

### III-147 - COMPORTAMENTO DA MASSA DE RESÍDUOS EM LISÍMETROS PREENCHIDOS COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE RSU

**Francisco Amilcar Moreira Júnior**

Gestor Ambiental. Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará.

**Francisco Suetônio Bastos Mota<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Saúde Ambiental pela USP. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Campus do Pici – Bloco 713 - Fortaleza - CE - CEP: 60455.760 - Brasil - Tel: (85) 3366.97.77 - e-mail: [suetonio@ufc.br](mailto:suetonio@ufc.br)

#### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da massa de resíduos sólidos em três lisímetros experimentais preenchidos com resíduos de diferentes composições, determinando-se os teores de umidade, de sólidos e de compostos nitrogenados, e medindo-se o recalque do material. O trabalho foi realizado durante os meses de janeiro a junho de 2014, dando continuidade ao monitoramento e caracterização das propriedades dos resíduos depositados nos lisímetros, desde a sua implantação, em maio de 2012. Foram utilizados três Lisímetros: L01 - preenchido com 100% de resíduos na forma como chegam ao aterro sanitário; L02 – preenchido com 50% de resíduos orgânicos e 50% como chegam ao aterro sanitário; L03- preenchido 100% com resíduos orgânicos. Na caracterização da massa de resíduos foram realizadas análises físico-químicas, determinando-se os teores de sólidos (totais, fixos e voláteis), amônia, nitrito, nitrato e umidade. Devido os lisímetros já se encontrarem há aproximadamente dois anos em operação, foram verificados altos valores de recalque dos resíduos, sendo alcançada a média de 92 cm para o L01, 130,5 cm para o L02 e de 123,75 cm para o L03.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos sólidos, aterros sanitários, lisímetros, caracterização da massa de resíduos.

#### INTRODUÇÃO

Segundo Castilhos *et al.* (2003), o processo de degradação dos resíduos sólidos é um fenômeno constituído essencialmente pela superposição de mecanismos biológicos e físico químicos, catalisados pelo fator água, presente nos resíduos pela umidade inicial e pelas águas das precipitações.

Para melhor compreender as interações físico-químicas e biológicas que ocorrem em aterros de resíduos sólidos urbanos ao longo do tempo, faz-se necessário desenvolver métodos que facilitem o estudo dos fatores que interferem no processo de biodegradação. Um método eficiente é a construção de células experimentais em escala reduzida ou de lisímetros, que representam uma técnica bastante eficiente e de baixo custo.

O lisímetro é um biorreator representativo de lixo em escala reduzida, dotado de sistema de drenagem de líquidos e gases, tubos de coleta de amostras sólidas, temperatura, concentração e fluxo de gases, proporcionando a obtenção de parâmetros sob condições controladas (JUCÁ 2003; SILVA, 2013). Sua finalidade é simular e acelerar a decomposição aeróbia e anaeróbia dos resíduos, proporcionando o maior conhecimento dos processos microbiológicos (BARLAZ, 1996; SILVA, 2013).

A disposição dos resíduos segundo a metodologia dos lisímetros tem como foco a avaliação da influência das diferentes características dos resíduos para a produção de gás, capacidade biodegradante da massa de lixo e produção de lixiviado.

Desta forma, este trabalho apresentou como objetivo acompanhar os processos envolvidos com a biodegradação da massa de resíduos sólidos presentes nos lisímetros, de forma a simular o comportamento dentro de células nos aterros sanitários.

O trabalho foi desenvolvido em uma área disponibilizada dentro do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), de forma a facilitar os ensaios ante a caracterização de um aterro em escala real. Salienta-se que no ASMOC são depositados os resíduos sólidos produzidos nos municípios de Fortaleza e Caucaia/CE.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os lisímetros utilizados neste trabalho foram instalados em área do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste (ASMOC), localizado no Município de Caucaia, Ceará, onde são depositados os resíduos sólidos dos municípios de Fortaleza e Caucaia.

Foram construídos três lisímetros (L1, L2 e L3), os quais foram preenchidos com resíduos com composições diferentes, como mostrados na Figura 1 e especificados a seguir:

- L1 preenchido 100% com resíduos na forma que chegam ao aterro sanitário;
- L2 preenchido 50% com resíduos na forma que chegam ao aterro sanitário e 50% composto de matéria orgânica presente nesses resíduos;
- L3 preenchido com 100% de matéria orgânica.

