



# 7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

## ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE UM ATERRO SANITÁRIO LOCALIZADO NA REGIÃO METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA: ESTUDO DE CASO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.7.24.IV-030>

**Maria Karoline Pedrosa de Andrade(\*)**, Isaac Sergio Araújo de Brito, Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani,

\* Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, [mkpa@poli.br](mailto:mkpa@poli.br)

### RESUMO

A gestão de resíduos sólidos vem se tornando cada vez mais crucial para preservar um ambiente saudável e equilibrado ecologicamente. Nesse sentido, a análise da composição gravimétrica tem sido utilizada como instrumento para estabelecer diretrizes e protocolos em diversas fases do sistema de gestão desses resíduos, inclusive na compreensão da análise da estabilidade de taludes. Assim sendo, este trabalho tem como objetivo analisar as características de um material recolhido através de amostra de sondagem realizada em um aterro sanitário localizado na Região Metropolitana de João Pessoa – PB, analisar também o percentual de umidade presente nos resíduos, caracterizar a composição gravimétrica, comparar os componentes destes resíduos com a média do país e por fim interpretar a estabilidade do talude em estudo, alinhando possíveis soluções. Assim sendo, foi possível concluir que o aterro em questão conta com um percentual de umidade de 45%, o que é bastante significativo, comprometendo assim a estabilidade do mesmo, e em contrapartida, os materiais ali depositados, como a presença de fibras (30%) que sofrerá redução com o tempo, pois foi possível constatar uma quantidade representativa de madeira no grupo de demais fibras. Ainda, a presença excessiva de umidade pode afetar a estabilidade do terreno, aumentando o risco de deslizamentos e na pior das hipóteses o colapso. Portanto, a umidade elevada também pode comprometer a eficácia dos sistemas de drenagem de líquidos e gases, potencialmente levando a problemas ambientais, como vazamentos de lixiviados e emissões de gases tóxicos. Deve-se realizar estudos geotécnicos de cisalhamento direto com esse percentual a fim de obter dados técnicos para futuras análises de estabilidade do talude do aterro sanitário. Isso pode incluir a implementação de sistemas de drenagem mais eficientes, o controle cuidadoso do aporte de água no aterro e a adoção de práticas de cobertura e compactação adequadas para reduzir a exposição dos resíduos à umidade ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos, Composição Gravimétrica, Gestão de resíduos.

### ABSTRACT

Solid waste management is becoming increasingly essential to preserving a healthy and ecologically balanced environment. In this regard, gravimetric composition analysis has been used as a tool to establish guidelines and protocols in various phases of the waste management system, including in the understanding of slope stability analysis. Therefore, the objective of this study is to analyze the characteristics of a sample of material collected through drilling from a landfill located in the João Pessoa Metropolitan Area, in order to analyze the percentage of moisture present in the waste, characterize its gravimetric composition, compare the components of this waste with the averages for the country, and finally, interpret the stability of the slope under study, outlining possible solutions. It was possible to conclude that the landfill in question had a humidity percentage of 45%, which is quite significant and could compromise its stability. It was also found that the materials deposited there, such as fibers (30%), will be reduced over time, as it was possible to detect a representative amount of wood in the group of other fibers. Excessive moisture can affect the stability of the terrain, increasing the risk of landslides and, in the worst case, collapse. High humidity can also compromise the effectiveness of liquid and gas drainage systems, potentially leading to environmental problems such as leachate leaks and toxic gas emissions. Geotechnical direct shear studies need to be carried out with this percentage of moisture in order to obtain technical data for future landfill slope stability analyses. This could include the implementation of more efficient drainage systems, careful control of the amount of water entering the landfill, or the adoption of appropriate covering and compaction practices to reduce the exposure of the waste to environmental humidity.

**KEYWORDS:** Solid Waste, Gravimetric Composition, Waste Management.



## INTRODUÇÃO

Constituiu-se fato: Componentes tecnológicos, aumento da geração per capita e um labirinto de crescente, desenfreado e desordenado consumo, fez com que nas últimas décadas, houvesse um aumento em escala significativa na produção de resíduos sólidos urbanos (RSU), tanto em volume quanto em diversidade destes componentes. Segundo Soares *et al.*, (2019), esse crescimento é amplamente impulsionado também pela introdução constante de novos produtos no mercado. Como resultado, a cadeia de resíduos sólidos tem apresentado uma composição cada vez mais complexa e variada, o que influencia diretamente as estratégias de tratamento e disposição final.

