



A composição gravimétrica como instrumento para a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos no município de Beberibe – CE

Gravimetric composition as an instrument for the integrated management of urban solid waste in the municipality of Beberibe – CE

Composición gravimétrica como instrumento para la gestión integrada de residuos sólidos urbanos en el municipio de Beberibe – CE

Tiago de Abreu Lima

Mestrando, IFCE, Brasil
tiagoabreu.engamb@gmail.com

Anderson Mateus Maurício Lima

Graduando, IFCE, Brasil.
mateuslimass300@gmail.com

Oscar Pedreira Aragão

Graduado, IFCE, Brasil.
oscarparagao88@gmail.com

Paulo Henrique Silva Coelho

Graduado, UVA, Brasil.
henriquecoelho77@gmail.com

Francisco Humberto Carvalho Junior

Professor Doutor, IFCE, Brasil.
frabeto@gmail.com

Recebido: 24 de abril de 2024

Aceito: 31 de julho de 2024

Publicado online: 27 de agosto de 2024



RESUMO

O planeta passa por intensas modificações, grande parte ocasionada direta e indiretamente pelo ser humano. A disposição inadequada dos resíduos pode ocasionar o aumento da produção de Gases do Efeito Estufa (GEE), poluição dos solos, contaminação do lençol freático e a proliferação de vetores. Para evitar a expansão ou mitigar esses impactos ambientais, faz-se necessário a destinação ambientalmente adequada desses resíduos, juntamente com políticas de educação ambiental com vistas ao desenvolvimento sustentável dos municípios. O município de Beberibe - CE é extremamente relevante nesse contexto, isso se dá por ser uma cidade relevante no contexto econômico e turístico do estado do Ceará, além de estar desenvolvendo estudos para a implementação de um aterro sanitário. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a composição dos resíduos sólidos urbanos através da gravimetria, geração de resíduos, per capita e do peso específico, para auxiliar na implementação do desenvolvimento sustentável no município de Beberibe – CE. Dentre os resultados obtidos, observou-se que o município tem um potencial para o tratamento dos resíduos, tanto para a reciclagem quanto para a compostagem. Portanto, é relevante que o município desenvolva políticas de educação ambiental para a população, além de estimular o descarte correto dos resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão. Poluição. Sustentabilidade.

SUMMARY

The planet is undergoing intense changes, most of which are caused directly and indirectly by human beings. The inadequate disposal of waste can lead to an increase in the production of Greenhouse Gases (GHG), soil pollution, groundwater contamination and the proliferation of vectors. To avoid the expansion or mitigate these environmental impacts, it is necessary to dispose of this waste in an environmentally appropriate manner, along with environmental education policies with a view to the sustainable development of municipalities. The municipality of Beberibe - CE is extremely relevant in this context, this is because it is a relevant city in the economic and tourist context of the state of Ceará, in addition to developing studies for the implementation of a sanitary landfill. Therefore, the present study aimed to analyze the composition of urban solid waste through gravimetry, waste generation, per capita and specific weight, to assist in the implementation of sustainable development in the municipality of Beberibe – CE. Among the results obtained, it was observed that the municipality has a potential for the treatment of waste, both for recycling and composting. Therefore, it is important for the municipality to develop environmental education policies for the population, in addition to encouraging the correct disposal of solid waste.

KEYWORDS: Management. Pollution. Sustainability.

RESUMEN

El planeta está experimentando intensos cambios, la mayoría de los cuales son causados directa e indirectamente por el ser humano. La disposición inadecuada de los residuos puede provocar un aumento de la producción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la contaminación del suelo, la contaminación de las aguas subterráneas y la proliferación de vectores. Para evitar la expansión o mitigar estos impactos ambientales, es necesario disponer de estos residuos de manera ambientalmente adecuada, junto con políticas de educación ambiental con miras al desarrollo sostenible de los municipios. El municipio de Beberibe - CE es extremadamente relevante en este contexto, esto se debe a que es una ciudad relevante en el contexto económico y turístico del estado de Ceará, además de desarrollar estudios para la implementación de un relleno sanitario. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la composición de los residuos sólidos urbanos a través de la gravimetría, la generación de residuos, per cápita y el peso específico, para ayudar en la implementación del desarrollo sostenible en el municipio de Beberibe – CE. Entre los resultados obtenidos, se observó que el municipio tiene potencial para el tratamiento de residuos, tanto para reciclaje como para compostaje. Por ello, es importante que el municipio desarrolle políticas de educación ambiental para la población, además de fomentar la correcta disposición de los residuos sólidos.

PALABRAS CLAVE: Administración. Contaminación. Sostenibilidad.



1 INTRODUÇÃO

A disposição inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) pode acarretar direta ou indiretamente em diversos problemas para a população, como a proliferação de vetores e doenças de veiculação hídrica. Além disso, o meio ambiente pode sofrer diversos impactos ambientais, como a poluição do solo e do ar, a obstrução da drenagem urbana, contaminação dos recursos hídricos, aumento do lançamento de gases do efeito estufa, aquecimento global, enchentes, entre outros.

Para evitar ou amenizar os problemas oriundos da má destinação dos RSU, há algumas formas para a sua disposição final, como: aterro sanitário, aterro controlado e lixão a céu aberto. Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a forma de disposição final ambientalmente adequada se dá através dos aterros sanitários. O aterro sanitário é uma obra de engenharia que visa destinar os resíduos de forma compactada na menor área geográfica possível (ABNT, 1992). Além disso, esse dispositivo ameniza os impactos ambientais sem acarretar em problemas à saúde pública e à segurança da população (De Sousa; Bezerra; Lopes, 2020).