Os resíduos foram dispostos dessa forma com o objetivo de avaliar o comportamento de diferentes massas de resíduos nos lisímetros.

**Figura 1 – Lisímetros utilizados na pesquisa.**



Os lisímetros foram instalados e preenchidos com resíduos sólidos em novembro de 2012 e monitorados até junho/2013, por Silva (2013). Este trabalho deu continuidade à pesquisa, tendo sido realizado no período de janeiro a julho/2014.

As coletas das massas de resíduos foram efetuadas em março de 2014 e em junho de 2014.

Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em frascos de plástico, sendo levadas ao Laboratório de Saneamento - LABOSAN, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará –UFC.

Na caracterização da massa de resíduos foram realizadas análises físico-químicas, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos e metodologias de análise da massa de resíduos.**

Parâmetros	Metodologia de análise
Amônia (mg/L)	Método de digestão Kjeldahl
Nitrito (mg/L)	Método do Colorimétrico
Nitrato(mg/L)	Método do Salicilato de sódio
Sólidos Totais (mg/L)	Método secagem a 103-105°C
Sólidos Fixos(mg/L)	Método secagem a 103-105°C, com calcinação
Sólidos Voláteis(mg/L)	Método secagem a 103-105°C, com calcinação
Umidade	Método secagem a 60°-65°C

No primeiro momento de coleta, as amostras foram recolhidas na base dos lisímetros. Foi utilizado um dispositivo composto de tubulações em PVC de 0,05m e 0,04m de diâmetros. Essas tubulações foram cortadas e acopladas (tubulação de 0,04 dentro da tubulação de 0,05 m) para segurar a amostra, após serem inseridas dentro do lisímetro, através de aberturas laterais.

Na primeira coleta, só foi possível a retirada de resíduos no Lisímetro 03, haja vista que as aberturas nas partes internas dos Lisímetros 02 e 01 estavam bastante fechadas e as tubulações coletoras de PVC não conseguiram ter acesso direto ao material acumulado.

Na segunda coleta, foi utilizado um trado para a retirada da massa de resíduos nos três lisímetros.

As medições dos recalques das massas de resíduos nos lisímetros foram realizadas utilizando-se fita métrica, para determinar o rebaixamento das camadas de cobertura.

## RESULTADOS

### Caracterização da biomassa

Na Tabela 2 apresentam-se dados sobre as características dos resíduos nos três lisímetros.

Só foi possível, em março de 2014, a coleta de resíduos no lisímetro L03, devido a dificuldades operacionais. Os resíduos tinham aparência bem pastosa, indicando já ter sofrido forte processo de degradação. Percebe-se, para o L01, em junho de 2014, proximidade entre os valores de sólidos fixos e totais, e baixa presença de sólidos voláteis, indicando a pouca quantidade de materiais orgânicos nesse lisímetro. Observa-se, no lisímetro L03, uma maior presença dos compostos voláteis, o que se justifica pelo fato do mesmo ter sido preenchido somente com resíduos orgânicos.

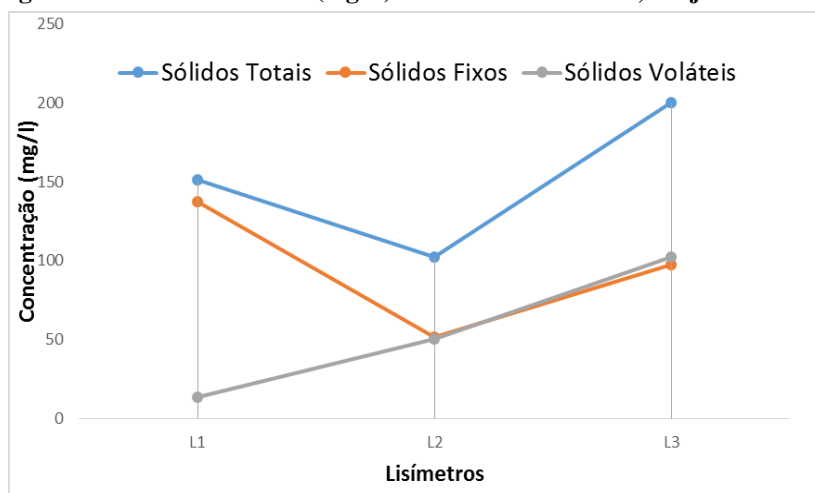
**Tabela 2 - Características da massa de resíduos dos lisímetros. Ano de 2014.**

