

### III-179 - AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO LODO DE CHORUME TRATADO VIA GEOBAG ATRAVÉS DAS TÉCNICAS DE MEV E EDS

**Laércio dos Santos Rosa Junior<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestrando em Engenharia Civil pela UFPA.

**Paulo Guilherme Mesquita<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Faculdade Estácio (ESTÁCIO-MA). Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano pela UFPA.

**Hélio da Silva Almeida<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela UFPA.

**Fernanda Paula Costa Assunção<sup>(4)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Mestranda em Engenharia Civil pela UFPA.

**Dilson Nazareno Pereira Cardoso<sup>(5)</sup>**

Engenheiro químico pela UFPA. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UFPA. Mestre em Engenharia Química pela UFPA. Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela UFPA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá - Belém - PA - CEP: 66075-110 - Brasil - Tel: (91) 9.8244-0621 - e-mail: eng.laercio.junior@gmail.com

#### RESUMO

Neste trabalho, realizou-se a avaliação morfológica qualitativa e semi-quantitativa de lodo de chorume, gerado no aterro sanitário localizado no município de Rosário-MA, tratado via geobag, a fim de contribuir para o levantamento de alternativas de aproveitamento e destinação adequada desse material. Os métodos empregados foram a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e a Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS). Os resultados apresentaram um material com composição química predominantemente inorgânica, abundante em oxigênio (68,54 %) e cálcio (27,15 %). Foram detectados, também, elementos como o sódio (0,35 %), magnésio (2,78 %), alumínio (0,19 %), silício (0,50%), cloro (0,23 %) e potássio (0,28 %), além de elevado número de poros e morfologia heterogênea.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chorume, Lixiviado, Lodo, Geobag, Características Morfológicas.

#### INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e a urbanização vêm sofrendo alterações e, como consequência, tem-se o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), o que representa um dos maiores problemas ambientais, sociais e econômicos da atualidade (Gouveia *et al.* 2012).

Nos municípios brasileiros, coleta-se diariamente, cerca de 260 toneladas de resíduos sólidos. Mais de 50% dos municípios dispõem seus resíduos em locais a céu aberto, em cursos d'água ou em áreas ambientalmente protegidas (IBGE, 2017).

Alguns municípios do Nordeste geraram, em 2016, a quantidade de 55.056 toneladas/dia de RSU, das quais 79% foram coletadas. Do montante coletado na região, 64,4% ou 27.906 toneladas diárias ainda são destinadas para lixões e aterros controlados. Nesse contexto, o estado do Maranhão possui apenas um aterro sanitário licenciado. O qual recebe apenas 20% das 6.754 toneladas de resíduos geradas por dia no estado, sendo 23,3% destinado a aterros controlados e 14,4% a lixões (ABRELPE, 2016).

Somado a isso, a disposição inadequada dos RSU pode aumentar alguns riscos como a emissão de gases de efeito estufa, o aumento de agentes transmissores de doenças e a geração de chorume (Gouveia, 2012). Este último, também denominado lixiviado ou líquido percolado, consiste em um líquido de coloração escura e

odor desagradável resultante da decomposição dos resíduos sólidos junto à percolação da água que lixivia constituintes orgânicos e inorgânicos através destes resíduos (Orlando *et al.* 2014).

Diante desta problemática, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei 12.305/2010), regulamentou a proibição, a partir de agosto de 2014, sobre a disposição em aterro sanitário de qualquer resíduo passivo de reaproveitamento. A correta disposição final dos resíduos sólidos reduz o seu potencial de contaminação ambiental.

Assim, durante a vida útil do aterro e após cessar o seu funcionamento é necessário que haja o monitoramento cuidadoso dos gases, bem como o emprego de técnicas de tratamento dos líquidos lixiviados (SILVA, 2016). Uma das técnicas de tratamento para esse material é a sua aplicação na indústria da construção civil. Que vem se destacando na reciclagem de resíduos industriais e urbanos, pois possui uma elevada produção, o que permite que um grande volume de resíduo seja utilizado.

