomes de Barros Pontes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3596-4198>

Instituto Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [luizantoniopontes@outlook.com](mailto:luizantoniopontes@outlook.com)

### **Resumo**

A caracterização dos resíduos sólidos urbanos é de grande importância na tomada de decisão da gestão de um aterro sanitário, pois permite obter informações relevantes no estudo e aplicação de modelos de gestão adequados e eficientes, nomeadamente em matéria de recolha, transporte, valorização e tratamento dos resíduos produzidos. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo obter dados representativos dos RSU do aterro consorciado do agreste alagoano através da sua composição gravimétrica. Para isso foi utilizado a regionalização da área de influência do aterro em que cada região separada foi selecionada municípios que pudessem apresentar uma amostra representativa de RSU da localidade. Os resíduos separados foram feitas o método do quarteamento para melhor homogeneização. Os resultados mostram que a composição gravimétrica dos RSU do aterro possui a matéria orgânica com maior índice (47,24%), seguido de plástico rígido/flexível (22,35%) e resíduos sanitários (11,06%). Em menores quantidades a borracha (0,90%), couro (0,22%) e madeira (0,20%). Os percentuais obtidos neste estudo podem permitir a gestão do aterro e municípios a planejar ações de intervenção visando melhorias no gerenciamento de resíduos das cidades e no aumento da vida útil do aterro sanitário.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos; Composição gravimétrica; Aterro sanitário.

### **Abstract**

The characterization of urban solid waste is of great importance in the decision making of the management of a sanitary landfill, as it allows to obtain relevant information in the study and application of adequate and efficient management models, namely in terms of collection, transport, recovery and treatment of the waste produced. In this context, the present work aims to obtain representative data of MSW from the consortium landfill in the Alagoas agreste through its gravimetric composition. For this, the regionalization of the area of influence of the landfill was used, in which each separate region was selected municipalities that could present a representative sample of MSW in the locality. The separated residues were made using the quartering method for better homogenization. The results show that the gravimetric composition of the landfill MSW has the highest organic matter (47.24%), followed by rigid/flexible plastic (22.35%) and sanitary waste (11.06%). In smaller amounts, rubber (0.90%), leather (0.22%) and wood (0.20%). The percentages obtained in this study may allow landfill management and municipalities to plan

intervention actions aimed at improving waste management in cities and increasing the useful life of the sanitary landfill.

**Keywords:** Solid waste; Gravimetric composition; Sanitary landfill.

### Resumen

La caracterización de los residuos sólidos urbanos es de gran importancia en la toma de decisiones de la gestión de un relleno sanitario, ya que permite obtener información relevante en el estudio y aplicación de modelos de gestión adecuados y eficientes, en particular en materia de recolección, transporte, valorización y tratamiento de los residuos producidos. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo obtener datos representativos de los RSU del vertedero del consorcio en el agreste de Alagoas a través de su composición gravimétrica. Para ello se utilizó la regionalización del área de influencia del relleno sanitario, en la que de cada región por separado se seleccionaron municipios que pudieran presentar una muestra representativa de RSU en la localidad. Los residuos separados se realizaron utilizando el método de cuarteo para una mejor homogeneización. Los resultados muestran que la composición gravimétrica de los RSU del relleno sanitario es la que presenta mayor contenido de materia orgánica (47,24 %), seguido del plástico rígido/flexible (22,35 %) y los residuos sanitarios (11,06 %). En menor cantidad, caucho (0,90%), cuero (0,22%) y madera (0,20%). Los porcentajes obtenidos en este estudio podrán permitir a la gerencia del relleno sanitario y a los municipios planificar acciones de intervención encaminadas a mejorar la gestión de residuos en las ciudades y aumentar la vida útil del relleno sanitario.

**Palabras clave:** Residuos sólidos; Composición gravimétrica; Vertedero.

## 1. Introdução

A geração e gestão de resíduos sólidos municipais continua a ser um problema sério para as administrações públicas em todo o mundo, especialmente em termos de tratamento e destinação final (Drudi, et al., 2019; Schoenell & Da Silveira, 2022).

Apesar da Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelecer prazos e metas para que os municípios realizem a gestão adequada dos resíduos, de modo que os materiais sejam destinados de maneira adequada para se impedir impactos ao meio ambiente através do tratamento e da reutilização dos mesmos, além de planos de gerenciamento, dados do Sistema Nacional de Informações Sanitárias (SNIS), indicam que apenas 38% dos municípios brasileiros possuem coleta seletiva, apenas 1030 usinas de triagem e 1232 cooperativas de catadores. Essa estrutura do país foi capaz de reciclar apenas 5,6% de todos os resíduos recicláveis gerados em 2018. Além disso, apenas 0,34% de toda a matéria orgânica gerada no Brasil em 2018 foram destinadas à compostagem (Snis, 2018).

Os municípios, em especial, aqueles que não possuem uma gestão estruturada neste setor, ou ainda, municípios de pequeno porte, têm dificuldade no gerenciamento e cumprimento da legislação. Uma das soluções encontradas para o enfrentamento das dificuldades no âmbito da gestão dos resíduos, é a implementação de consórcios intermunicipais (Benedeti, 2022).

De acordo com dados do Snis (2021), no ano de 2020 existiam no Brasil 235 consórcios públicos direcionados para a gestão de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. Esse valor representa aumento de 23,7% em relação a 2019. A região Sudeste possui 81 consórcios, sendo assim a região com o maior número do país, seguida da região Nordeste com 74 consórcios, Sul com 46 e Centro-Oeste com 25. A região Norte possui apenas 9 consórcios, sendo a região com menor número do país.

Para estabelecer políticas públicas de gestão de resíduos sólidos, é fundamental conhecer as características dos resíduos, por meio de um diagnóstico e caracterização (Schoenell & Da Silveira, 2022). O gerenciamento dos resíduos sólidos deve-se iniciar pela sua caracterização, uma vez que esta possibilita maior compreensão acerca da quantidade e da qualidade dos resíduos. A obtenção da composição gravimétrica de uma determinada localidade é de grande importância para a avaliação da possibilidade de aproveitamento comercial das frações recicláveis, bem como da fração orgânica para a produção de composto orgânico (Menezes, et al., 2019).

A análise de composição gravimétrica possibilita determinar o percentual dos diferentes materiais que compõem os

resíduos em termos de massa, visando à diversificação de seu tratamento, através da valorização dos materiais, em forma de reciclagem, compostagem e de seu potencial energético (Farias, 2018).

A Caracterização dos diferentes tipos de materiais que são encontrados nos resíduos é importante para definir formas de disposição final mais adequada, implantação de sistemas de tratamento, subsidiar sistemas de coleta seletiva, dimensionar a frota, o tipo de veículo coletor e o número de funcionários para o serviço de coleta (Galdino & Martins, 2016; Farias, 2018).