A gestão adequada dos resíduos sólidos tem sido reconhecida como um dos principais desafios enfrentado por muitos municípios do estado brasileiro. Ainda de acordo com Soares, a fase de disposição final dos RSU, muitas vezes é negligenciada, devido à escassez de recursos financeiros e à falta de compreensão de sua importância em relação às etapas anteriores do ciclo de gestão desses resíduos, fator expoente da cultura de consumir, sem uma visão cautelosa do pós consumo. Outrora, é preocupante, pois a destinação inadequada dos resíduos sólidos acarreta uma série de problemas ambientais, “arrastando” a poluição do solo, do ar e da água e impactos na saúde pública.

No ano de 2022, o mundo viu a retomada das atividades após a organização mundial da saúde (OMS) declarar que o globo já não estava mais na pandemia do COVID-19, isso trouxe dinâmicas distintas em comparação ao ano anterior. Consoante Dominguez e Bécker (2023) *apud* ABRELPE (2023), durante o período de 2010 a 2019, o Brasil testemunhou um aumento considerável na geração de RSU, passando de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano. Paralelamente, a geração per capita deu uma elevada significativa, indo de 348 kg por ano para 379 kg/ano.

A Legislação nº 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), introduzindo novas responsabilidades e obrigações que abordam o Governo no âmbito da gestão adequada dos resíduos sólidos. Dentro dos princípios direcionadores dessa política estão contempladas: prevenção e precaução; princípio do poluidor-onerado; ator-receptor; cooperação entre as esferas do poder público, empresarial e sociedade; responsabilidade compartilhada; entre outros. A PNRS prioriza principalmente a proteção da saúde pública e a conservação ambiental, incentivando a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada, gestão integrada, etc.

As metas a partir dos objetivos da responsabilidade compartilhada são: diminuição da geração de resíduos sólidos; redução do desperdício de materiais; mitigação da poluição; minimização dos danos ambientais; promoção do desenvolvimento de mercados, produção e consumo de itens derivados de materiais reciclados e recicláveis. Isto envolve a sociedade na reflexão sobre assuntos como a reavaliação dos padrões de consumo, reciclagem de materiais, fomento de novos empreendimentos com enfoque socioambiental, mitigação dos impactos ambientais relacionados ao estilo de vida atual e inclusão sócia, (MMA, 2019).

Os resíduos sólidos ocupam um lugar de destaque nas políticas públicas brasileiras, inclui não somente a PNRS, mas também a Política Nacional de Saneamento Básico. Essas legislações, exigem dos municípios a elaboração de planos abrangentes para o gerenciamento integrado desses resíduos. De acordo com Evangelista *et al.*, (2020), o objeto de trabalho pode ser categorizado de diversas maneiras, levando em consideração a natureza física, a composição química, o grau de periculosidade e a origem do material. Neste contexto, foi destacado os resíduos sólidos urbanos, os quais englobam os resíduos domiciliares e os oriundos da limpeza urbana, originados nas atividades cotidianas e na manutenção de áreas públicas.

A PNRS estabelece uma hierarquia de prioridades no manejo desses materiais, favorecendo a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento. Os aterros sanitários devem ser exclusivos de resíduos domiciliares, comerciais e de limpeza urbana. Somente quando todas as alternativas são esgotadas, resta a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, ou seja, dos resíduos que não podem ser mais aproveitados economicamente ou tecnologicamente. Este último estágio é fundamental para garantir a preservação do meio ambiente e da saúde pública Evangelista *et al.*, (2020), já os resíduos industriais radioativos, da saúde e da construção civil, devem encontrar seu destino nos aterros industriais. No entanto, é essencial ressaltar que, no Brasil, a prática irregular de disposição, conhecida comumente como "Lixões", ainda persiste em muitas localidades do país.

Considerando o exposto anteriormente, a análise gravimétrica envolve a minuciosa determinação dos percentuais em peso dos principais elementos presentes na massa dos RSU. Ainda, a mesma é essencial para entender a composição dos resíduos, o que é fundamental para uma gestão eficaz dos aterros sanitários. Essa análise fornece informações detalhadas sobre a distribuição percentual em peso dos diferentes componentes presentes na massa de resíduos, como



materiais orgânicos, plásticos, papel, vidro, metais, entre outros, ajuda no monitoramento da qualidade dos resíduos depositados no aterro. A profundidade dessa caracterização varia de acordo com os objetivos do estudo, podendo ser mais relevante a análise de um ou mais componentes específicos.

