



### III-074 - ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS LIXIVIADOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DISPOSTOS EM LISÍMETROS

**Ana Kelly Moreira da Silva**

Doutora em Saneamento Ambiental. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

**Francisco Suetônio Bastos Mota**

Doutor em Saúde Ambiental. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do (DEHA/UFC).

**Ronaldo Stefanutti**

Doutor em Ciências. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA/UFC).

**Marisete Dantas de Aquino**

Doutora em Meio Ambiente. Professora Associada do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA/UFC).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Sobral – Ceará. E-mail: annakelly@ifce.edu.br

#### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo verificar, por meio de análises físico-químicas, as características do lixiviado gerado no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia-CE (ASMOC), utilizando lisímetros, a fim de conhecer e avaliar o seu processo de biodegradação. Foram construídos três Lisímetros (L1, L2 e L3), objetivando-se observar o comportamento dos resíduos para três tipos de composição: 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 lixiviados nos Lisímetros, no período seco, apresentaram-se altamente degradáveis, com altas concentrações de DBO, DQO e sólidos. A concentração de amônia se apresentou alta e de nitrato e pH, baixa, significando que os resíduos sólidos ainda não sofreram processo completo de degradação, encontrando-se na fase acidogênica, produzindo um lixiviado considerado “novo”. Os lixiviados nos Lisímetros, no período chuvoso, em relação ao período seco, apresentaram baixas concentrações de DBO, DQO e sólidos. A concentração de amônia se apresentou baixa e de nitrato e pH, alto, significando que os resíduos sólidos já se encontram na fase metanogênica, o que foi confirmado nas análises de cloretos e fósforo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aterro sanitário, lisímetros, lixiviados, resíduos sólidos.

#### 1. INTRODUÇÃO

Segundo Fonseca (2001), o aterro sanitário é uma das principais formas de disposição desses resíduos no mundo. Os resíduos depositados nestes ambientes entram em decomposição gerando líquidos (lixiviado) e gases que podem afetar diretamente o meio ambiente.

Esses líquidos, quando não dispostos e tratados adequadamente, podem contaminar o solo e o lençol freático, bem como contribuir para a proliferação de vetores que transmitem doenças. Portanto, é importante se fazer sua análise para evitar os problemas que os mesmos podem ocasionar no meio ambiente e à saúde da população.

Para melhor compreender as interações físico-químicas que ocorrem nos líquidos gerados nos aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos ao longo do tempo, este trabalho teve como objetivo verificar, por meio de análises físico-químicas, as características do lixiviado gerado no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia-CE (ASMOC), utilizando lisímetros, a fim de conhecer e avaliar o seu processo de biodegradação.

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, proporcionando a obtenção de parâmetros sob condições controladas (JUCÁ, 2003). Sua finalidade é simular e acelerar a decomposição aeróbia e anaeróbia dos resíduos, proporcionando o maior conhecimento dos processos ocorridos (BARLAZ, 1996).

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Área de Estudo

O aterro Sanitário a partir do qual foram coletadas as amostras de lixiviados está localizado no Município de Caucaia, Ceará. Este aterro recebe resíduos sólidos tanto do município de Caucaia como de Fortaleza, capital do Estado, compreendendo uma área de 123,20 ha, dos quais 78,47 ha são destinados ao recebimento e confinamento dos resíduos sólidos, estando dividido em 17 setores e subdividido em 67 trincheiras, em sua maioria com largura de 71 metros e comprimento de 101 metros (ACFOR, 2010).

### 2.2 Material e Métodos

Para análises dos resíduos sólidos gerados e descartados no ASMOC, foram construídos três Lisímetros (L1, L2 e L3), objetivando-se, assim, observar o comportamento dos resíduos para três composições diferentes (Figura 1):

- ❖ 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 a fim de avaliar a influência das características dos mesmos nos lisímetros sobre a geração de lixiviado.

Cada lisímetro foi construído com três manilhas de concreto armado de 1m de diâmetro interno e 1m de altura, sobrepostas e seladas na junção com uma pasta de cimento, formando um cilindro rígido de três metros de altura, compreendendo um volume de 2,4 m<sup>3</sup>, cada.