De acordo com Kim (2019), a composição gravimétrica dos resíduos de uma localidade varia de acordo com alguns fatores como parâmetros econômicos, sazonalidade, clima, geografia, fatores políticos, culturais, normativos e legais. Além disso, hábitos nutricionais regulamentações vinculadas ao tipo de resíduo e às possibilidades de recuperação deles também podem influenciar na composição gravimétrica e quantidade de resíduos (Ozcan, et al., 2016).

Obter a caracterização, próximo da realidade, dos resíduos de um aterro consorciado se torna difícil, pois vários municípios, com características diversificadas, de várias regiões do estado dispõem os RSU.

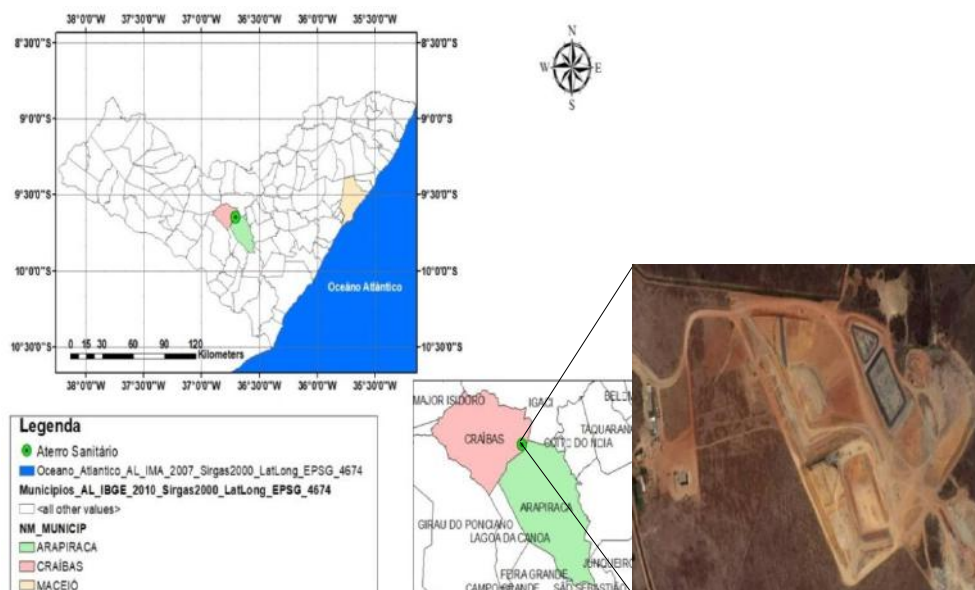
Diante disto, o trabalho possui como proposta obter resultados efetivamente representativos dos resíduos que são dispostos no Aterro Sanitário da região do Agreste Alagoano através da sua composição gravimétrica, apresentando como contribuição científica uma metodologia para um aterro consorciado através da análise dos resíduos por regionalização, em que cada grupo da região foram selecionadas cidades com maior representatividade populacional e com rotas diferenciadas, de forma a abranger fatores geográficos, econômicos e culturais que possam representar toda a área de influência.

## 2. Metodologia

O aterro sanitário em estudo localiza-se no estado de Alagoas, na região do agreste, entre os municípios de Arapiraca e Craibas, sob as coordenadas centrais de Latitude  $9^{\circ}38'41''S$  e Longitude  $36^{\circ}42'09''W$ . A

Figu apresentam o mapa de localização e uma vista aérea do aterro sanitário.

**Figura 1 - Localização do Aterro Sanitário do Agreste Alagoano.**

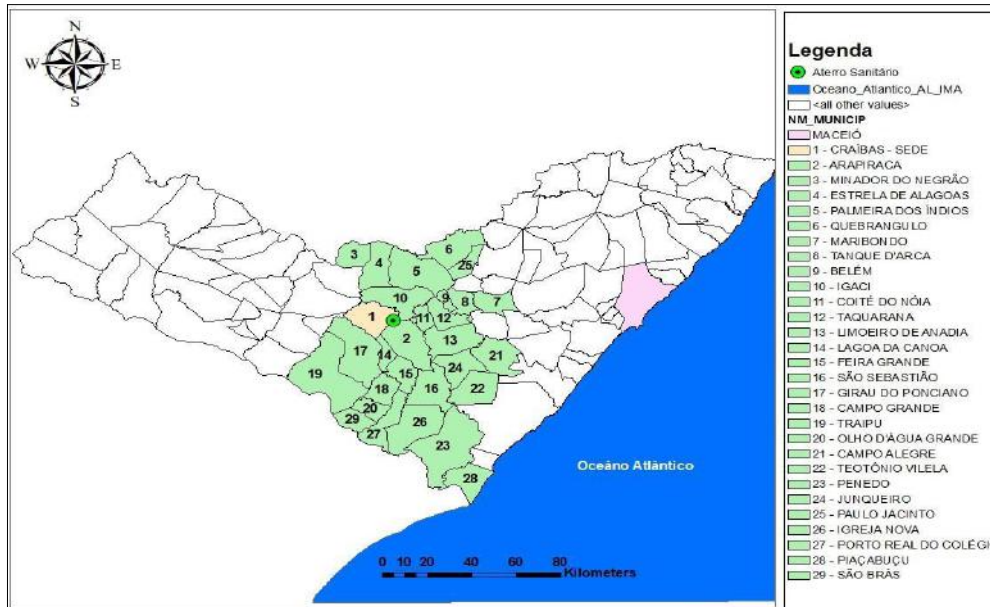


Fonte: Autores (2022).

O aterro foi construído para atender ao Consorcio Regional de Resíduos Sólidos do Agreste Alagoano (CONAGRESTE). O consorcio é instituído por Lei Federal nº 11.107/2005, regulamentada pelo Decreto nº 6.107/2007,

atualmente conta com 19 municípios integrantes. No entanto, o aterro recebe resíduos de mais 10 cidades e empresas privadas. A Fig 2 mostra o mapa dos municípios que dispõem os resíduos sólidos no CONAGRESTE.