Inicialmente, a caracterização dos resíduos sólidos urbanos foi conduzida utilizando amostras coletadas na região metropolitana de João Pessoa. Este processo abarcou a análise física dos RSU, incluindo a composição gravimétrica, distribuição granulométrica, classificação morfológica, e o teor de umidade.

## OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho é analisar as características de um material recolhido através de amostra de sondagem realizada em um aterro sanitário localizado na Região Metropolitana de João Pessoa – PB, por meio da análise gravimétrica pontual e gerar subsídios para a análise de estabilidade do talude.

E tem como objetivos específicos:

- Analisar o percentual de umidade presentes nos resíduos
- Caracterizar o material através da composição gravimétrica.
- Comparar as características dos RSU, com outros presentes na literatura

## METODOLOGIA

A metodologia adotada para a análise da composição gravimétrica foi embasada em fontes literárias e na recomendação técnica da Sociedade Alemã de Geotecnia, conforme detalhado por Borgatto (2010). Todas as análises foram conduzidas no Laboratório de Solos e Instrumentação da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

### 1. Conceitos fundamentais

Explorar os princípios intrínsecos das propriedades físicas dos resíduos sólidos emerge como aprimoramento dos métodos de ensaio e análise. Dentro deste domínio, destacam-se conceitos cruciais que impulsionam a compreensão e a eficiência na gestão dos resíduos. Tais conceitos englobam a composição, a granulometria, a classificação morfológica, e o teor de umidade.

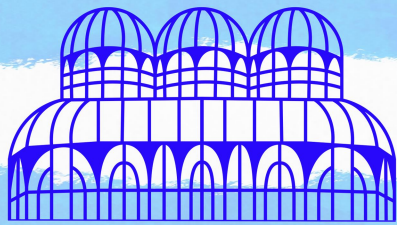
A análise da composição desvela a diversidade dos materiais presentes nos resíduos, delineando suas proporções relativas e contribuições individuais. Por sua vez, a granulometria revela a distribuição dimensional desses materiais, elucidando suas texturas e padrões estruturais. A classificação morfológica identifica características visuais e formais que conferem identidade e complexidade aos resíduos, flexibilizando sua compreensão, já o teor de umidade, enquanto medida da quantidade de água presente nos resíduos desempenha um papel crucial na determinação da sua estabilidade e comportamento em diferentes condições ambientais.

### 2. Exploração experimental e análise preliminar dos resíduos sólidos urbanos

O processo de análise e investigação realizado em laboratório, destinado a examinar como os aterros de resíduos sólidos urbanos (RSU) se comportam do ponto de vista geotécnico. A análise desse estudo inclui uma descrição abrangente das abordagens metodológicas adotadas, bem como a apresentação dos resultados obtidos e suas análises, provenientes dos ensaios realizados para caracterizar os resíduos.

### 3. Ensaio de teor de umidade

Para determinar o teor de umidade dos materiais, expresso em (%), uma etapa fundamental no processo de caracterização, foi adotar o método de secagem em estufa. Este procedimento requereu uma cuidadosa calibração dos instrumentos utilizados, incluindo a balança com uma resolução precisa de 0,1g. Além disso, a estufa foi ajustada para manter uma temperatura constante dentro do intervalo de  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , garantindo condições ideais para a secagem adequada do material. Essas precauções asseguram a confiabilidade dos resultados obtidos, fornecendo uma base sólida para análises subsequentes e interpretações dos dados.



#### 4. Caracterização gravimétrica

Para o procedimento do ensaio, inicialmente, todas as amostras foram homogeneizadas e colocadas em bandejas para secagem por aproximadamente 72 horas, utilizando as paredes da parte externa da estufa do laboratório. Após a completa secagem do material, realizou-se a pesagem total e, em seguida, o peneiramento para separar o material granular dos demais componentes. Essa abordagem foi adotada como recurso para a caracterização, uma vez que não havia outra maneira viável de separar os constituintes dos resíduos sólidos. Essa elevada umidade, juntamente com a necessidade de homogeneização das amostras (conforme ilustrado na Figura 1), dificultou sua caracterização inicial. Por isso, decidiu-se pela secagem do material seguida da caracterização gravimétrica subsequente.