## OBJETIVO

Este trabalho teve por objetivo investigar a composição química e morfológica, de forma qualitativa e semi-quantitativa, do lodo de chorume gerado no aterro sanitário localizado no município de Rosário-MA, a fim de levantar alternativas de disposição e aproveitamento, sanitariamente adequados, para esse material.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta e preparação das amostras

O lodo do chorume utilizado neste estudo foi obtido na Estação de Tratamento de Chorume (ETC), localizada no município de Rosário no estado do Maranhão, após o desaguamento do resíduo em geobag (figura 1).



**Figura 1: Lodo de chorume coletado em geobag, *in loco*.**

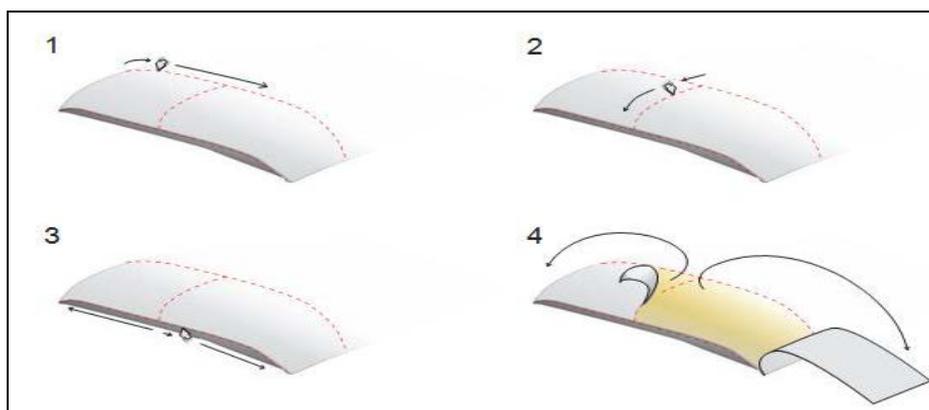
As amostras foram coletadas na área de secagem onde o geobag, após atingir a altura de dois metros, ficou em repouso por 30 dias até que fosse obtida a eficiência máxima de secagem. Posteriormente, foi realizado o fracionamento do mesmo, conforme figura 2.



**Figura 2: Esquema de fracionamento do geobag**

O geobag foi dividido em vinte partes, no sentido transversal e duas partes no sentido longitudinal, para que pudessem ser obtidos módulos uniformes em tamanho. Uma amostra foi retirada de cada um, de modo que o material não fosse investigado apenas de forma pontual.

Os cortes também foram efetuados para que camada superior da malha pudesse ser retirada, mantendo a inferior intacta, como observado no esquema da figura 3.



**Figura 3: Esquema de retirada da cobertura do geobag**

O lodo do chorume foi coletado com auxílio de draga manual tipo Van Veen e, em seguida, foi acondicionado em bag Nasco (B01195WA) de 2.000 mL de capacidade, sendo transportado em caixas isotérmicas sob-refrigeração (<10°C) e encaminhados à Usinas de Materiais, da Faculdade de Engenharia Química (USIMAT/FEQ), na UFPA.

Para a pesagem foi utilizada uma balança digital eletrônica modelo SF-400 1g/ 10 kg (figura 4), pertencente ao Laboratório de Resíduos Sólidos (LRS/FAESA/UFPA).



**Figura 4 – Pesagem do material**

Objetivando-se reduzir o teor de umidade foi realizado, em seguida, o processo de secagem do material em estufa térmica, pertencente à USIMAT/UFPA, com recirculação de ar e controle analógico de temperatura da SOC. FABBE. Ltda, MOD.170, a 100°C, por um período de 24 horas.

Para o cálculo do teor de umidade foi utilizado a equação 1:

$$U (\%) = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde,

U = umidade relativa;

Mf = massa final;

Mi = massa inicial.

Após o período de secagem, uma amostra composta de 50 g do material foi cominuída e peneirada, através de uma peneira de 18 MESH, para que fossem feitos os ensaios de caracterização.