**Figura 2** - Mapa dos municípios integrantes do aterro.

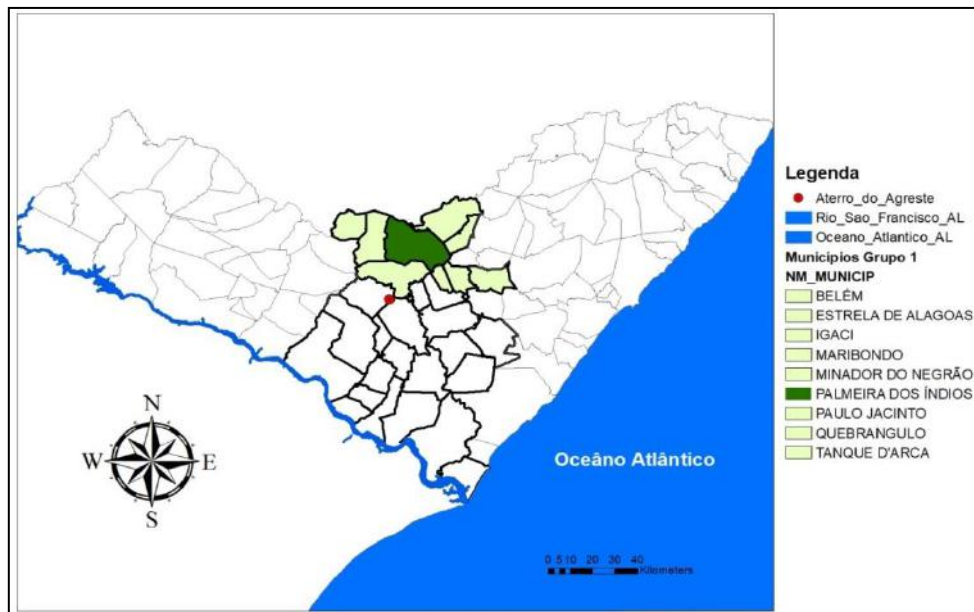


Fonte: Autores (2022).

A caracterização dos resíduos que são dispostos no aterro foi feita por meio de análises gravimétricas, realizadas na área do aterro sanitário. Para essas análises foram coletadas amostras provenientes de 5 cidades que integram o Consócio, de forma que representassem, de fato, os resíduos sólidos depositados no aterro sanitário. Para isso foi realizada uma metodologia por regionalização, de modo a selecionar cidades em áreas distintas na região de modo que fosse possível obter uma amostra representativa do todo.

A regionalização foi feita em 3 grupos e em cada grupo selecionada uma cidade com maior representatividade dentro do mesmo. Os municípios selecionados foram: Arapiraca, Campo Alegre, Teotônio Vilela, Palmeira dos Índios e Penedo. Juntas, essas cidades somam cerca de 50% da totalidade dos habitantes que integram o consócio, para caracterização dos outros 50% da população foi feita uma média ponderada com base nos dados obtidos. Os critérios adotados para a seleção destas cidades foram feitas com base nas questões culturais e a localização geográfica dessas em relação ao aterro sanitário. O Grupo 1 representa as cidades que estão próximas à fronteira com o estado de Pernambuco, a cidade escolhida nesse grupo foi Palmeiras dos Índios,

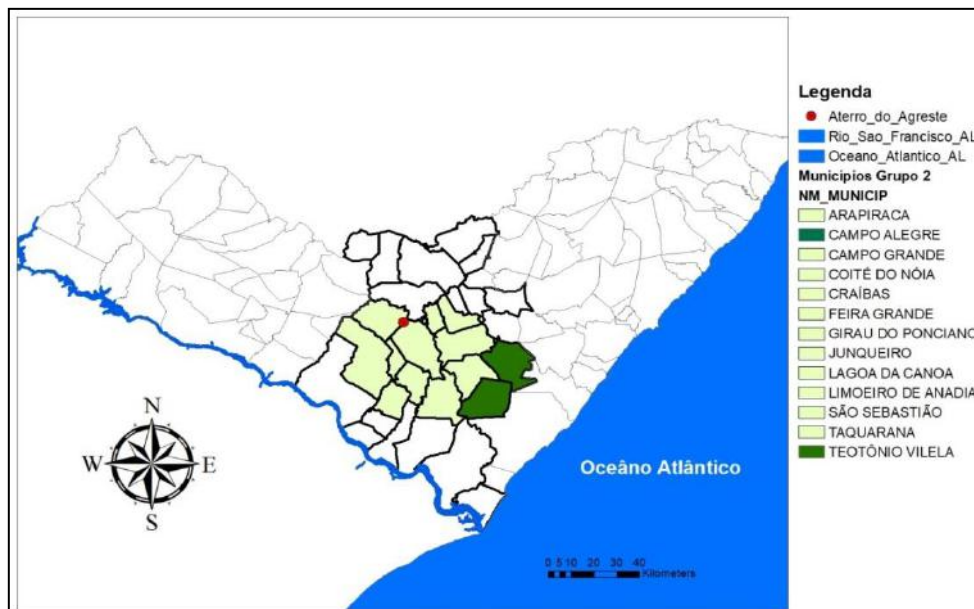
**Figura 3** - Mapa dos municípios integrantes do Grupo 1.



Fonte: Autores (2022).

O Grupo 2 é composto pelas cidades da região central do agreste Alagoano. Para representar esse grupo foram selecionados os municípios de Campo Alegre e Teotônio Vilela, Figura 4.

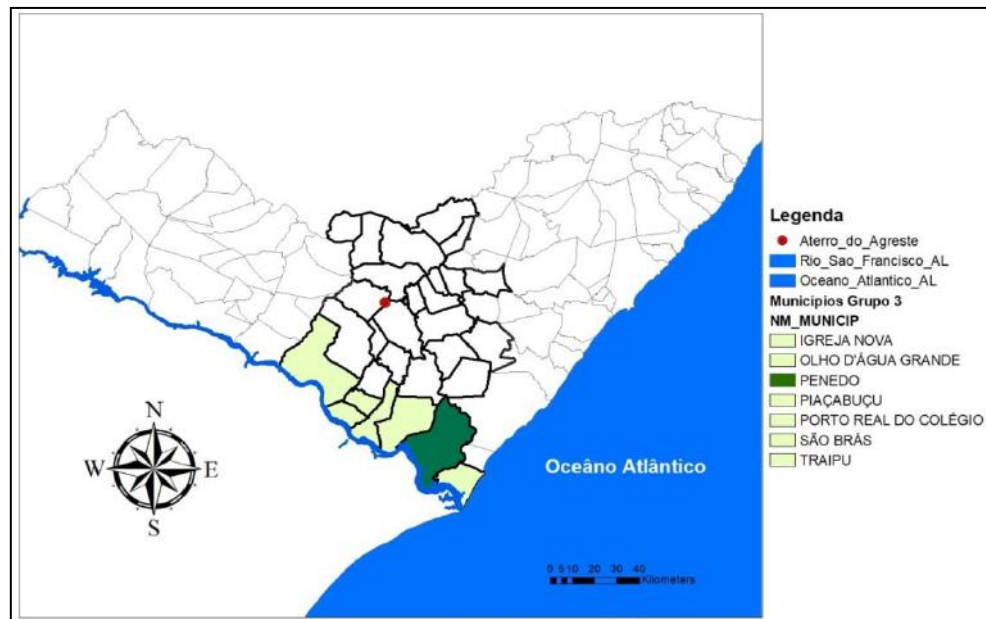
**Figura 4** - Mapa dos municípios integrantes do Grupo 2.