Figura 1: Amostras do material extraído do aterro de João Pessoa. Fonte: Autores.

Conforme estabelecido pela Sociedade Alemã de Geotecnia GDA – EMPFEHLUNGEN E 1-7 (DGGT, 1994), as amostras de RSU foram submetidas inicialmente a um criterioso processo de peneiramento, utilizando peneiras de diferentes aberturas: 120 mm, 40 mm, 20 mm e 8 mm (Figura 2). Posteriormente, o material com diâmetro igual ou inferior a 20 mm foi submetido a uma minuciosa triagem manual, onde cada fração componente foi separada e pesada individualmente.

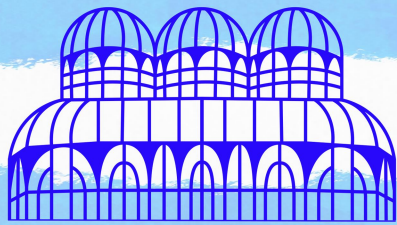
Essas frações foram agrupadas de acordo com suas características similares, considerando seu comportamento mecânico e estabilidade bioquímica. Os grupos definidos foram os seguintes:

- Papel/Papelão: Englobando materiais compostos principalmente por papel ou fibras semelhantes, como papelão, embalagens de papel, impressos, tapetes e fraldas;
- Plástico Filme: Compreendendo substâncias constituídas por materiais sintéticos flexíveis, como embalagens plásticas macias, películas, tecidos, borracha e couro macios;
- Metal: Incluindo tanto metais ferrosos quanto não ferrosos;
- Mineral: Contemplando materiais compostos predominantemente por substâncias minerais ou com comportamento mecânico ou biológico semelhante, como vidro, cerâmica e solo;
- Madeira: Englobando materiais derivados de origem vegetal;
- Material Misto: Consistindo em resíduos com granulometria  $\leq 20$  mm, geralmente compostos por uma combinação de materiais orgânicos e minerais. Esse grupo foi subdividido em duas categorias: (a) entre 8 e 20 mm e (b)  $\leq 8$  mm.

A distribuição dos grupos foi especificada em termos percentuais do peso total, considerando o peso úmido total como referência.

Dada a complexidade da situação em que o material se encontrava, inviabilizando uma caracterização detalhada conforme descrita anteriormente, optou-se por uma abordagem simplificada, na qual o material foi dividido nos seguintes grupos:

1. Material granular com diâmetro  $\leq 8$  mm;
2. Componentes minerais;
3. Plásticos;



### 4. Outras fibras.



**Figura 2: (a) Peneiramento**

**Fonte: Autores.**

**do material extraído**



**Figura 3: (b) Material retido na peneira de 8 mm. Fonte: Autores.**

## RESULTADOS

### Teor de umidade

As amostras retiradas das perfurações efetuadas no aterro sanitário constataam uma elevada umidade, com uma média de 45%. Essas informações são bastante importantes para compreender as condições do material armazenado no aterro, ressaltando a importância de considerar a umidade nos processos de análise e gestão dos resíduos dos procedimentos a seguir.

### Representação da caracterização gravimétrica

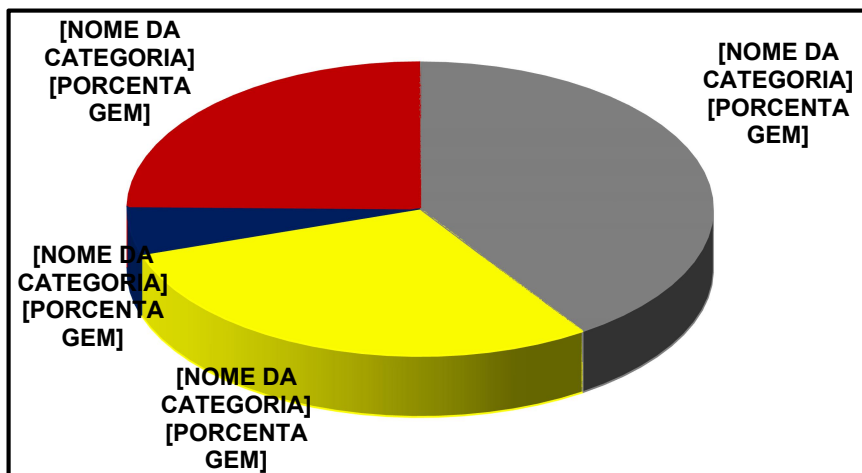


Figura 4: Composição gravimétrica do material extraído do aterro de João Pessoa. Fonte: Autores.