### **Caracterização morfológica das amostras por meio da técnica de M.E.V e EDS**

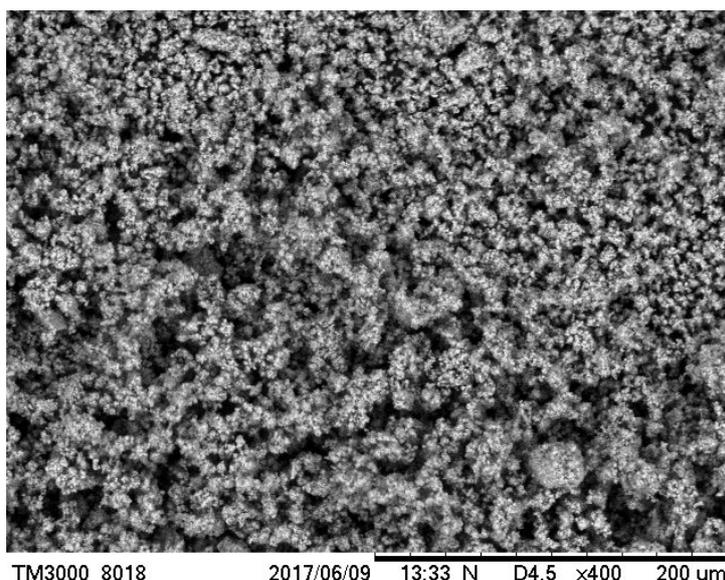
O microscópio eletrônico de varredura é um aparelho auxiliador, que pode revelar informações rapidamente sobre a morfologia e identificação de elementos químicos de amostras sólidas. Por esse motivo, é grande a sua utilização em biologia, odontologia, farmácia, engenharia, química, metalurgia, física, medicina e geologia (DEDAVID, 2007).

Há vários modelos e aplicações, através do MEV com detector de Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS). Esse sistema permite a análise qualitativa e quantitativa, permitindo mensurar os elementos de interesse, como por exemplo, detectar o elemento e determinar sua localização na amostra estudada, sendo utilizado principalmente por pesquisadores das áreas de engenharia, química e afins (RAMOS, 2013).

Neste estudo, a análise de MEV foi realizada através microscópio modelo TM 3000 Hitachi/Japão (tendo-se uma fita de cobre adesivo e metalizada, como base condutora) que está equipado com detector EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy), modelo swift ED 3000 x-ray.

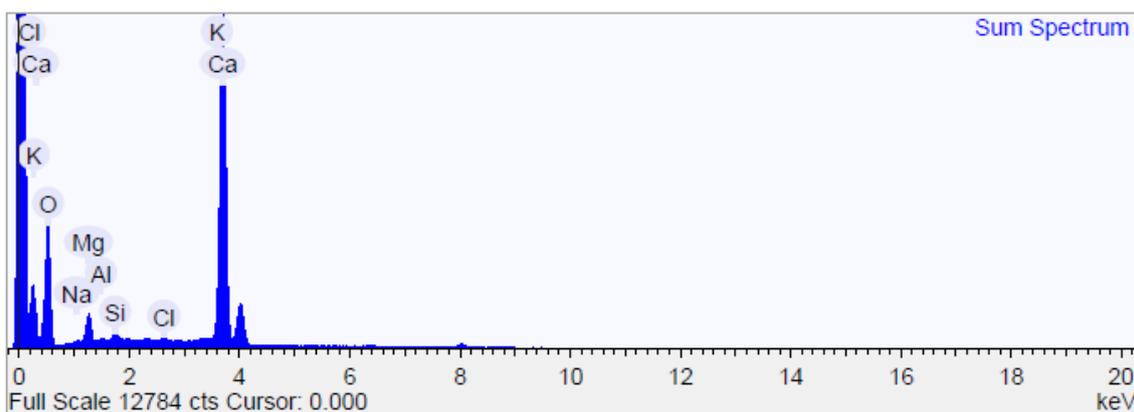
### **RESULTADOS OBTIDOS**

Das imagens obtidas na microscopia de varredura (MEV), pode-se observar na (Figura 5) que as amostras possuem forte energia de aglomeração de partículas. Tal fato facilita a formação de aglomerados entre si, apresentando diversas formas pseudoesféricas. Essas aglomerações são formadas, devido o material após passar pelo processo de secagem, possuir uma granulometria similar a texturas observadas em argilominerais. Tais características proporcionam elevação da energia de aglomeração das partículas induzindo sua junção.