O aterro sanitário é uma das vertentes estudadas para a gestão integrada dos RSU. Conforme a Lei nº 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), entende-se por gestão integrada dos resíduos sólidos:

Conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2010, cap. II, art. III, inc. XI).

A composição gravimétrica é extremamente relevante para auxiliar no gerenciamento dos RSU no contexto municipal (Dos Santos *et al.*, 2020). A gravimetria é definida como a representação em percentual de cada tipo de material comparado ao peso total dos resíduos (Souza; Chaves; Alvim, 2016). Através da gravimetria é possível identificar a quantidade de material que chega aos aterros que podem ser reaproveitados ou reciclados. Dessa forma, pode-se aumentar a capacidade de vida útil do aterro sanitário.

Beberibe é um município que pode ser impactado positivamente pelos estudos da composição dos RSU, além disso, é uma cidade de grande relevância para o estado do Ceará. Do ponto de vista econômico, é o 22º maior Produto Interno Bruto (PIB) do estado dentre 184 municípios, sendo o 9º da sua região geográfica imediata (IBGE, 2021). Acrescenta-se o fato de o município ser um importante polo do turismo cearense, principalmente por estar inserido em uma região litorânea limite ao Oceano Atlântico, atraindo turistas devido às praias.

2 OBJETIVOS

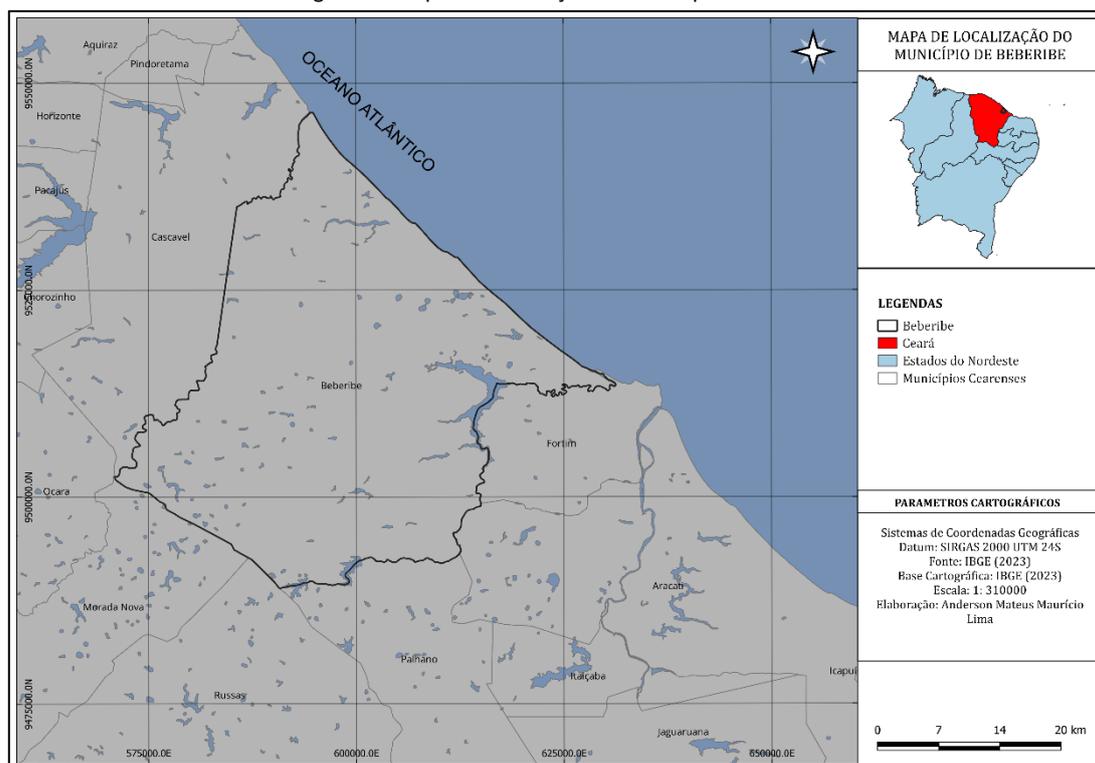
O objetivo do presente trabalho é analisar a composição dos resíduos sólidos urbanos através da gravimetria, geração de resíduos, *per capita* e do seu respectivo peso específico, para auxiliar na implementação do desenvolvimento sustentável no município de Beberibe – CE.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O município de Beberibe está localizado no estado do Ceará, fazendo parte do Nordeste do Brasil, como é indicado na Figura 1. Sua área territorial é de 1.596,751 km², com população residente de 53.114 pessoas e densidade demográfica de 33,26 hab/km² (IBGE, 2022). O município tem clima tropical quente semiárido, caracterizado por duas estações bem definidas, uma mais seca (de maio a dezembro) e os meses de janeiro a abril com mais intensidade nas chuvas (IPECE, 2017).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Beberibe – CE.