Fonte: Autores (2022).

O Grupo 3 representa as cidades ribeirinhas do Rio São Francisco, foi selecionada a cidade de Penedo como amostra mais representativa dessa região, Figura 5.

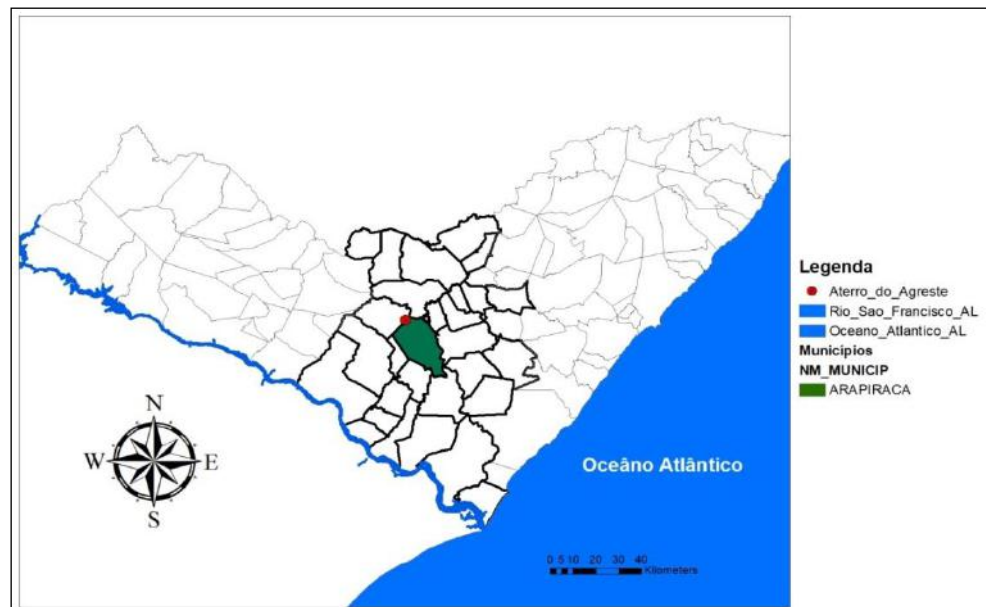
**Figura 5** - Mapa dos municípios integrantes do Grupo 3.



Fonte: Autores (2022).

Arapiraca, apesar de fazer parte da região central do agreste, que já possuem representantes no grupo 2, foi escolhida por ser a segunda cidade mais populosa do estado e a mais populosa da região, localizada na região central do estado, possuindo uma grande influência econômica no agreste alagoano, Figura 6. Além disso, é a única cidade que, segundo informações do aterro, há coleta em todo o seu território, urbano e rural.

**Figura 6** - Mapa do município de Arapiraca.



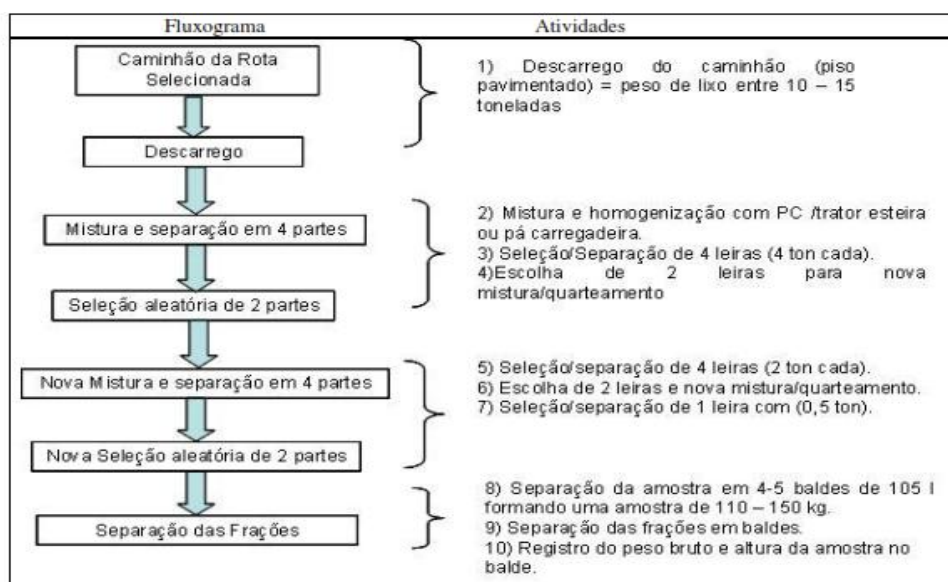
Fonte: Autores (2022).

Foram realizadas 02 análises gravimétricas para cada município selecionado, durante período seco (mês de janeiro/2020) e período chuvoso (mês de julho/2019). O estudo foi realizado dentro do próprio aterro sanitário, com amostras coletadas em função das rotas dos caminhões de coleta de resíduos por tipo de atividade desenvolvida e a logística.

Por Arapiraca ser o município mais populoso, cerca de 26% do total da população do estado, e ter uma economia comercial forte, apresentando resíduos comercial e residencial em área urbana e rural, foram definidas 03 (três) rotas, levando em consideração os bairros com maior número populacional. No município de Palmeira dos Índios foram definidas 02 (duas) rotas, área urbana e rural, e para os demais municípios apenas 01 (uma) rota. A quantidade menor de rotas para as últimas cidades se deve ao fato de que rotas em cidades menores fazem a coleta em diferentes bairros com diferentes classes sociais no mesmo caminhão.

A metodologia aplicada foi a do quarteamento fazendo-se uma adaptação das propostas descritas por Jardim (1995) e Mariano, et al., (2007) e após o quarteamento a separação dos materiais que compunham a amostra foi feita de forma manual. Depois de separados foi feita a pesagem do material existente na amostra. A Figura 7 apresenta esquema da metodologia adaptada para composição gravimétrica.

**Figura 7 - Esquema da Composição Gravimétrica.**



Fonte: Mariano, et al., (2007).

Inicialmente foi montada uma estrutura para auxiliar o desenvolvimento da análise com uma base forrada por uma lona para que as amostras não sofressem interferências externas. Foi coletado de forma aleatória 400 litros de resíduos, com balde de 50L, e em seguida transportados, através de carro de mão, até a área para quarteamento. Após o transporte a amostra era colocada em uma lona onde se realizava o rompimento dos sacos plásticos e realizada a homogeneização manual da amostra com auxílio de pá e enxada. Com a amostra homogeneizada foi realizado o quarteamento, em que a amostra é separada em 4 partes iguais. Em seguida eram desprezadas duas das quatro partes, vis-à-vis, sobrando duas porções de cerca 100L cada. Depois, as duas partes eram misturadas novamente de forma manual e realizado um segundo quarteamento. As amostras eram divididas em quatro partes de aproximadamente 50L e duas partes, vis-à-vis, eram desprezadas. No fim, restavam duas porções de cerca de 50L, totalizando uma amostra representativa do caminhão compactador de aproximadamente 100L, Figura 8.