Os dados da figura 2 mostram que os resíduos plásticos constituem aproximadamente 5,29% do total, enquanto outras fibras não especificadas totalizam 24,75%, e os minerais representam cerca de 29,31%. É crucial observar que o material em análise consiste em resíduos com uma presença mínima de materiais degradáveis, exceto pela madeira, que está incluída no grupo de demais fibras.

Uma observação relevante é a significativa representação das fibras, totalizando quase 30% do total. No entanto, é importante ressaltar que essa proporção de fibras tenderá a diminuir ao longo do tempo. Isso ocorre devido à presença substancial de madeira no grupo de outras fibras, que gradualmente se decompõe com o passar do tempo.

A alta umidade detectada nas amostras pode ter implicações profundas em vários aspectos da operação do aterro sanitário. Por exemplo, a presença excessiva de umidade pode afetar a estabilidade do terreno, aumentando o risco de deslizamentos de terra e colapsos estruturais. Além disso, a umidade elevada também pode comprometer a eficácia dos sistemas de drenagem de líquidos e gases, potencialmente levando a problemas ambientais, como vazamentos de lixiviados e emissões de gases tóxicos, a mesma pode influenciar a decomposição dos resíduos, acelerando o processo de biodegradação e contribuindo para a produção de gases de efeito estufa, como metano e dióxido de carbono. Essas emissões de gases, por sua vez, podem ter impactos significativos sobre a qualidade do ar e contribuir para as mudanças climáticas globais.

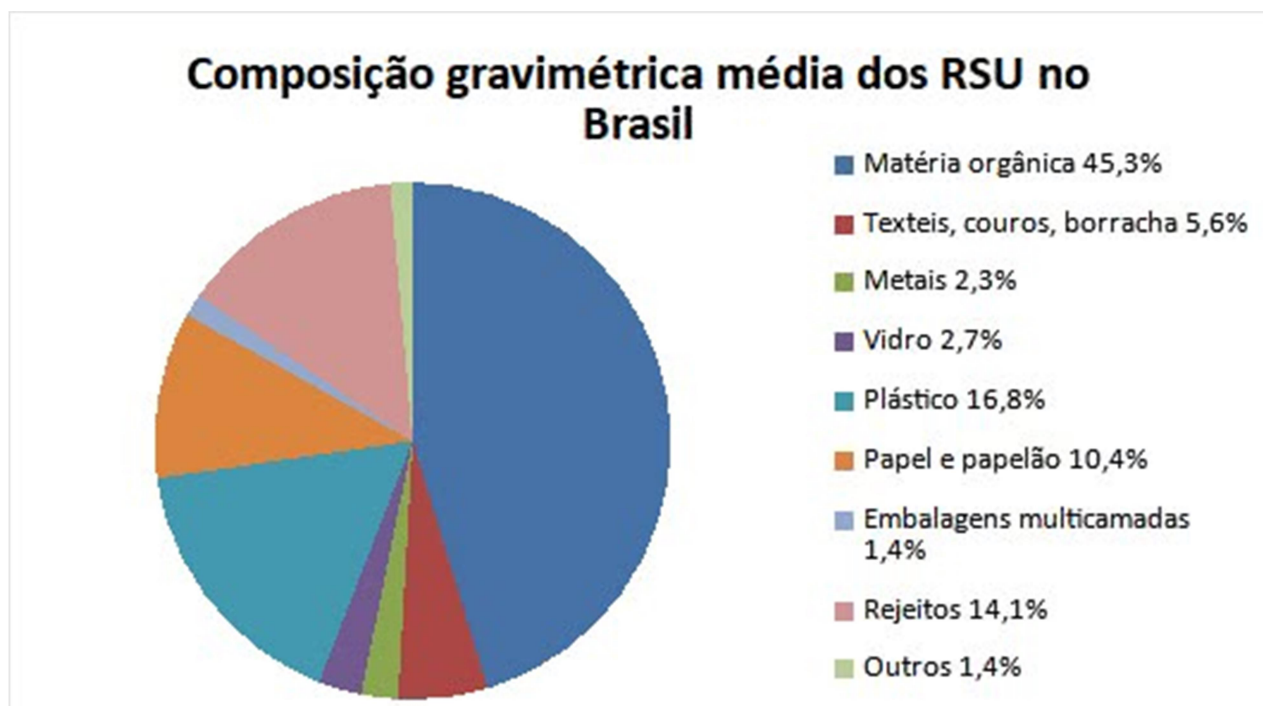
Essas resultantes oferecem dados significativos sobre a composição e a dinâmica dos resíduos, destacando a importância de considerar a degradação e evolução dos materiais ao longo do tempo.