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





As coletas e análises foram feitas, primeiramente, no período de estiagem: outubro, novembro e dezembro do ano de 2012, e nos meses do período chuvoso: janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho do ano de 2013. As amostras foram preservadas e analisadas no laboratório do Instituto Federal do Ceará - Campus Sobral, seguindo o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Composição gravimétrica dos resíduos

Na Tabela 1 apresenta-se a composição gravimétrica dos resíduos sólidos, na forma como chegam no aterro sanitário.

**Tabela 1 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos que chegam ao aterro sanitário, maio/2012.**

Tipo de Material	%
Papel / Papelão	9,16
Plástico	12,92
Metal	2,13
Vidro	2,31
Outros	24,72
Matéria Orgânica	41,40
Total	100,00

Fonte: Silva, 2013.

Pode-se notar uma presença maior de material orgânico, representando 41,40%. Os materiais classificados como “Outros” representam 24,72%, compreendendo materiais como: trapo, fralda, borracha, madeira, etc. Os plásticos representa 12,92% dos resíduos.

#### 3.2 Características dos lixiviados

Os resultados obtidos nas análises das amostras podem ser observados nas Tabelas 2 e 3. Ressalta-se que no período de estiagem (outubro a dezembro/2012) foram feitas coletas e análises apenas nos Lisímetro 2 e Lisímetro 3, pois o Lisímetro 1 se apresentou com grande quantidade de resíduos inorgânicos e, conseqüentemente, não ocorreu processo de biodegradação, não gerando lixiviado. Este fato foi acentuado pela ausência de precipitação. Já no período chuvoso (janeiro a julho/2013), foi possível coletar e analisar os lixiviados nos 3 lisímetros.

**Tabela 2: Análises físico-químicas dos lixiviados gerados nos lisímetros, período seco, 2012.**

PARÂMETROS ANALISADOS	COLETAS					
	OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
	L2	L3	L2	L3	L2	L3
Cor Aparente (uH)	70,00	70,00	40,00	35,00	70,00	50,00
Turbidez (NTU)	276,00	580,50	40,60	39,50	37,70	46,20
pH	6,63	5,80	7,30	6,94	8,20	6,94
Alcalinidade (mg/L)	20.060	7.500	19.500	15.750	19.500	15.650
Amônia (mg/L)	23,62	43,62	17,45	36,57	43,20	43,20
Nitrito (mg/L)	0,16	0,19	0,05	0,02	0,50	0,19
Nitrato (mg/L)	0,40	3,10	0,50	1,50	0,50	1,90
DBO (mg/L)	114.282,7	71.407	8.5365,7	100.338,7	17.500	70.000
DQO (mg/L)	163.261	102.010	121.951	143.341	25.000	100.000
Sólidos Totais (mg/L)	57.828	72.992	30.504	5.836	47.140	28.368
Sólidos Fixos (mg/L)	18.040	16.968	9.856	4.604	8.456	11.580
Sólidos Voláteis (mg/L)	39.788	56.024	20.648	1.232	38.684	16.788
Condutividade (µS/cm)	21,97	21,93	4,20	6,46	4,15	6,47
Cloretos (mg/L)	1.374,6	1.252,4	1.512,1	1.443,4	1.496,8	1.425,0
Fósforo (mg/L)	11,45	99,94	11,22	39,43	9,727	74.607

Fonte: Silva, 2013.