**Figura 8** - (a) Coleta dos resíduos do despejo do compactador; (b) Transporte dos resíduos até a área destinada para gravimetria; (c) Homogeneização dos resíduos; (d) Quarteamento dos resíduos.



Fonte: Autores (2022).

De posse da amostra representativa, tinha início à etapa de separação dos principais componentes que constituíam a amostra. A separação foi realizada manualmente, e pesada em balança digital. A lista dos componentes está indicada na Tabela 1.

**Tabela 1** - Componentes dos RSU e suas características.

ORDEM	COMPONENTE	ORDEM	COMPONENTE
1	Plástico flexível	8	Metais
2	Plástico rígido	9	Vidro
3	Papel/Papelão	10	Matéria Orgânica
4	Trapos	11	Resíduos Sanitários
5	Couros	12	Terras e similares
6	Borracha	13	Outros
7	Madeira		

Fonte: Autores (2022).

O percentual de cada componente amostral foi calculado por meio da Equação 1.

$$CG(\%) = \frac{P_c}{P_t} \times 100 \quad (1)$$

Onde,

CG: composição gravimétrica (%);

Pc: Peso de cada componente;

Pt: Peso total do resíduo.

A média geral gravimétrica geral foi estimada com base na média ponderada a partir da geração total de RSU de cada



grupo analisado.

### 3. Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta a média geral da composição gravimétrica das cidades selecionadas como amostras representativas de cada grupo separado para regionalizar a região do agreste alagoano.

**Tabela 2** - Composição gravimétrica dos RSU das cidades selecionadas.

COMPONENTES	MÉDIAS POR CIDADE (%)				
	<i>Arapiraca</i>	<i>Campo Alegre</i>	<i>Palmeira dos Índios</i>	<i>Penedo</i>	<i>Teotônio Vilela</i>
Plástico Rígido	7,01	6,15	4,76	3,37	12,42
Plástico Flexível	16,32	17,40	16,24	10,77	18,12
Papel/Papelão	12,64	6,04	8,08	6,73	1,04
Trapos	1,72	0,96	2,59	3,37	15,01
Couros	0,31	0,06	0,12	0,34	0,10
Borracha	0,30	0,05	0,75	4,04	0,00
Madeira	0,24	0,31	0,32	0,00	0,00
Metais	2,13	1,49	1,26	0,67	1,04
Vidro	1,49	2,16	2,57	1,35	1,55
Matéria Orgânica	46,28	52,09	51,63	50,51	34,16
Resíduos Sanitários	9,03	10,90	8,77	17,17	13,98
Terra e Similares	2,54	2,39	2,90	1,68	2,59
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Autores (2022).

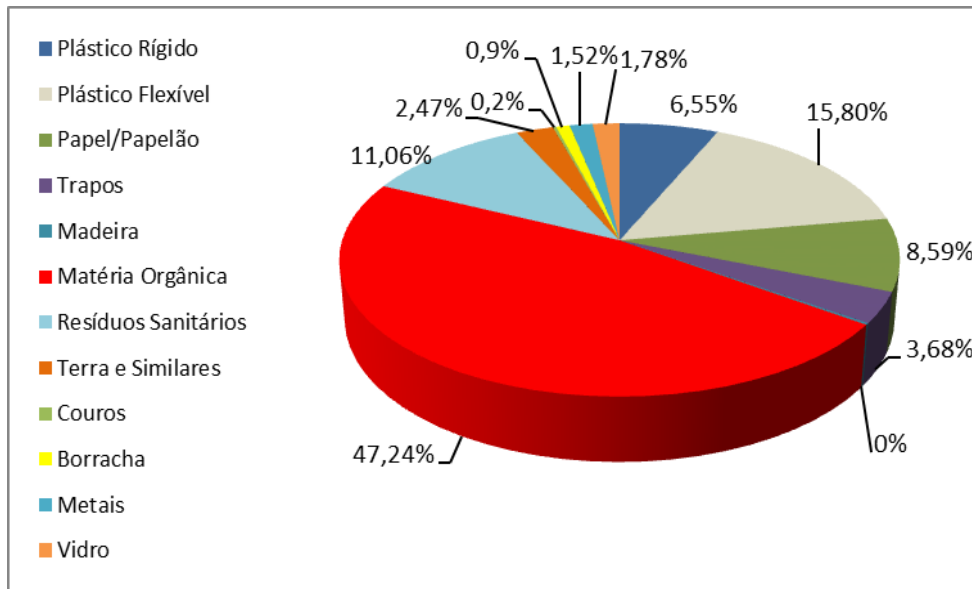
A Tabela 3 e a Figura 9 apresentam a média da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do aterro do agreste alagoano após a média ponderada para abranger as demais populações das outras cidades.

**Tabela 3** - Composição gravimétrica dos RSU das cidades selecionadas.

COMPONENTES	MÉDIA PONDERADA (%)	COMPONENTES	MÉDIA PONDERADA (%)
Plástico Rígido	6,55	Res. Sanitários	11,06
Plástico Flexível	15,80	Terra e Similares	2,47
Papel/Papelão	8,59	Couros	0,22
Trapos	3,68	Borracha	0,90
Madeira	0,20	Metais	1,52
Matéria Orgânica	47,24	Vidro	1,78

Fonte: Autores (2022).

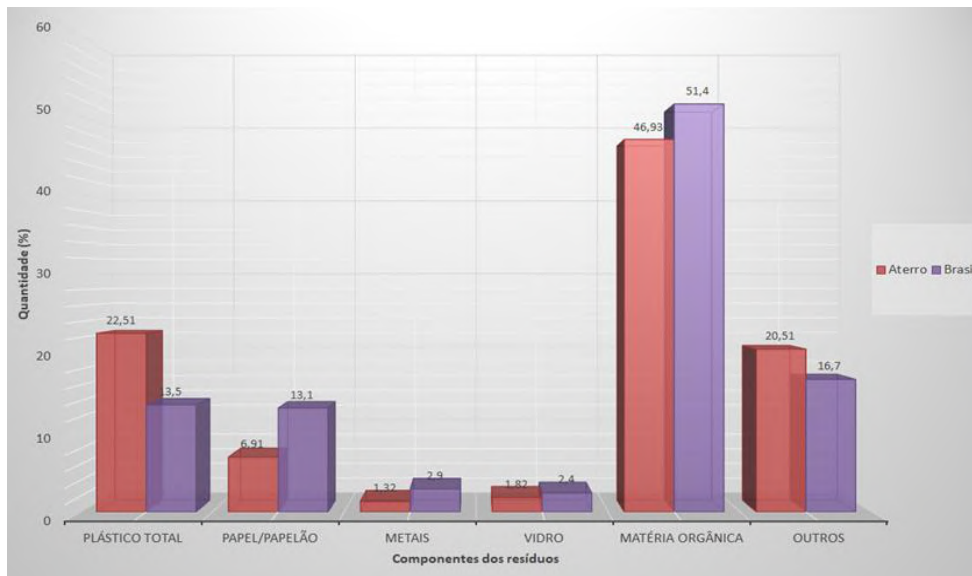
**Figura 9** - Composição gravimétrica dos RSU do aterro do agreste alagoano.