### Análise comparativa da composição gravimétrica média dos RSU no Brasil

A análise comparativa dos dados compilados de estudos diversos abriu caminho para uma avaliação estatística abrangente, explorando os diferentes componentes dos RSU e suas respectivas proporções. O relatório do Panorama da Abrelpe 2021, por exemplo, oferece uma visão detalhada da composição gravimétrica em 186 municípios brasileiros de todos os estados, categorizando os resíduos em orgânicos, metais, vidros, plásticos, papel/papelão e rejeitos.

A partir dessas informações, foi possível identificar dados suficientes para calcular uma composição média nacional dos RSU. Entretanto, é crucial ressaltar a necessidade de estabelecer bases de dados mais robustas e atualizadas de forma periódica, visando aprimorar esse processo no futuro e fornecer uma representação mais precisa e abrangente da realidade dos resíduos sólidos no país.

A estimativa da composição gravimétrica nacional foi realizada mediante uma média ponderada, levando em consideração a geração total de RSU em diferentes faixas de renda dos municípios, juntamente com suas respectivas composições gravimétricas. Esse método considerou também a população residente em cada município e a geração per capita de resíduos, garantindo uma abordagem abrangente e representativa na análise da composição dos RSU em nível nacional.



**Figura 5: Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos urbanos – RSU no Brasil. Fonte: Unicamp, 2021.**

A composição dos RSU reflete uma variedade de materiais provenientes de diferentes fontes e atividades. A matéria orgânica, composta por sobras e perdas de alimentos, madeiras e resíduos verdes, destaca-se como um dos principais componentes dos resíduos. Além disso, os têxteis, couros e borrachas, que englobam retalhos, peças de roupas, calçados, mochilas, pedaços de couro e borracha, também contribuem significativamente para a composição dos mesmos.

As embalagens multicamadas, como as compostas por diversos materiais, como as embalagens Tetra Pak, representam outra fração importante dos RSU. Por sua vez, os rejeitos, que incluem resíduos sanitários, materiais não identificados e recicláveis contaminados, entre outros, compõem uma parte dos resíduos descartados.

Além disso, há uma variedade de outros materiais presentes que não se enquadram diretamente em nenhuma das categorias mencionadas anteriormente. Estes incluem resíduos de saúde, equipamentos eletroeletrônicos, baterias, resíduos de construção e demolição, óleos, pneus, embalagens de agrotóxicos e outros resíduos perigosos.

Analisando a proporção de cada componente nos RSU, observa-se que os orgânicos representam a maior parte, com 45,3% do total. Os recicláveis secos, que incluem plásticos, papel, papelão, vidros, metais e embalagens multicamadas, somam 33,6%, com os plásticos sendo o componente mais significativo, representando 16,8%. Os rejeitos correspondem a 14,1%, principalmente compostos por materiais sanitários.



Quanto às demais frações, os resíduos têxteis, couros e borrachas, totalizam 5,6%, enquanto outros resíduos não especificados anteriormente representam 1,4%. É importante destacar que uma parcela significativa desses materiais objetos de logística reversa é descartada incorretamente como RSU, ressaltando a importância de estratégias eficazes de gestão de resíduos para lidar com essa questão.

### **Análise comparativa da composição gravimétrica média dos RSU no Brasil X Análise da composição gravimétrica do RSU do trabalho vigente**

Nos dados da média do país, a composição dos RSU é detalhada em diferentes categorias, incluindo matéria orgânica, têxteis, couros, borrachas, embalagens multicamadas, rejeitos e uma variedade de outros materiais. Esta análise categoriza os resíduos de acordo com sua origem e características físicas, identificando os principais componentes e suas proporções relativas dentro da composição dos RSU. Por exemplo, é observado que os orgânicos representam a maior parte dos resíduos, seguidos pelos recicláveis secos e rejeitos, com cada categoria contribuindo de maneira significativa para a composição total dos resíduos.