Parâmetros	Março	Junho		
	L03	L01	L02	L03
Sólidos Totais (mg/L)	200	151,2	102,1	200,0
Sólidos Fixos (mg/L)	5,2	137,6	51,8	97,7
Sólidos Voláteis (mg/L)	194,8	13,6	50,3	102,3
Umidade (%)	8,4%	2,9%	6,4%	3,5%
Amônia (mg/L)	26,3	19,04	20,7	8,1
Nitrito (mg/L)	0,09	0,04	0,04	0,005
Nitrato (mg/L)	118,64	5,15	3,95	4,69

L01 – lisímetro 1; L02 – lisímetro 2; L03- lisímetro 3.

O teor de cada fração de sólidos é importante, por servir como um comparativo do processo de degradação e pode estar relacionado com o processo de produção dos gases e de efluentes. Na Figura 5 é possível verificar o comportamento dos teores de sólidos em cada lisímetro, no final do experimento.

**Figura 5 - Teores de sólidos (mg/L) na massa de resíduos, em junho/2014.**



Conforme a Figura 5, percebe-se, para o L01, a proximidade entre os valores de sólidos fixos e totais, e baixa presença dos sólidos voláteis, indicando, assim, a pouca presença de materiais orgânicos neste lisímetro.

De forma inversa ao ocorrido para o L01, percebe-se, no L03, uma maior presença dos compostos voláteis, o que se justifica pela forma de preenchimento do mesmo somente com resíduos orgânicos.

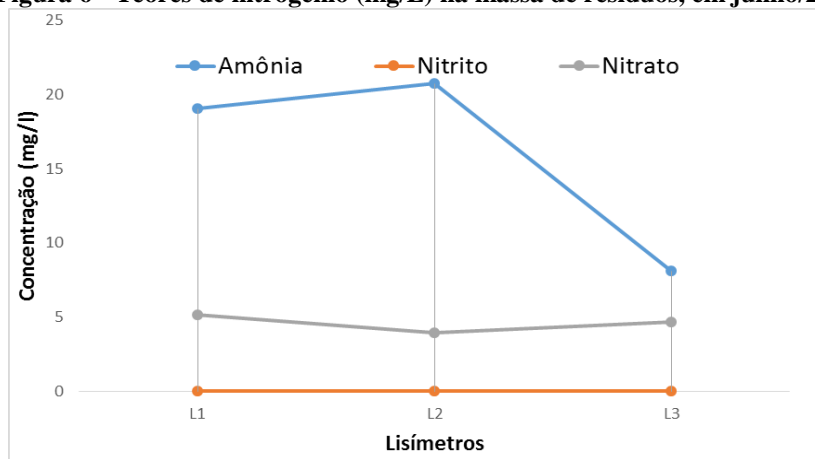
Conforme Alcântara (2007), o teor de sólidos voláteis para os lisímetros existentes no Aterro da Muribeca, em Pernambuco, na fase inicial, foi de cerca de 70% formado de sólidos voláteis, indicando fase inicial de degradação, enquanto que os resíduos submetidos há 1 ano de degradação possuíam, aproximadamente, 35% de sólidos voláteis, o que indicou uma fase intermediária de degradação de materiais rapidamente biodegradáveis.

O percentual de sólidos Voláteis foi de 9% para o L01, 49% para o L02, e de 51,1% para o L03, o que pode indicar, para estes dois últimos, a característica de um resíduo com grande presença de material orgânico e em atividade de degradação.

Quanto às análises dos compostos nitrogenados, a variação nas concentrações de amônia e nitrato pode auxiliar na identificação da idade do processo de degradação da massa de resíduos. Conforme Melo (2003), a geração da fração de amônia está relacionada com o processo de degradação do material orgânico, ou seja, as proteínas existentes nos resíduos são diretamente convertidas em amônia pela ação dos microorganismos ali presentes.