Fonte: Autores (2022).

Como pode ser observado na Figura 9, o maior percentual, aproximadamente 47,3% dos resíduos sólidos do aterro, é de matéria orgânica, seguido de plástico flexível (15,80%) e resíduos sanitários (11,06%). Os componentes em menores quantidades são o couro com 0,22%; madeira com 0,2% e borracha com 0,9%. A Figura 10 apresenta uma comparação da composição gravimétrica média do aterro e do Brasil. Os dados da composição média do Brasil foram adaptados do Ministério de Meio Ambiente (2022) que apresentou dados da gravimetria média do Brasil.

**Figura 10** - Comparação da composição gravimétrica média dos RSU do Aterro e do Brasil.



Fonte: Autores (2022).

É possível observar que a média da matéria orgânica (MO) presente no aterro está próxima da média nacional, ficando 4,5% abaixo. O índice de matéria orgânica deve-se a restos de alimentos, galhos e folhagens em geral e à produção e ao comércio de produtos orgânicos como frutas, verduras, legumes, cana-de-açúcar, casca de cocos, dentre outros.

No entanto comparando com países desenvolvidos o índice de matéria orgânica é bastante alto. Segundo Hoornweg (2012), a fração de matéria orgânica em cidades de países desenvolvidos, como Estados Unidos, é no entorno de 28% e dentre muitos fatores o poder econômico é preponderante, pois, quanto menor a economia de uma região maior é a fração de matéria orgânica.

Uma explicação para o alto índice de MO do agreste alagoano seria o baixo poder aquisitivo da população que, segundo dados do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013), possui uma renda per capita média de R\$ 385,24; aproximadamente 30% da população é pobre e 14% é extremamente pobre. A renda dos municípios está abaixo da renda per capita de Alagoas, que segundo IBGE (2010) é de R\$ 604,00 e bem menor quando comparada em nível nacional, em que a renda média do brasileiro é de R\$ 1.052,00. Outra explicação pode ser que a cidade tenha alguma deficiência do setor de produção de alimentos que tem como consequência altos índices de desperdício. Grande parte dos estudos de caracterização gravimétrica encontrados na literatura também obteve como fração majoritária os resíduos orgânicos, demonstrando que o desperdício é ainda uma prática muito comum (Ogwueleka, 2013; Jadoon, et al., 2014; Edjabou, et al., 2015; Alkmin & Uberto Júnior, 2017; Bezerra & Campos, 2019).

A quantidade de plásticos gerais ficou com índice elevado quando comparado com a média nacional. Essa elevada percentagem se deve, principalmente, a quantidades de sacolas utilizadas em compras de supermercados pela população e sua utilização em acondicionamento de resíduos sólidos.

De acordo com Landim, et al., (2016), o uso de embalagens tem se tornado indispensável para a sociedade, pois desempenha diversas funções importantes para a venda e para garantir da qualidade do produto. Portanto, é possível compreender a grande quantidade de embalagens plásticas encontradas na amostra em análise.

Atualmente estes plásticos são dispostos no mercado em diferentes formas, sendo utilizados para confecção de sacolas, embalagens e produtos para os mais diversos fins. Essas sacolas e embalagens vêm substituindo, cada vez mais, outros materiais (papel/papelão, vidro), provavelmente devido a maior facilidade de fabricação e reaproveitamento e a maior viabilidade econômica, fato que faz com que estes materiais sejam consumidos e descartados desordenadamente (Silva, et al., 2012).

Mesmo os plásticos não sendo a maior parcela dos RSU, seu teor elevado merece preocupação, uma vez que gera um alto custo para o meio ambiente, primeiramente, por serem produzidos a partir de recursos naturais não renováveis (petróleo), por emitirem gases tóxicos e de efeito estufa e finalmente por serem, na maioria das vezes, descartados de maneira inadequada (Pinto, et al., 2014).

O percentual médio de metais e vidros é menor em comparação à média nacional, isso pode ser explicado também por questões econômicas, já que muitas pessoas coletam latas e garrafas de vidro para sua sobrevivência, chegando assim poucas quantidades desse material no aterro. A maior parte dos vidros coletados na pesquisa era de garrafas quebradas.

O índice de papel/papelão é cerca de 7% menor que a média nacional, isso pode ser devido à substituição do papel por sacolas plásticas, e até mesmo devido à existência de muitas pessoas que coletam esse material para vender em cooperativas e empresas de reciclagens como meio de sobrevivência.

Na literatura, é possível encontrar pesquisas estabelecendo relações entre geração de resíduos sólidos e classe socioeconômica (Lakioti, et al., 2017; Trang, et al., 2017; Namlis & Komilis, 2019; Menezes, et al., 2019). Nelas, é possível verificar que a quantidade e a composição dos resíduos são afetadas de acordo com os padrões de vida ou a renda média das pessoas. Além disso, outros fatores também podem afetar a quantidade e a composição, como o clima, hábitos de vida, nível de educação, crenças religiosas e culturais e atitudes sociais e públicas. Os estudos mostram uma relação de que quanto menor a renda da população, maior é o índice de matérias orgânicas geradas e uma correlação direta entre as frações de recicláveis e a renda per capita da população, ou seja, o aumento da renda resulta em aumento do poder aquisitivo e, conseqüentemente, do

