

**III-031 – ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO ORGÂNICA DO LIXIVIADO GERADO EM PERÍODO DE ESTIAGEM, EM ATERRO SANITÁRIO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA, CEARÁ**

**Elisângela M<sup>a</sup> R. Rocha<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil / Geotecnia Ambiental (Resíduos Sólidos) pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Doutoranda em Saneamento Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará – UFC.

**Francisco Suetônio Bastos Mota**

Doutor em Saúde Ambiental. Professor Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará – UFC.

**André Bezerra dos Santos**

Doutor em Saneamento Ambiental pela Wageningen University - Holanda. Professor Adjunto do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará – UFC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Jardim Paruara, 1080 –apto.102 - Siqueira – Fortaleza – CE - CEP: 60.731-570 - Brasil - Tel: (85) 3366-9628 - e-mail: [elis\\_eng@yahoo.com.br](mailto:elis_eng@yahoo.com.br)

## RESUMO

O presente trabalho descreve os resultados da composição orgânica dos lixiviados gerados no aterro Sanitário Metropolitano Oeste, localizado no município de Caucaia, região metropolitana de Fortaleza, o qual recebe, aproximadamente 3.100 toneladas/dia de resíduos sólidos. O sistema de tratamento de lixiviado empregado no aterro consiste de duas lagoas anaeróbias em série e uma lagoa facultativa. Tal pesquisa foi desenvolvida durante os meses de agosto a novembro de 2007, que compreende o período de estiagem na região Nordeste do Brasil. De acordo com os dados obtidos, o aterro encontra-se em fase metanogênica, cujo pH do lixiviado afluente (bruto) foi alcalino, assim como para o lixiviado efluente (tratado). As concentrações médias DBO<sub>5</sub> e DQO do lixiviado afluente foram típicas de aterros antigos, mesmo o aterro em questão ainda encontrar-se em funcionamento. Em relação ao lixiviado efluente, as concentrações médias DBO<sub>5</sub> e DQO também foram baixas, sendo que, o lixiviado ficou armazenado na lagoa facultativa durante todo o período estudado, o que favoreceu a redução gradativa da fração orgânica biodegradável. Os sólidos totais dissolvidos representaram a maior parcela dos sólidos totais presente no lixiviado afluente e efluente, enquanto que a fração volátil dos sólidos totais foi menor que 20% dos sólidos totais. Os valores médios da biodegradabilidade (DBO<sub>5</sub>/DQO) do lixiviado afluente (0,40) e efluente (0,53) são típicos de aterros novos, o que não é o caso do aterro estudado (em funcionamento desde 1991). Percebe-se que os fatores climáticos, principalmente a elevada evaporação, baixa precipitação e ventos fortes, influenciaram diretamente todos os parâmetros analisados neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lixiviado, Aterro Sanitário, Matéria Orgânica, Estiagem.

## INTRODUÇÃO

O lixiviado é um dos subprodutos gerados no processo de decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos. O percentual de matéria orgânica em países em desenvolvimento, como o Brasil, corresponde, em média, a 60% (sessenta por cento) em peso dos seus resíduos. Este fato ocorre porque a população ainda preserva hábitos culturais e socioeconômicos de fartura e desperdícios de alimentos, descartando o que sobra ou os “restos”. Tais hábitos contribuem bastante para a grande quantidade de matéria orgânica presente no lixo e, conseqüentemente, na composição qualitativa dos lixiviados.

A matéria orgânica presente nos efluentes geralmente é formada por compostos solúveis e em suspensão no meio líquido. Tais compostos orgânicos devem ser analisados, pois comprometem a qualidade do corpo receptor (fauna e flora), principalmente causando depleção da concentração de oxigênio dissolvido. Normalmente tais compostos são medidos indiretamente por meio da demanda de consumo de oxigênio, a partir dos parâmetros DBO<sub>5</sub> e DQO (representativos da fração carbonácea) do efluente bruto e/ou tratado.

Para evitar que o lixiviado coletado seja lançado em um corpo de água são projetados sistemas de tratamento, os quais normalmente empregam processos biológicos e físico-químicos. Dentre os processos biológicos de tratamento apropriados ao Nordeste do Brasil, destacam-se as lagoas de estabilização, por serem sistemas eficientes, com baixo custo de implantação, operação e manutenção. Contudo, tem a desvantagem de necessitar de extensas áreas para sua implantação.

No nordeste, o período de estiagem compreende os meses de julho a dezembro, caracterizando a região com baixos índices pluviométricos, elevadas temperaturas e aumento da evaporação. Ressalta-se que, a evaporação é um parâmetro complexo, que depende principalmente das condições atmosféricas, das características da água armazenada e do seu volume, afetando diretamente, a quantidade e qualidade de um reservatório.

O aterro Sanitário Metropolitano Oeste localiza-se no município de Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza e abrange uma área de 78,5 ha. O referido aterro encontra-se em operação desde 1991 e recebe, atualmente, aproximadamente 3.100 toneladas/dia de resíduos sólidos provenientes dos municípios de Fortaleza e Caucaia. O sistema de tratamento de lixiviado empregado no aterro consiste de duas lagoas anaeróbias em série e uma lagoa facultativa, cujo efluente tratado é descartado no riacho Garoto.