**Tabela 3: Análises físico-químicas dos lixiviados gerado nos lisímetros, período chuvoso, 2013.**

PARÂMETROS ANALISADOS	COLETAS											
	JANEIRO			FEVEREIRO			MARÇO			ABRIL		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Cor Aparente (uH)	50,00	30,00	50,00	50,00	30,00	50,00	50,00	30,00	30,00	50,00	30,00	20,00
Turbidez (NTU)	26,00	62,00	38,00	25,00	60,00	36,00	22,80	25,00	35,00	20,40	22,80	35,30
pH	7,00	7,60	7,05	7,00	7,66	7,06	7,10	7,75	7,00	7,20	8,20	7,00
Alcalinidade (mg/L)	2.990	3.900	7.600	2.950	3.700	7.300	2.900	3.500	7.350	2.870	3.400	12..250
Amônia (mg/L)	29,90	25,50	43,02	29,70	21,57	43,00	29,50	17,45	9,31	28,90	25,30	43,00
Nitrito (mg/L)	0,10	0,40	1,40	0,09	0,45	1,39	0,07	0,01	0,02	0,06	0,05	0,05
Nitrato (mg/L)	3,60	8,60	3,40	3,40	8,70	3,50	3,6	8,70	3,10	3,4	8,90	4,10
DBO (mg/L)	50.002	22.135	18.135	48.789	15.217	15.217	35.875	20.344	24.827	45.897	12.221	15.555
DQO (mg/L)	72.000	22.990	21.974	70.345	21.739	21.739	66.843	26.206	26.896	66.787	28.888	22..222
Sólidos Totais (mg/L)	5.640	4.690	27.600	5.638	4.688	27.524	5.637	4.128	1.504,0	5.636	2.928	16.148
Sólidos Fixos (mg/L)	4.492	3.690	9.000	4.490	3.688	8.892	4.489	2.608	228,00	4.488	2.176	6.116
Sólidos Voláteis (mg/L)	1.158	1.000	18.600	1.150	1.000	18.632	1.149	1.520	1.276	1.148	752,00	10.032
Condutividade (mS/cm)	3,70	14,50	22,00	3,66	14,23	21,33	3,50	13,20	23,30	3,00	11,31	3,42
Cloretos (mg/L)	2.430,0	2.970,0	3.722	2.290,0	3.054,7	3.482,4	1.544,0	1.741,2	2.489,6	2.130,0	3.665,7	3.711,5
Fósforo (mg/L)	42,00	45,70	103,02	30,90	42,38	101,16	29,8	33,59	56,85	25,50	29,21	87,13

**Continuação da Tabela 3.**

PARÂMETROS ANALISADOS	COLETAS								
	MAIO			JUNHO			JULHO		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Cor Aparente (uH)	50,00	30,00	20,00	50,00	30,00	20,00	50,00	30,00	20,00
Turbidez (NTU)	18,82	23,80	28,00	16,45	15,04	24,00	16,30	15,00	23,00
pH	7,27	8,20	7,70	7,23	8,22	7,62	7,30	8,30	7,65
Alcalinidade (mg/L)	2.750	2.850	7.250	2.250	2.750	5.400	2.100	2.500	5.100
Amônia (mg/L)	28,67	24,2	26,12	24,53	20,15	23,62	24,00	20,00	21,00
Nitrito (mg/L)	0,05	0,03	0,07	0,03	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04
Nitrato (mg/L)	3,20	8,20	6,30	3,90	8,60	6,70	3,99	8,70	6,80
DBO (mg/L)	46.666	11.110	17.777	42.856	18.571	17.142	41.794	15.094	16.436
DQO (mg/L)	66.666	24.444	11.111	61.224	20.816	11.632	60.000	20.072	11.001
Sólidos Totais (mg/L)	5.636	3.220	11.224	3.368	3.208	13.340	3.366	3.200	13.000
Sólidos Fixos (mg/L)	4.488	2.708	4.600	1.480	1.092	1.120	1.482	2.000	1.000
Sólidos Voláteis (mg/L)	1.148	512,00	6.624	1.888	2.116	12.220	884,0	1.200	12.000
Condutividade (mS/cm)	2,44	16,54	2,67	1,49	7,63	1,46	1,20	7,00	1,20
Cloretos (mg/L)	1.344,1	1.252,4	1.977,5	2.077,0	1.832,8	1.642,3	1.740	1.560	1.720
Fósforo (mg/L)	13,28	25,85	62,45	24,51	24,10	72,42	13,10	20,20	60,00

Fonte: Silva, 2013.

Para as análises dos lixiviados, os resultados foram discutidos considerando a legislação ambiental vigente, Resolução Conama 357/2005, complementada pela Resolução Conama 430/2011, as quais estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes. .