A Figura 6 demonstra o comportamento dos teores de nitrogênio na massa de resíduos, para os três lisímetros. Nota-se que a amônia encontra-se com maiores concentrações que as demais frações, indicando que parte dos resíduos existentes ainda apresenta atividades iniciais de degradação.

Figura 6 - Teores de nitrogênio (mg/L) na massa de resíduos, em junho/2014.



Para o lisímetro L03, percebe-se um decaimento do teor de amônia, quando comparado com os valores determinados para os lisímetros L02 e L01. Entretanto, observa-se que a fração orgânica se encontra bastante decomposta na base desse lisímetro.

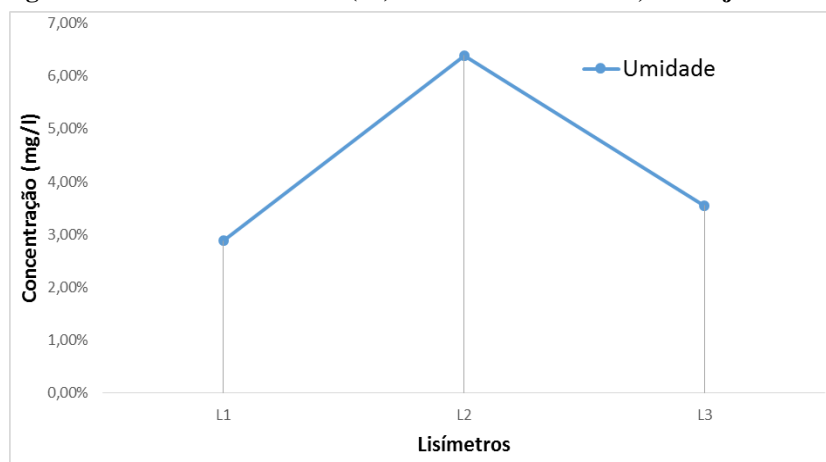
Verifica-se que o valor de amônia alcançado em março, ou seja, quando da coleta na base do lisímetro, foi superior ao encontrado para os lisímetros L02 e o L01, indicando, que o potencial de degradação não havia decaído e, sim, encontrava-se ativo e com grande degradação da fração orgânica. Entretanto, a maior representatividade da biomassa foi para os resíduos coletados na base do lisímetro L03, justamente por conta do forte processo de degradação.

A análise do teor de umidade é importante pelo fato de ser essencial para a vida dos microorganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. O parâmetro umidade está relacionado com o peso da água sobre o peso dos sólidos contidos em um determinado volume de material.

Conforme Barlaz (1996), para se obter um bom índice de degradação da matéria orgânica faz-se necessário um teor de umidade entre 20% e 40%, haja vista que, se o valor encontrado for acima deste, podem ocorrer limitações nas reações biológicas de decomposição, e com valores abaixo o processo se torna inibido.

De acordo com a Figura 7, os valores obtidos para o teor de umidade nos lisímetros L01, L02 e L03 foram de 2,88%, 6,39% e de 3,55%, respectivamente, bem abaixo do indicado como ideal por Barlaz (1996). Entretanto, não tão distantes dos valores encontrados por Silva (2013), 7 meses após a implantação dos lisímetros utilizados nesta pesquisa, com valores de 10,6% para o L02, e de 15,3% para o L03, em novembro de 2012.