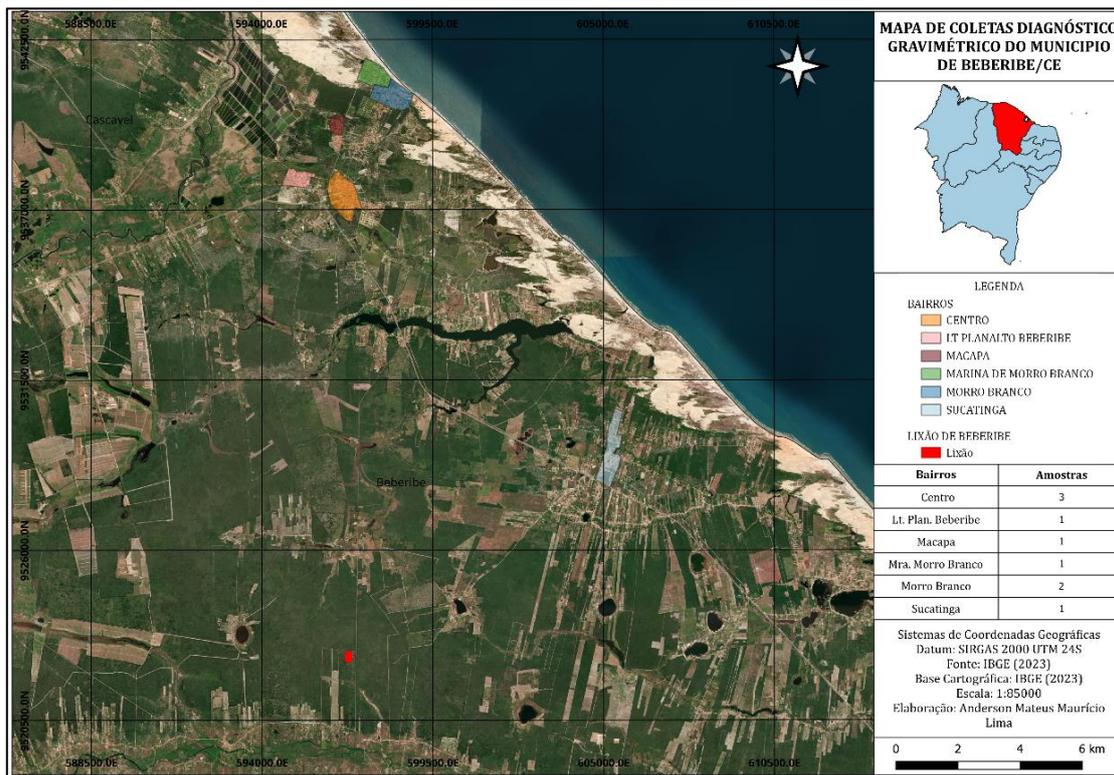


Fonte: Autores (2024).

3.2 Composição gravimétrica

O trabalho para a composição gravimétrica ocorreu diretamente no lixão de Beberibe, por facilidade logística e para não ocorrer alterações da rota dos caminhões. Ela foi realizada nos dias 06 e 07 de fevereiro de 2023. O lixão do município está localizado no distrito de Itapeim, S/N. Os bairros selecionados para a gravimetria dos resíduos sólidos foram: Centro; Loteamento Beberibe; Macapá; Marina do Morro Branco; Morro Branco e Sucatinga. A Figura 2 apresenta a geolocalização dos bairros que foram selecionados as amostras, bem como do Lixão de Beberibe/CE.

Figura 2 - Bairros de Beberibe selecionados para o processo de amostragem.



Fonte: Autores (2024).

A gravimetria seguiu a norma ABNT NBR 10007, que indica como deve ser realizada o processo de amostragem dos resíduos sólidos. Foram utilizados os seguintes equipamentos: sacos plásticos de 100l, bombona de 200l, pás, enxadas, gadalhos, vassoura, lona plástica, balança digital com capacidade de 50 kg e precisão de 0,01 kg e os EPI's para realização das atividades (bota, máscara e luvas). Para o manejo dos resíduos foi utilizada uma equipe de 5 técnicos juntamente com 5 agentes de limpeza pública da prefeitura de Beberibe cedidos para realização do estudo. A amostragem foi iniciada através da seleção de uma amostra heterogênea de resíduos recém-chegados ao lixão do município. Inicialmente, o caminhão é designado para um local específico próximo ao ponto de amostragem e em seguida é descarregado, formando uma pilha de resíduos, conforme a Figura 3A. Em seguida, uma equipe de garis da prefeitura, devidamente equipados com Equipamentos de Proteção Individual (EPI), coletou uma amostra inicial de 800l de pontos distintos da pilha utilizando a bombona de 200l, como é indicado na Figura 3B.

Figura 3 - (A) Caminhão descarregando uma pilha de resíduos. (B) Coleta de 800l desses resíduos.



Fonte: Autores (2024).

Posteriormente, essa amostra inicial foi despejada em uma lona no solo de forma que se preenchesse de modo uniforme, como está indicado na Figura 4A. Em seguida, todas as sacolas plásticas com resíduos internamente foram rasgadas e os resíduos espalhados pela pilha para que se obter maior heterogeneização da amostra, conforme a Figura 4B.

Figura 4 - (A) Despejo dos resíduos na lona. (B) Sacolas plásticas que estavam preenchidas sendo rasgadas.



Fonte: Autores (2024).

Em seguida, iniciou-se a mistura dos resíduos para dar início ao quarteramento. A técnica inicia através da divisão da amostra em quatro quartos com volumes semelhantes, conforme indica a Figura 5. Logo após, selecionou-se o quarto mais heterogêneo (mais tipos de resíduos diferentes misturados) e foi feita a junção com o quarto da diagonal oposta. Os outros dois quartos são descartados, ficando assim uma amostra de 400l. Repetiu-se o processo com a amostra de 400l, ficando assim uma amostra de 200l. Esse processo continuou até a amostra final de 100 litros ser encontrada.

Figura 5 - Início do quarteamento com a primeira divisão em quatro quartos.



Fonte: Autores (2024).

Após encontrar a amostra final de 100l foi realizada a seleção de todos os tipos de materiais encontrados. Os tipos de resíduos foram separados em: PET; PVC; Polipropileno; Polietileno; Papel branco; Papelão; Vidro; Alumínio; Metal ferroso; Isopor; Tecido; Tetrapak; Plástico laminado; Jornais/Revistas/Panfletos; Borracha; Resíduos de Jardim; Restos de Alimentos; Rejeitos. Os rejeitos são compostos por resíduos sanitários, materiais que não foi possível obter a identificação, assim como, recicláveis que foram contaminados.