Apesar das análises terem sido feitas em lixiviados brutos, foi realizada essa comparação com a legislação vigente apenas para aferir o potencial poluidor dos líquidos lixiviados, caso os mesmos fossem lançados sem tratamento em algum curso d'água.

Analisando os dados das tabelas, observa-se que em relação à Cor Aparente, Turbidez Alcalinidade, DBO e DQO, Sólidos e Condutividade Elétrica, em todas as amostras analisadas foram observados elevados valores no período seco, sendo que esses valores reduziram significativamente no período chuvoso.

O período seco caracteriza-se por uma elevada concentração de matéria orgânica a ser decomposta, considerado aterro novo, se apresentando na fase acidogênica, estágio inicial de degradação, considerada normal para o tempo de degradação do material depositado.

No período chuvoso houve a predominância de uma possível diluição, devido à presença de água no sistema, acelerando o processo de biodegradação, diminuindo a presença de matéria orgânica, apresentando-se na fase metanogênica, estágio avançado de degradação, e que o material se caracteriza por um bom tratamento de degradação presente nos lisímetros.

Apesar de apresentarem altos valores, os resultados se apresentam em conformidade com as normas, mesmo se tratando de um líquido bruto, não precisando de tratamento.

Em relação à Série Nitrogenada: Amônia, Nitrito e Nitrato, no período seco, fazendo uma análise geral, os altos teores de nitrogênio amoniacal e os baixos teores de nitrato são indicativos de que ainda há bastante matéria orgânica a ser decomposta (CATAPRETA, 2008).

No período chuvoso, nota-se, em todas as análises, uma tendência na diminuição de amônia em relação ao período de estiagem, o que caracteriza que houve uma boa degradação de matéria orgânica, existindo apenas uma baixa concentração de matéria orgânica a ser decomposta. Nota-se que as concentrações de nitrato nas amostras são superiores, significando que nesta fase da análise as amostras já sofreram o processo avançado de decomposição.



Em relação aos Cloretos, pH e Fósforo, quanto aos valores observados no período chuvoso em relação ao período seco, observou-se um aumento nos valores, ao contrário das demais análises. Isso indica estágio avançado de degradação, o que reafirma as outras análises.

#### 4. CONCLUSÕES

A realização das análises físico-químicas foi de fundamental importância para conhecimento do líquido gerado para as diversas características dos resíduos, pois indicaram bem o processo de biodegradação.

Os valores dos parâmetros físicos e químicos do lixiviado foram consistentes com os valores encontrados na literatura nacional e internacional consultada.

Em relação ao lixiviado gerado, o material que apresentou uma elevada geração nos dois períodos foi também o L3 (100% somente de matéria orgânica), seguido do Lisímetro 2 (50% de resíduos na forma que chegam do aterro + 50% somente de matéria orgânica), e, por último, o Lisímetro 1 (100% de resíduos na forma que chegam no aterro). O Lisímetro 1, que apresentou a maior parte de resíduos inorgânicos, não gerou lixiviado no período de estiagem.

Observou-se que o lixiviado nos Lisímetros, no período seco, foi altamente degradável, apresentando altas concentrações de DBO, DQO e Sólidos. A concentração de amônia se apresentou alta e de Nitrato e pH baixa, significando que os resíduos sólidos ainda não sofreram processo completo de degradação, encontrando-se na fase acidogênica, produzindo um lixiviado considerado “novo”. O lixiviado nos Lisímetros, no período chuvoso, em relação ao período seco, apresentou baixas concentrações de DBO, DQO e Sólidos. A concentração de amônia se apresentou baixa e de Nitrato e pH alto, significando que os resíduos sólidos já se encontram na fase metanogênica, o que foi confirmado nas análises de cloretos e fósforo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. CATAPRETA, C.A.A. **Comportamento de um Aterro Sanitário Experimental: Avaliação da Influência do Projeto, Construção e Operação**. 316p. Tese (Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.
3. FONSECA, E. **Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana**, 2ª ed. – [S/Cidade], JRC Editora, 2001.
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. SILVA, A. K. M. da. **Estudo do comportamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em lisímetros preenchidos com resíduos de diferentes características**. 203 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, 2013.