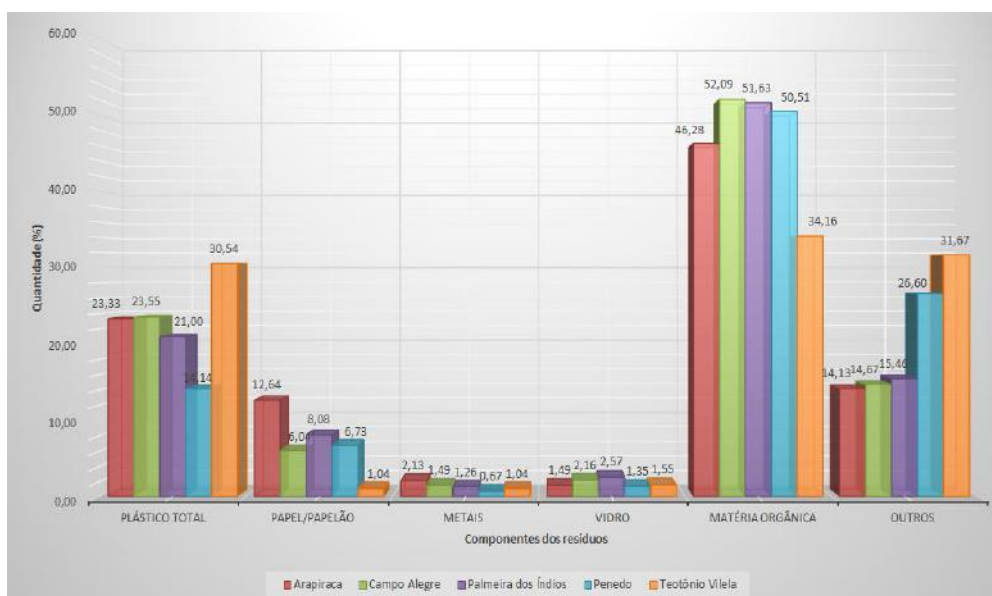
consumo de bens, sendo que os produtos adquiridos são muitas vezes desenhados para uso e descarte, incrementando, assim, a fração de recicláveis presentes nos resíduos sólidos. Os resultados obtidos por Suthar e Singh (2015) demonstraram que a quantidade e a composição dos resíduos sólidos variaram com a classe socioeconômica, sendo a taxa máxima de geração observada nos grupos de maior renda em termos de grupos socioeconômicos.

Estudos de composição gravimétrica realizados nas cidades do agreste alagoano, em anos anteriores ao desta pesquisa (2015 e 2016), demonstram a presença de diferentes percentuais dos componentes físicos na massa dos RSU. Dados da Semarh (2015) e Santana (2016) apresentam valores de aproximadamente 65% de matéria orgânica e cerca de 14% de plásticos.

A diferenciação dos percentuais da pesquisa atual, com as desenvolvidas por estes autores, pode estar associada aos hábitos de consumo da população e ao aumento do seu poder aquisitivo ao longo do tempo, justificando a redução no teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, o acréscimo de recicláveis. Além disso, as diferentes metodologias utilizadas para caracterização dos RSU também podem contribuir para tal diferenciação, uma vez que não existe, no Brasil, uma padronização para realização de tais composições.

A composição gravimétrica de alguns componentes dos resíduos das 5 cidades estudadas, para fornecer uma amostra representativa das subdivisões dos grupos dos resíduos do aterro do agreste alagoano, podem ser vista na Figura 11.

**Figura 1** - Composição gravimétrica dos RSU das 5 regiões estudadas do aterro do agreste alagoano.



Fonte: Autores (2022).

Analisando a figura, pode-se verificar que a cidade que apresenta maior percentual de matéria orgânica é o município de Campo Alegre (52,09%), seguidas de Palmeira dos Índios (51,63%) e Penedo (50,51%). A que apresenta o menor percentual de M.O é a cidade de Teotônio Vilela (34,16%). Levando em consideração o desenvolvimento sócio econômico dessas cidades (Tabela 4), a tendência era que a o município de Teotônio Vilela apresentasse um maior índice de matéria orgânica em relação às outras cidades, por ser um local em que o IDHM e renda per capita são menores que em outras regiões, além de ter uma economia voltada para a agricultura e pecuária com menor consumo de produtos industrializados. Uma possível explicação é o fato de a população utilizar os componentes orgânicos como alimento para animais e adubo para as plantações, o que diminui a quantidade de M.O geradas por sua população.

**Tabela 4 - IDHM e Renda Per Capita das 5 regiões estudadas do aterro do agreste alagoano.**

	<b>Arapiraca</b>	<b>Campo Alegre</b>	<b>Penedo</b>	<b>Teotônio Vilela</b>	<b>Palmeira dos Índios</b>
IDHM	0,649	0,57	0,63	0,564	0,638
Renda Per Capita	423,28	217,72	339,15	244,39	391,37

Fonte: IBGE (2019).

Arapiraca também apresentou baixo percentual de orgânicos comparativamente a outras regiões (46,28%). Isso pode ser explicado devido à metodologia adotada ter feito análise, também, dos resíduos do centro da cidade, pois se trata de um município com forte atividade no setor de comércio da região, em que os índices de M.O são menores. Corroborando o fato de que a geração de materiais recicláveis em locais com forte influência comercial e grande fluxo de pessoas é proporcionalmente maior do que a de resíduos orgânicos e rejeitos (Steiner, 2010).

Por ser uma cidade com comércio forte na região, e possuir melhor economia das cidades estudadas, o município de Arapiraca apresentou altos índices de papel/papelão, plásticos e metais. A cidade de Teotônio Vilela e Penedo apresentaram baixos índices desses componentes. No entanto, no item plástico a cidade de Teotônio e Arapiraca apresentou percentual alto nesta categoria, possivelmente por possuírem atividades de comércio com presença de supermercados, lanchonetes e etc.

O índice de vidro foi menor na cidade de Arapiraca e Penedo. Por Arapiraca ser uma região de comércio e serviços, a tendência era alto valor, contrariando a tese de que cidades com baixo desenvolvimento econômico apresentam menor valor desse material. No entanto, por ser uma cidade em que os caminhões fazem a coleta de vários bairros e regiões em uma única rota, as amostras coletadas podem ser oriundas de setores com alta concentração de supermercados, e escolas na região. A cidade de Campo Alegre apresenta a segunda menor quantidade de papel/papelão, possivelmente, por ser um local com uma população de baixo poder econômico e áreas com baixa economia que produzem poucos materiais recicláveis.

Quanto à presença de metais, a cidade de Teotônio Vilela e Penedo apresentaram um menor percentual. É possível explicar pela economia das regiões, em que Teotônio a população utiliza poucos produtos industrializados, além de que muitas pessoas que sobrevivem da coleta de materiais recicláveis, fazendo com que chegue uma menor quantidade no aterro. A cidade de que apresentasse um índice mais elevado, no entanto, talvez, catadores estejam coletando este componente antes da sua destinação final no aterro.

#### **4. Conclusão**

A regionalização se torna um parâmetro importante para a análise gravimétrica dos resíduos, pois a partir dela é possível diversificar e chegar mais perto da realidade da análise dos resíduos recebidos por um aterro consorciado, que recebe resíduos de diferentes regiões.