A separação se deu em sacos plásticos e em seguida o material foi pesado em uma balança digital. Após a obtenção das massas de todos os resíduos, foi realizado o cálculo do percentual de cada material que estava na amostra, conforme a Equação 1, através da divisão entre a massa do material por a massa total da amostra, e em seguida multiplicado por 100.

$$\text{Percentual do material} = 100 \times \frac{\text{massa do material (Kg)}}{\text{massa total da amostra (Kg)}} \quad (1)$$

De posse dos resultados de todos as rotas, foi realizada a média aritmética para que se representasse o município de Beberibe. Em seguida, foi construído um gráfico de setores de forma que se visualizasse as proporções de todos resíduos coletados na realização da composição gravimétrica no município.

3.3 Peso específico aparente

Para identificar o peso específico aparente da amostra, foi realizada a divisão aritmética da massa do resíduo pelo volume total da amostra, como indica a Equação 2.

$$\text{Peso específico aparente} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{massa do material (Kg)}}{\text{Volume da amostra (m}^3\text{)}} \quad (2)$$

3.4 Geração de resíduos

Após a obtenção do peso específico, calculou-se o peso em toneladas do resíduo total domiciliar e comercial, conforme a Equação 3. Para realização desse estudo levou-se em



consideração a estimativa total de resíduos coletados no município. As estimativas de volume coletado foram obtidas a partir de um resumo mensal levantado, onde se utilizou dados da coleta do município fornecidos pela Secretaria de Infraestrutura de Beberibe.

$$\text{Peso (ton)} = \frac{\text{Peso específico domiciliar} \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Volume domiciliar coletado por mês (m}^3)} \quad (3)$$

Em seguida, foi calculado a partir do percentual de cada material obtido na gravimetria dos resíduos sólidos, o seu respectivo peso em toneladas.

3.5 Geração *per capita* de resíduos

A geração *per capita* dos resíduos domiciliares foi calculada pela divisão da geração de resíduos dia pela população atendida, conforme indica a Equação 4.

$$\text{Per capita} = \frac{\text{Geração de resíduos (kg/dia)}}{\text{População atendida (habitantes)}} \quad (4)$$

4 RESULTADOS

4.1 Composição gravimétrica

Foram realizadas três amostras para o Centro do município e com os resultados foi feito o cálculo da média, apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos do Centro de Beberibe/CE.

Tipo de Material	Quantidade (kg)	%
PET	0,92	4,90%
PVC	0,06	0,30%
Polipropileno	0,75	4,00%
Polietileno	1,42	7,60%
Papel branco	0,59	3,10%
Papelão	0,76	4,00%
Vidro	0,67	3,60%
Alumínio	0,18	0,90%
Metal ferroso	0,51	2,70%
Isopor	0,14	0,70%
Tecido	0,43	2,30%
Tetrapak	0,15	0,80%
Plástico laminado	0,06	0,30%
Resíduos de jardim	1,97	10,50%
Restos de Alimentos	2,63	14,00%
Rejeitos	7,51	40,10%
TOTAL	18,73	100%

Fonte: Autores, 2024.

O Centro obteve grandes quantidades de rejeito e baixo índice de matéria orgânica. Na amostra do Centro, obteve-se maior variedade de resíduos, sendo encontrados 04 (quatro) tipos diferentes de plásticos e diversos outros materiais recicláveis como papelão e alumínio. Encontrou-se aproximadamente 35% de resíduos recicláveis, sendo essa área a que apresentou



maior índice desses materiais. Quanto aos índices de matéria orgânica, no centro do município foram encontrados 24,5% no total, sendo 14% proveniente de restos de alimentos e 10,5% proveniente de resíduos de jardim. Os resíduos com potencial de reciclagem são de aproximadamente 35%, semelhante ao encontrado para o Centro de outros municípios, como é o caso de Itacoatiara/AM. Conforme o estudo de Guimarães e Batista (2021) o valor encontrado para o potencial de recicláveis do município amazonense foi de 37,40%.

O bairro Loteamento Beberibe está localizado próximo à Sede do município e é considerado como área de classe social média em desenvolvimento. Foi realizada uma amostra para o bairro e seu resultado é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Loteamento Beberibe em Beberibe/CE.

Tipo de Material	Quantidade (kg)	%
PET	0,55	3,00%
Polipropileno	0,24	1,30%
Poliétileno	1,885	10,30%
Papel branco	0,205	1,10%
Papelão	0,355	1,90%
Vidro	0,855	4,70%
Alumínio	0,445	2,40%
Isopor	0,17	0,90%
Borracha	0,35	1,90%
Tetrapak	0,145	0,80%
Plástico laminado	0,19	1,00%
Restos de Alimentos	2,055	11,30%
Rejeitos	10,81	59,20%
TOTAL	18,255	100%

Fonte: Autores, 2024.

O Loteamento Beberibe obteve grandes quantidades de rejeito (59,2%) e baixo índice de matéria orgânica (11,3%), a presença de materiais recicláveis secos também teve baixo registro (em torno de 29,5%).

O bairro Macapá na Sede do município, é considerado um bairro de classe social baixa. Foi realizada uma amostra para o bairro e seu resultado é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Macapá em Beberibe/CE.

Tipo de Material	Quantidade (kg)	%
PET	0,745	4,10%
Poliétileno	2,77	15,40%
Papel branco	0,19	1,10%
Papelão	0,445	2,50%
Alumínio	0,16	0,90%
Isopor	0,125	0,70%
Tecido	1,975	11,00%



Resíduos de jardim	3,955	21,90%
Restos de Alimentos	1,435	8,00%
Tetrapak	0,205	1,10%
Plástico laminado	0,575	3,20%
Rejeitos	5,45	30,20%
TOTAL	18,03	100%

Fonte: Autores, 2024.