**Figura 7 – Teores de umidade (%) na massa de resíduos, em de junho/2014.**

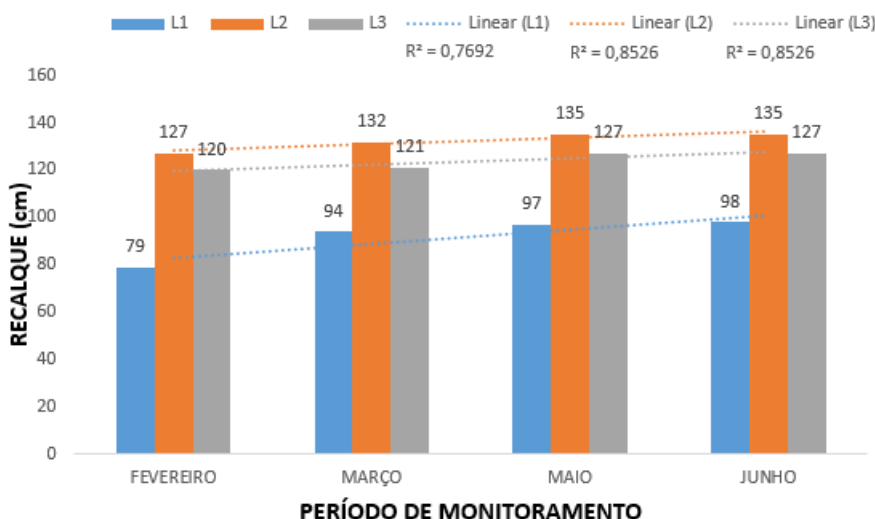


### Recalque dos resíduos nos lisímetros

Os dados sobre recalque da massa de resíduos nos lisímetros estão indicados na Figura 8.

Observa-se que o lisímetro L1 foi o que apresentou o menor recalque, ou seja, 79 cm, quando do início da coleta dos dados da pesquisa (fevereiro/2014), e de 98 cm, ao término dos trabalhos (junho/2014). Para o lisímetro L2, constatou-se um recalque de 127 cm no mês de fevereiro de 2014, e de 135 cm em junho do mesmo ano, no término das medições. O recalque dos resíduos no lisímetro L3 alcançou 120 cm, inicialmente (fevereiro de 2014), e 127 cm, no final (junho de 2014).

**Figura 8 - Recalque da massa de resíduos nos lisímetros. Ano de 2014.**



Os lisímetros L2 e L3 apresentaram valores de recalque bem maiores que o L1, o que se justifica pela maior presença de materiais orgânicos durante o seu preenchimento, o que resultou em processo mais acentuado de degradação e consequente rebaixamento das camadas de resíduos.

## CONCLUSÕES

A determinação das características da massa de lixo é importante, pois os seus valores servem como indicativos da fase de degradação em que se encontram os resíduos.

O acompanhamento do recalque da massa de resíduos também pode ser usado para indicar como estão ocorrendo os processos de degradação dentro dos lisímetros.

As características das massas de resíduos nos lisímetros resultaram, também, da composição dos materiais de preenchimento. Por exemplo, os baixos valores de sólidos voláteis, no L1, indicaram a pouca presença de materiais orgânicos nesse lisímetro. Por outro lado, observa-se, no lisímetro L3, uma maior presença dos compostos voláteis, que se justifica pelo preenchimento do mesmo com resíduos orgânicos.

A amônia alcançou maiores concentrações que as demais frações, indicando que parte dos resíduos existentes nos lisímetros ainda apresentava atividades iniciais de degradação.

Os lisímetros L2 e L3 apresentaram valores de recalque bem maiores que os do lisímetro L01, devido à maior presença de materiais orgânicos durante o seu preenchimento, o que resultou em processo mais acentuado de degradação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCÂNTARA P. B. **Avaliação da influência da composição de resíduos urbanos no comportamento de aterros simulados**. 2007. 366 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2007.
2. BARLAZ, M. **Microbiology of Solid Waste Landfills**, In Microbiology of Solid Waste, ed. Palmisano e Barlaz. CRC PRESS Boca Roton. Florida. NY. Cap. 2, 1996.
3. CASTILHOS JÚNIOR, A. B.; GOMES, L. P.; PESSIN, N. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro, ABES, RiMa, Projeto PROSAB, 294p., 2003.
4. JUCÁ, J.F.T. **Avaliação do Potencial Energético do biogás Proveniente de Aterros de Resíduos Sólidos**. Projeto de Pesquisa – PRONEX-2004. Recife, 2003.
5. MELO, M.C. **Uma análise de recalques associada a biodegradação no aterro de resíduos sólidos da muribeca**. 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências Departamento de Engenharia Civil. Recife, 2003.
6. SILVA, A. K. M Da. **Estudo do comportamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em lisímetros preenchidos com resíduos de diferentes características**. 2013. 203 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.