Por outro lado, os dados do trabalho em estudo fornece uma análise mais específica das proporções de resíduos plásticos, fibras não especificadas e minerais. Esta análise quantifica a contribuição de cada componente para o total de resíduos, destacando a presença mínima de materiais degradáveis, exceto pela madeira. Além disso, ressalta-se a importância das fibras, com uma proporção significativa representada por esses materiais.

Apesar das diferenças na abordagem, os dois casos compartilham semelhanças notáveis em suas conclusões. Ambos os conjuntos de dados destacam a importância da matéria orgânica e dos materiais não biodegradáveis em sua composição. Além disso, ambos reconhecem a influência da decomposição da madeira nas proporções de fibras ao longo do tempo, sugerindo uma dinâmica evolutiva na composição dos RSU.

### **CONCLUSÕES**

O estudo realizado no aterro de João Pessoa indica que o material coletado consiste principalmente em resíduos sólidos urbanos antigos, com uma presença mínima de material orgânico identificável, sendo a madeira a única componente degradável em uma proporção limitada. As amostras mostraram um teor de umidade significativamente alto, atingindo uma média de 45%, evidenciando a presença ubíqua de umidade como um fator relevante na análise e gestão dos resíduos. A alta umidade detectada pode afetar a estabilidade do terreno, comprometer sistemas de drenagem e contribuir para a aceleração da decomposição dos resíduos, gerando emissões de gases de efeito estufa.

Diante desses resultados, torna-se crucial adotar medidas para gerenciar e mitigar os efeitos da umidade nos aterros sanitários, como a implementação de sistemas de drenagem mais eficientes, controle cuidadoso do aporte de água e práticas adequadas de cobertura e compactação dos resíduos. Além disso, a presença de 30% de fibras sugere a necessidade de estudos geotécnicos adicionais para análises de estabilidade do talude do aterro sanitário. A promoção do reuso e reciclagem de materiais pode prolongar a vida útil do aterro sem comprometer sua estabilidade.

Observa-se também que a deposição significativa de materiais não biodegradáveis nos aterros sanitários brasileiros resulta em impactos ambientais prolongados, já que esses materiais permanecem fisicamente intactos por períodos prolongados. Esses resíduos não biodegradáveis podem causar contaminação do solo e da água subterrânea, especialmente quando expostos à umidade. Portanto, uma gestão adequada desses resíduos, incluindo técnicas de reciclagem e reutilização, é essencial para minimizar os impactos ambientais dos aterros sanitários.

### **AGRADECIMENTOS**

A Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE), ao grupo de Pesquisa **Desenvolvimento Seguro e Sustentável (DESS)**, Representado pela Profa. Dra. **Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani**, A estes, os mais sinceros agradecimentos a todo apoio/financeiro prestado para a realização deste trabalho.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2021.





# 7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

2. ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2023.
3. BORGATTO, A. V. A (2010). **Estudo das Propriedades Geomecânicas de Resíduos Sólidos Urbanos Pré-Tratados**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Outubro, 271p.
4. DGGT, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (1994). **Empfehlungen der Arbeitskreises “Geotechnik der Deponien und Altlasten”**. *GDA E 1-7: Identifizierung und Beschreibung von Abfällen (Entwurf)*. Bautechnik 71, Helf 9, Berlin: Wilhelm Ernst e Sohn.
5. DOMINGUEZ, C, R, A; BÉCKER, M. R. **Potencial de Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos gerados no município de Foz do Iguaçu mediante o tratamento de resíduos “waste-to-energy.”** 6º Congressol Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2023/XII-003.pdf>. Acesso em: 29 de março de 2024.
6. EVANGELISTA *et al.*, 2020. **Panorama da geração de resíduos sólidos urbanos - rsu no brasil e seus impactos ao meio ambiente: uma análise comparativa de 2011 a 2018**. 3º Congresso Sul-Americano de resíduos sólidos. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2020/IV-021.pdf>. Acesso em: 02 de abril de 2024.
7. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Responsabilidade Compartilhada**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/9339-responsabilidade-compartilhada>. Acesso em 29 de março de 2024.
8. Organização Mundial da saúde (OMS), 2022.
9. SOARES *et al.*, 2019. **Análise da destinação dos resíduos sólidos urbanos gerados em Formiga-MG**. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/XI-033.pdf>. Acesso em 27 de março de 2024.
10. REDAÇÃO. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. EcoDebate. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2021/06/29/composicao-gravimetrica-dos-residuos-solidos-urbanos-no-brasil/>. Acesso em: 27 de março de 2024.