Em referência aos outros bairros do município, Macapá apresentou menores índices de rejeito (30,2%), e maiores índices de matéria orgânica (30,9%). Os resíduos recicláveis também apresentaram maiores índices (39,9%). Não foi encontrado vidro na composição gravimétrica, e isso pode ser um indicativo do potencial de reutilização desse material, conforme De Carvalho, De Jesus e Portella (2010). A presença de tecido na amostragem foi considerável, provavelmente pela presença de fábricas de confecção de roupas nas proximidades.

O bairro Marina do Morro Branco fica na Sede do município, sendo considerado o bairro de classe social mais alta do município. Foi realizada uma amostra para o bairro e seu resultado é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Marina do Morro Branco em Beberibe/CE.

Tipo de Material	Quantidade (kg)	%
PET	0,585	9,50%
Polipropileno	0,11	1,80%
Polietileno	0,67	10,90%
Papel branco	0,115	1,90%
Papelão	1,015	16,50%
Vidro	0,485	7,90%
Alumínio	0,145	2,40%
Metal ferroso	0,245	4,00%
Isopor	0,17	2,80%
Restos de Alimentos	0,595	9,70%
Tetrapak	0,185	3,00%
Plástico laminado	0,14	2,30%
Rejeitos	1,695	27,50%
TOTAL	6,155	100%

Fonte: Autores, 2024.

O bairro se destacou pelos altos índices de materiais recicláveis (62,8%), visto que é um bairro mais desenvolvido, com a presença de pousadas e barracas. O total de material compostável ficou em torno de 9,7% e o rejeito em 27,5%. Por conta dos altos índices de material reciclável e os baixos índices de compostável e rejeito, a pesagem final da amostra (6,155 kg) foi bem abaixo da média dos outros bairros, isso se dá por conta do peso específico baixo de materiais que podem ser reciclados, como papelão, polietileno e pet.



O bairro Morro Branco está localizado na Sede do município, sendo considerado um bairro de classe social alta, caracterizado por ficar na região litorânea do município. Foram realizadas duas amostras para o bairro com seus respectivos resultados apresentados como média na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos de Morro Branco em Beberibe/CE.

(continua)

Tipo de Material	Quantidade (kg)	%
PET	0,64	3,20%
Polipropileno	0,2	1,00%
Polietileno	0,71	3,60%
Papelão	0,66	3,30%

Tabela 5 - Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos de Morro Branco em Beberibe/CE.

(conclusão)

Tipo de Material	Quantidade (kg)	%
Jornais/revistas/panfletos	0,81	4,10%
Vidro	1,48	7,40%
Alumínio	0,07	0,40%
Isopor	0,12	0,60%
Tecido	0,23	1,20%
Resíduos de Jardim	2,18	11,00%
Restos de Alimentos	1,55	7,80%
Tetrapak	0,23	1,20%
Plástico laminado	0,08	0,40%
Rejeitos	10,93	55,00%
TOTAL	19,88	100,00%

Fonte: Autores, 2024.

O bairro caracterizou-se pela presença de grandes quantidades de rejeitos (55%), e quantidades baixas de material compostável (18,8%) e reciclável (26,3%).

Foi realizada uma amostragem no Distrito da Sucatinga, a localidade é considerada classe social média, e seu resultado é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos da Sucatinga em Beberibe/CE.

Tipo de Material	Quantidade (kg)	%
PET	0,585	2,70%
PVC	0,12	0,60%
Polipropileno	2,175	10,10%
Polietileno	0,235	1,10%
Papelão	0,33	1,50%
Vidro	0,975	4,50%
Metal ferroso	0,235	1,10%
Isopor	0,14	0,60%
Restos de Alimentos	4,43	20,50%
Tetrapak	0,18	0,80%
Rejeitos	12,21	56,50%



TOTAL	21,615	100,00%
--------------	---------------	----------------

Fonte: Autores, 2024.

O Distrito caracterizou-se pela presença de grandes quantidades de rejeitos (56,5%), e quantidades baixas de material compostável (20,5%) e reciclável (23%).

Os resultados obtidos no estudo da composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Beberibe - CE são apresentados na Tabela 7 e na Figura 6. Os valores representam a média aritmética das amostras analisadas.

Tabela 7 - Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos de Beberibe/CE.

(continua)

Tipo de Material	Quantidade (kg)	%
PET	0,72	4,1%
PVC	0,03	0,2%
Polipropileno	0,57	3,2%
Polietileno	1,25	7,0%
Papel branco	0,25	1,4%