O principal componente dos resíduos sólidos urbanos do Aterro Sanitário do Agreste Alagoano é matéria orgânica com 47,24% do total, estando perto da média nacional que é cerca de 51%. Por receber resíduos de vários municípios que apresentam renda per capita pequena, muitos menores do que a renda média de Alagoas, o índice de matéria orgânica tende a apresentar altos índices. Esse percentual representa um forte potencial para a compostagem e na ausência de formas apropriadas de tratamento podem implicar em impactos ao meio ambiente.

Os resíduos potencialmente recicláveis representam 32,26% do resíduo, com predominância de plásticos, principalmente os flexíveis (termoplásticos). O alto índice de plástico pode ser considerado preocupante, pois apesar desse material ser reciclável a contaminação dos plásticos com a matéria orgânica, areia ou óleo e a mistura de polímeros que não são quimicamente compatíveis prejudicam o processo de reciclagem. Na ausência de reciclagem os plásticos geram um alto custo para o meio ambiente, pois representam um forte agente poluidor já que estes são de difíceis decomposições. Os resíduos

sem potencial de reciclagem e compostagem representaram 20,50% do montante com predominância de resíduos sanitários, terras e similares.

Os percentuais obtidos neste estudo podem permitir à gestão do aterro e municípios a planejar ações de intervenção visando melhorias no gerenciamento de resíduos das cidades e no aumento da vida útil do aterro sanitário.

Como sugestões de trabalhos futuros recomenda-se realizar, de maneira periódica, novos ensaios da composição gravimétrica dos RSU do aterro, a fim de verificar se há mudanças significativas nos percentuais dos componentes dos resíduos após a criação da Lei 14.260/2021 que cria a política de incentivos às atividades de reciclagem, ao longo dos anos. Além disso, realizar análises de diferentes formas de amostragem e seus efeitos na representatividade total do RSU do aterro.

## Referências

- Alkmin, D.E., & Uberto Júnior, L.R. (2017). *Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do lixão do município de Maria da Fé, estado de Minas Gerais. Caminhos da Geografia*, 18(61), 65-82. 10.14393/RCG186105.
- Benedeti, L. L. (2022). *Consórcios intermunicipais e regionalização como instrumento para o gerenciamento de resíduos sólidos*.
- Bezerra, C. R., & Campos, K. F. S (2019). *Avaliação da gestão e composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de Manáira – PB. Inter Espaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, 5, 16, 10610.
- Brasil. (2013). Atlas. *Atlas do desenvolvimento humano no Brasil*. Acesso em 19 de junho de 2021, disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br>.
- Drudi, K. C. R., et al., (2019). *Statistical model for heating value of municipal solid waste in Brazil based on gravimetric composition. Waste management*. 87, 782-90.
- Edjabou, M. E., et al., (2015). *Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. Waste Management*. 36, 12-23.
- Hoomweg, D. (2012). *What a waste: a global review of solid waste management*.
- IBGE (2010). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados Censitários*. <https://censo2010.ibge.gov.br>.
- IBGE (2019). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados Censitários*. Acesso em 21 junho de 2021, disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br>.
- Jadoon, A., & Batool, S.A., & Chaudhry, M. N. (2014). *Assessment of factors affecting household solid waste generation and its composition in Gulberg Town, Lahore, Pakistan. Journal of Material Cycles and Waste Management*. 16, 1, 73-81. 10.1007/s10163-013-0146-5.
- Jardim, N. S., et al., (1995). *Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE.
- Kim, V. J. H. (2019). *Análise da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Carlos (SP)*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Landim, A. P. M., et al., (2016). *Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. Polímeros*. 26, 82-92.
- Lakioti, E. N., et al., (2017). *Sustainable solid waste management: Socio-economic considerations. Chemical Engineering Transactions*. 56, 661-66.
- Menezes, R. O., et al., (2019). *Statistical analysis of the gravimetric characterization of household solid waste: A case study from the city of juiz de fora, Minas Gerais, Brazil. Engenharia Sanitaria e Ambiental*. 24, 271-82.
- Ministério do Meio Ambiente (2022). *Plano Nacional de Resíduos Sólidos*. Acesso em 01 de agosto de 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano\\_nacional\\_de\\_residuos\\_solidos-1.pdf](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf).
- Namlis, K. G., & Komilis, D. (2019). *Influence of four socioeconomic indices and the impact of economic crisis on solid waste generation in Europe. Waste management*. 89, 190-00.
- Ogwueleka, T. C. (2013). *Survey of household waste composition and quantities in Abuja, Nigeria. Resources, Conservation and Recycling*. 77, 52-60. 10.1016/j.resconrec.2013.05.011.
- Ozcan, H. K., et al., (2016). *Municipal Solid Waste Characterization according to Different Income Levels: A Case Study. Sustainability*. 8, 10, 1044. 10.3390/su8101044.
- Santana, M. S. A. de. (2016). *Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos do Futuro Aterro Sanitário Sediado no Município de Arapiraca – AL*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento (PPGRHS – UFAL), Maceió-AL.
- Pinto, F. A. F., et al., (2014). *Avaliação de degradabilidade de embalagens plásticas utilizadas no acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. Revista de saúde, meio ambiente e sustentabilidade*. 9, 1.
- Schoenell, E. K., & Da Silveira, T. A. (2022). *Economic analysis of solid waste gravimetric composition in a City of 60,000 inhabitants in Brazil: Análise econômica da composição gravimétrica dos resíduos sólidos numa Cidade de 60.000 habitantes no Brasil. Studies In Environmental And Animal Sciences*. 3, 2, 172-89.

Semarh –Secretaria De Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (2015). *Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região Agreste: Produto3 – Etapa 2.1- Relatório do diagnóstico da gestão intermunicipal de resíduos sólidos*. Relatório Técnico. Maceió – AL. [http://residuossolidos.al.gov.br/vgmidia/arquivos/156\\_ext\\_arquivo.pdf](http://residuossolidos.al.gov.br/vgmidia/arquivos/156_ext_arquivo.pdf).

Silva, A. S., et al., (2012). *Identificação dos componentes potencialmente perigosos presentes nos resíduos sólidos urbanos da cidade de campina grande – PB, através da sua composição gravimétrica*. In: *I Conferência Internacional em Gestão Ambiental Colaborativa (CIGAC)*. Anais. Sousa – Paraíba.

Snis (2018). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico anual de resíduos sólidos. Acesso em 07 de agosto de 2021. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018>.

Steiner, P.A. (2010.) *Gestão de resíduos sólidos em centros comerciais do município de Curitiba - PR*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Suthar, S., & Singh, P. (2015). *Household solid waste generation and composition in different family size and socio-economic groups: A case study*. *Sustainable Cities and Society*. 14, 56-63. 10.1016/j.scs.2014.07.004.

Trang, P. T.T., et al., (2017). *The effects of socio-economic factors on household solid waste generation and composition: a case study in Thu Dau Mot, Vietnam*. *Energy Procedia*. 107, 253-58.