**Figura 5: MEV da amostra de lodo de chorume, com zoom x400.**

Além do MEV, análises de espectroscopia de energia dispersiva (EDS) foram realizadas visando à identificação da composição química semi quantitativa das amostras. As imagens (micrografias) para a EDS apresentadas na (Figura 6) das amostras apresentaram, também, dimensões nanométricas (< 500 μm).



**Figura 6: Espectro global da composição da amostra gerado por EDS**

Por meio da determinação realizada, os percentuais de elementos químicos encontrados foram calculados de acordo com a média composicional dos pontos obtidos, conforme apresentado na tabela 1. Observou-se que os elementos químicos que compõe o lodo de chorume são predominantemente inorgânicos.

**Tabela 1: Composição química da amostra do lodo de chorume com base nos elementos mais representativos**

Composição química dos elementos presentes na amostra de lodo do chorume (%)								
Elementos	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca
<b>Percentual</b>	68,548	0,347	2,774	0,189	0,490	0,230	0,276	27,146

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

A Microscopia Eletrônica de Varredura da amostra de lodo de chorume analisada permitiu observar que se trata de um material com elevado número de poros, existência de partículas soltas, não aderidas, além da formação de agregados maiores, o que reflete uma interação mediana entre as partículas e sugere que o processo de mistura natural dos componentes não foi suficientemente eficaz, a fim de homogeneizar completamente o material.

Considerando os pontos que foram analisados pela análise de EDS, observou-se que em todos os experimentos os elementos predominantes são o cálcio (Ca), o oxigênio (O) e o (C) carbono. Mesmo a análise sendo pontual, pode-se observar coerência dos percentuais das amostras além da predominância do cálcio (Ca) sobre o carbono (C). Outros elementos como magnésio (Mg), silício (Si) e alumínio (Al) também foram encontrados, mas em percentuais menores. Essa composição permite explorar determinadas características do material como dureza e fragilidade, baixo tenacidade e ductilidade, além de boa estabilidade química (ligações fortes) e a presença de sais minerais presentes.

## **CONCLUSÕES**

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

As características no lodo de chorume observadas indicam a viabilidade de aplicação desse material no processo de fabricação de materiais cerâmicos (tijolos, concretos, abrasivos pedras e refratários) com alta temperatura de fusão e capacidade de isolamento térmico e elétrico.

Outra alternativa viável para a aplicação desse resíduo, após seu tratamento por compostagem, por exemplo, é a sua aplicação no solo, para que sirva de substrato para as plantas, devido ao alto percentual de cálcio, elemento imóvel, e elementos móveis como o sódio, potássio, magnésio e cloro.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS- ABRELPE. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2016.
2. BRASIL. Lei nº 12305, 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. Presidência da República Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2010.
3. DEDAVID, B.A., GOMES, C. I., MACHADO, G. Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
4. GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(6), p. 1503-1510, 2012.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB. Rio de Janeiro, 2017.
6. ORLANDO, L. M. Avaliação de desempenho da estação de tratamento de lixiviado da central de tratamento de resíduos da Zona da Mata – Juiz de fora/MG. Trabalho final de curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.
7. RAMOS, T.M. Tipos de pasteurização e agentes coagulantes na fabricação do queijo tipo prato. 2013
8. SILVA, J. O.; SILVA, V.M.; CARDOSO, V.L.; MACHADO, A. E. H.; TROVÓ, A. G. 2016. Treatment of Sanitary Landfill Leachate by Photo-Fenton Process: Effect of the Matrix Composition. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 27, nº 12, p. 2264-2272.