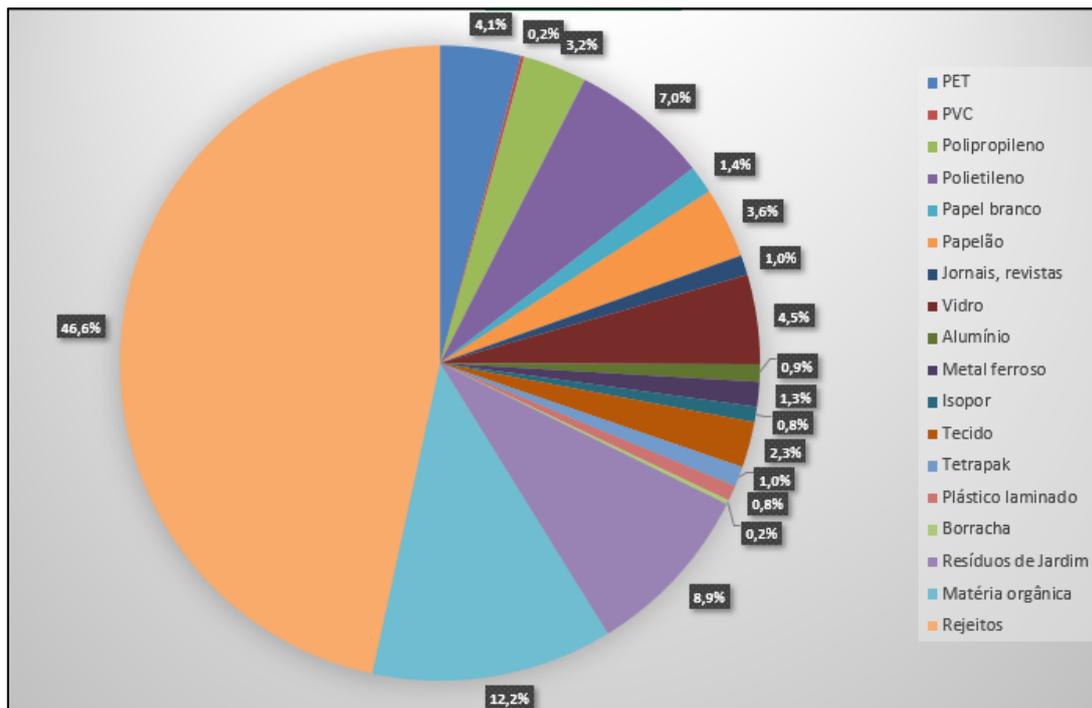
Tabela 7 – Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos de Beberibe/CE.

(conclusão)

Tipo de Material	Quantidade (kg)	%
Papelão	0,64	3,6%
Jornais, revistas	0,18	1,0%
Vidro	0,81	4,5%
Alumínio	0,16	0,9%
Metal ferroso	0,22	1,3%
Isopor	0,14	0,8%
Tecido	0,41	2,3%
Tetrapak	0,18	1,0%
Plástico laminado	0,14	0,8%
Borracha	0,04	0,2%
Resíduos de jardim	1,58	8,9%
Restos de Alimentos	2,17	12,2%
Rejeitos	8,28	46,6%
TOTAL	17,78	100%

Fonte: Autores, 2024.

Figura 6 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Beberibe/CE.



Fonte: Autores (2024).

Os dados apresentados, revelam que o município de Beberibe-CE possui um potencial razoável de reciclagem e reaproveitamento, assim como, de compostagem. Foi observado que pouco mais da metade do que chega ao lixão, tem esse potencial.

Dentre os resíduos recicláveis seco, destacam-se respectivamente o pet e o papelão com 4,1% e 3,6% do total gerado. Observou-se baixos índices de alumínio que provavelmente ocorrem pela coleta desses materiais por catadores ou outros, antes de chegar no lixão. Esses materiais detêm alto índice atrativo e capacidade de reciclagem/reaproveitamento.

Quanto ao material domiciliar compostável encontrado, esses representam 21,1% de toda composição gravimétrica, sendo resíduos de jardim (aparas de ervas, raízes ou capim seco, jardinagem, cascas de árvore, arbustos, grama seca, folhas secas, serragem) em 8,9% e restos de alimentos, frutas e verduras em 12,2%. A quantidade de material orgânico foi semelhante ao encontrado em outros municípios da Região Nordeste do Brasil, como é o caso de Bom Sucesso – PB (26,72%), conforme indica De Sousa, Bezerra e Lopes (2020).

Em relação aos rejeitos, o alto índice explica-se pelo município estar inserido em região litorânea. Sobre isso observou-se nas amostras, grandes quantidades de material arenoso, sendo esse com peso específico aparente elevado (1000kg/m³), elevando assim o percentual de rejeitos da mesma. Como o resíduo apresentou-se misturado na amostragem final (areia juntamente com outros materiais, principalmente úmidos), deduz-se que somente com o trabalho de educação ambiental e coleta seletiva, se receberá um material mais limpo e sem sujidades, conseqüentemente o percentual de rejeitos irá diminuir e o de recicláveis e orgânicos aumentará. A Figura 7 apresenta o indicativo de grandes quantidades de areia nas amostras.

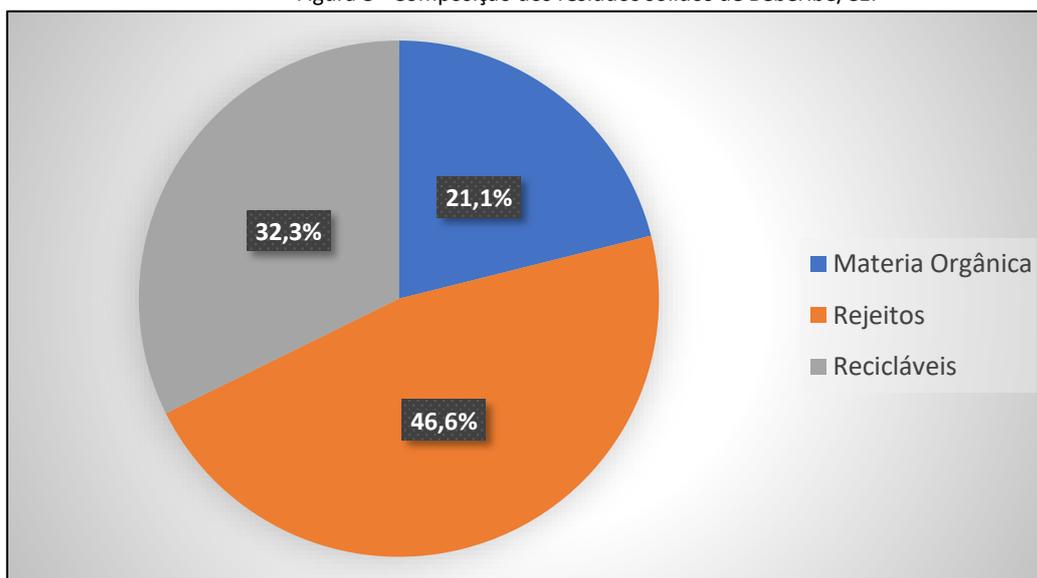
Figura 7 - Grandes quantidades de areia na amostra.



Fonte: Autores (2024).

A Figura 8 apresenta os percentuais de resíduos compostável, reciclável e rejeito.

Figura 8 - Composição dos resíduos sólidos de Beberibe/CE.



Fonte: Autores (2024).

Há um valor considerável de materiais recicláveis que chegam ao lixão de Beberibe, e isso pode trazer algumas implicações. Galdino e Martins (2015) indicam que os materiais recicláveis podem atrair catadores, o que é estritamente proibido pela PNRS, além de diminuir a vida útil dos aterros. O percentual de recicláveis é semelhante ao do município de Juiz de Fora – MG para o ano de 2019, com valor de 31,74%, conforme é indicado por Menezes *et al.* (2019).

Para efeito de comparação, apresenta-se na Tabela 8 a caracterização média Nacional (ABRELPE, 2020), a média de Fortaleza, capital do estado, e a média encontrada no município de Beberibe no ano de 2023.



Tabela 8 - Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos de Beberibe – CE.

Local	Compostável (%)	Recicláveis Secos (%)	Rejeitos (%)
Brasil	45,3	39,2	15,5
Fortaleza	42,7	26	30,8
Beberibe	21,1	32,3	46,6

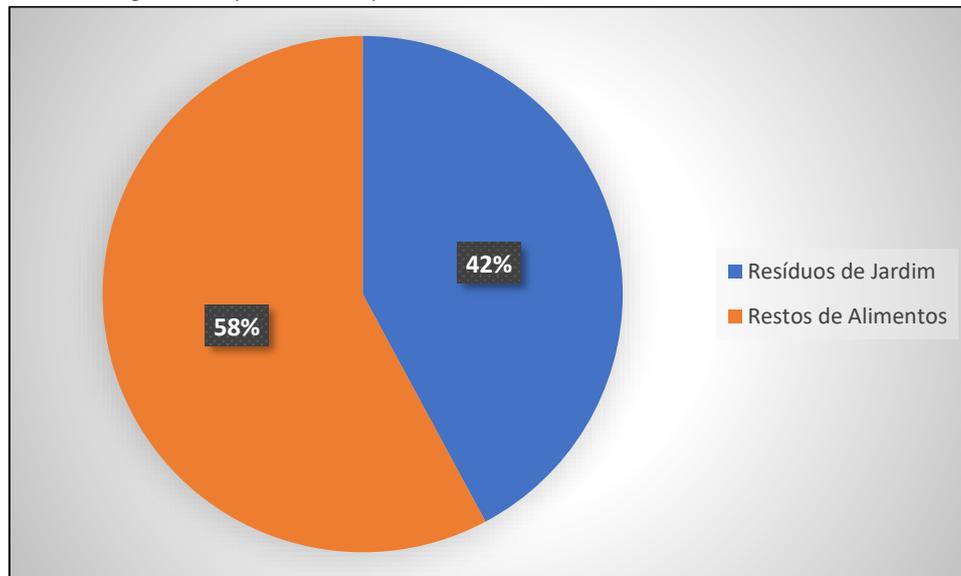
Fonte: Autores, 2024.

Há pontos que merecem atenção no estudo gravimétrico de Beberibe quando em vista o tratamento de resíduos orgânicos por meio da compostagem. A compostagem está entre os objetos de estudos da PNRS, trazendo uma alternativa à disposição final de resíduos que possuem opção de tratamento (Brasil, 2010).

Inicialmente, é necessário fazer uma melhor investigação acerca da relação: índice alto de rejeitos e hábitos de juntar tudo. Conhecer melhor essa característica é fundamental para elaboração de campanhas de coleta de matéria orgânica, além de tornar mais eficiente a educação ambiental. Considerando os seguintes dados: material domiciliar compostável (21,1%); resíduos de jardim e semelhantes (8,9%) e restos de alimentos, frutas e verduras (12,2%), conclui-se que mesmo com um percentual de rejeitos alto, o município de Beberibe-CE possui um potencial razoável para projetos de compostagem. Esse é um segundo ponto que pode ser trabalhado, diminuir as grandes quantidades de resíduos misturados e rejeito, consequentemente elevando o índice de matéria orgânica para a compostagem.

Quanto ao material compostável, a média nacional e estadual é bem superior ao encontrado no município de Beberibe. Já em relação aos rejeitos, o percentual do município é bem superior à média nacional e estadual. Levando-se em conta apenas o material compostável, verifica-se que nos resíduos domiciliares, existe um percentual maior de matéria orgânica proveniente de restos de alimentos e hortifrutis (58%), do que a matéria orgânica proveniente de resíduos de jardim (42%), como pode-se observar na Figura 9.

Figura 9 - Capacidade compostável dos resíduos domiciliares de Beberibe/CE.



Fonte: Autores (2024).

Apesar dos índices abaixo do esperado, é totalmente viável a aplicação de planos que busquem o reaproveitamento dos resíduos para reciclagem, seja para a compostagem ou para o beneficiamento de secos. Salienta-se que se verificou valores relativamente altos para os rejeitos, porém com a implantação da coleta seletiva e de programas de educação, se espera que haja uma diminuição nesses números.

4.2 Peso específico

O peso específico aparente é aquele referido aos resíduos sólidos nas condições em que eles se apresentam inicialmente, prontos para serem coletados, ou seja, sem descontar os vazios. Além disso, ele é importante para os dimensionamentos de Aterros Sanitários, pois está relacionado com o seu poder de capacidade (Bezerra, 2023). Esse parâmetro pode oferecer subsídios ao dimensionamento dos equipamentos de armazenamento dos resíduos sólidos. O valor encontrado para Beberibe foi de 177,79 kg/m³.

4.3 Geração de resíduos

O volume coletado pelo serviço de coleta seletiva do município é de aproximadamente 5.271 m³. Portanto, considerando o peso específico do resíduo de 177,79kg/m³ a geração de resíduos encontrada foi de 937,13 toneladas por mês. Após isso, foi estipulado os valores referentes aos pesos dos tipos de resíduos encontrados, conforme a Tabela 9.



Tabela 9 - Volumes coletados por mês e por dia de cada tipo de resíduo.

Tipo de Material	Coletado Ton/mês	Coletado Ton/dia	%
PET	38,07	1,27	4,1%
PVC	1,76	0,06	0,2%
Polipropileno	30,16	1,01	3,2%
Polietileno	65,80	2,19	7,0%
Papel branco	13,32	0,44	1,4%
Papelão	33,59	1,12	3,6%
Jornais, revistas	9,52	0,32	1,0%
Vidro	42,61	1,42	4,5%
Alumínio	8,32	0,28	0,9%
Metal ferroso	11,77	0,39	1,3%
Isopor	7,29	0,24	0,8%
Tecido	21,85	0,73	2,3%
Tetrapak	9,58	0,32	1,0%
Plástico laminado	7,29	0,24	0,8%
Borracha	2,05	0,07	0,2%
Resíduos de Jardim	83,28	2,78	8,9%
Restos de Alimentos	114,21	3,81	12,2%
Rejeitos	436,67	14,56	46,6%
TOTAL	937,13	31,24	100%

Fonte: Autores, 2024.

4.4 Geração *per capita* de resíduos

A população do município de Beberibe é de 53.114 habitantes (IBGE, 2022). Considerando uma média de 80% da população atendida do município pela coleta regular de resíduos sólidos, ou seja, 42.491 habitantes, a geração *per capita* de resíduos domiciliares é de 0,74 kg/hab/dia. Esse resultado se aproxima aos valores estimados de geração *per capita* (kg/hab/dia) para a Região Nordeste do Brasil, sendo de 0,95 kg/hab/dia (ABRELPE, 2022). Além disso, nos estudos de Campos (2012), a evolução da geração *per capita* dos resíduos sólidos no Brasil pode estar em função do crescimento da renda da população.

5 CONCLUSÃO

O município de Beberibe apresenta um bom potencial para reciclagem e reutilização de materiais recicláveis. Diante disso, seria relevante o engajamento do Poder Público Municipal com a população, através da educação ambiental, assim como, a adoção de práticas já desenvolvidas em outros municípios, como é o caso dos Ecopontos em Fortaleza. Através dessa iniciativa é possível fazer a destinação ambientalmente correta dos resíduos sólidos domésticos e engajar a população, tornando ela um sujeito ativo pelo desenvolvimento sustentável.

Além disso, é necessário que a gestão do município faça um trabalho com foco na mudança de atitude e de comportamento da população. Grandes campanhas com o intuito de promover a coleta seletiva de resíduos orgânicos. Na prática, não misturar esse material com



rejeitos, secos ou mesmo areia. As campanhas devem convidar as pessoas a fazerem diferente e considerar existir um sistema de coleta seletiva em operação. Portanto, com essas iniciativas já haveria a contribuição para melhorias no saneamento ambiental do município.

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8419**: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 7 p.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. São Paulo, 52p. 2020.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. São Paulo, 64p. 2022.

BEZERRA, D. E. **Evolução do comportamento dos resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário sob aspectos mecânicos**. 2023. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2023.

BRASIL. **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. Brasília: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 19 fev. 2024.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 171-180, jun. 2012.

DE CARVALHO, J. L. V.; DE JESUS, S. C.; PORTELLA, R. B. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares e comerciais do centro da cidade de Barreiras – Bahia. **Revista Chão Urbano**, v. 13, n. 3, p. 1-21, maio/jun. 2013.

DE SOUSA, E. F.; BEZERRA, J. M.; LOPES, J. R. A. Estimativa da produção de biogás e composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Bom Sucesso-PB. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 23, n. 2, p. 201-219, maio/ago. 2020.

DOS SANTOS, J. A. *et al.* Composição gravimétrica e a taxa de geração per capita de Resíduos Sólidos Domiciliares. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 5, n. 4, p. 2586-2596, out. 2020.

GALDINO, S. D. J.; MARTINS, C. H. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional de um município de pequeno porte. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 20, n. 1, p. 01-8, dez. 2015.

GUIMARÃES, G. D. A.; BATISTA, M. M. Avaliação do potencial de reciclagem dos resíduos sólidos urbanos na região central do município de Itacoatiara/AM. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Palhoça, v. 10, n. 3, p. 260-276, set. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama de Beberibe**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/beberibe/panorama>. Acesso em: 05 abr. 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/beberibe.html>. Acesso em: 04 fev. 2024.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil municipal de Beberibe**. 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Beberibe_2017.pdf. Acesso em: 04 fev. 2024.

MENEZES, R. O. *et al.* Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 271-282, mar./abr. 2019.

SOUZA, O. T.; CHAVES, I. R.; ALVIM, A. Reciclagem e gestão de resíduos sólidos como possibilidades para a geração de benefícios sociais, econômicos e ambientais. **Revista Grifos**, Chapecó, v. 24, n. 38/39, p. 51-70, ago. 2016.