Neste trabalho são apresentados e discutidos os resultados da composição orgânica dos lixiviados gerados durante os meses de agosto a novembro de 2007, que representa o período de estiagem na região Nordeste do Brasil. Esses dados fazem parte de uma pesquisa que visa à caracterização detalhada do lixiviado do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste Caucaia (CE), incluindo além dos parâmetros convencionais, a detecção de compostos orgânicos, metais pesados, farmacêuticos, dentre outros.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Estação de Tratamento do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste - Caucaia, localizado no município de Caucaia, na Região Metropolitana de Fortaleza. Como abordado anteriormente, a referida estação é composta por duas lagoas anaeróbias em série e uma lagoa facultativa.

As coletas iniciaram-se no dia 01/08/07 e foram realizadas às 9:00 h. O lixiviado bruto (afluente) foi coletado no poço de recalque (Figura 1a), o qual recebe o lixiviado de todas as células do aterro sanitário, e o lixiviado tratado (efluente), foi coletado na saída da lagoa facultativa (Figura 1b).

Alguns parâmetros físico-químicos foram determinados *in loco*, sendo as amostras coletadas encaminhadas ao Laboratório de Saneamento (Labosan), do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC. As análises realizadas seguiram a metodologia descrita no *Standard Methods* (APHA, 1998).



**Figura 1a.** Vista do poço de recalque onde se coletava o afluente ao sistema de tratamento.



**Figura 1b.** Vista da saída da lagoa facultativa onde se coletava o efluente tratado.

Os dados meteorológicos foram obtidos na estação mais próxima ao aterro sanitário conforme verificação na relação de estações do órgão responsável. Sendo assim, os referidos dados foram adquiridos na estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, situada no Campus Pici.

## RESULTADOS

### DADOS METEOROLÓGICOS

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios dos parâmetros monitorados na estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, situada no Campus Pici.

**Tabela 1.** Dados meteorológicos do período de julho a novembro de 2007.

Parâmetro	Meses				
	julho	agosto	setembro	outubro	novembro
Temp. média (°C)	26,9	26,8	27	27,2	21,8
Temp. máx (°C)	30,3	30,7	31	30,7	25
Evaporação acumulada (mm)	221,4	275,6	280,1	297,8	189,5
Precipitação acumulada (mm)	78,4	1	14	0,9	4,8
Veloc. média dos ventos (m/h)	12.600	13.320	14.400	15.120	15.480
Insolação média (horas)	9,9	10,2	9,9	9,0	11,1

**Fonte:** Estação Meteorológica do Campus Pici

Para um bom desempenho das lagoas facultativas, os ventos e a temperatura são os fatores importantes, pois influenciam na mistura da lagoa.

A temperatura média ( $\approx 27^{\circ}\text{C}$ ) favoreceu a atividade fotossintética da lagoa facultativa, pois, segundo UEHARA (1989), a atividade fotossintética das algas só decresce a partir de temperaturas próximas a  $35^{\circ}\text{C}$ . O autor ainda afirma que os melhores rendimentos das lagoas facultativas ocorrem nos dias ensolarados, céu sem nuvens, temperatura ambiente acima de  $20^{\circ}\text{C}$  e ventos moderados.

O aumento da velocidade dos ventos em Fortaleza (os quais podem chegar a 50 Km/hora) foi um fator positivo, visto que minimizou a ocorrência de zonas estagnadas e auxiliou na distribuição vertical do oxigênio.

O crescimento gradativo da evaporação reduziu consideravelmente o nível de todas as lagoas do sistema, inclusive da lagoa facultativa onde se coletou o efluente. Este fato afeta diretamente a qualidade do lixiviado efluente, favorecendo uma maior concentração de compostos iônicos, conforme observados no aumento progressivo da condutividade elétrica (dados não apresentados).

### pH

Na Tabela 2 são mostrados os valores máximos, mínimos e médios, de pH, DBO<sub>5</sub>, DQO e Sólidos do lixiviado afluente (bruto) e efluente (tratado), referentes às coletas realizadas nos meses de agosto a novembro de 2007.

De acordo com os dados apresentados, observa-se que o pH do lixiviado afluente e efluente encontra-se na faixa alcalina. Para o lixiviado afluente, esse valor é característico de um aterro sanitário em fase metanogênica, indicando que, mesmo o aterro em pleno funcionamento, onde os resíduos novos tendem a um pH mais ácido, predomina o processo de decomposição dos resíduos armazenados há mais de 15 anos. Um parâmetro climático que pode ter contribuído para a manutenção do pH na faixa alcalina, no poço de coleta do afluente, foi quantidade mínima de precipitação, já que contribuições de compostos ácidos presentes nos resíduos não estavam sendo carregados para a estação.

Em relação ao pH de uma lagoa facultativa, UEHARA (1989) aponta que o mesmo varia ao longo do dia e nas diferentes camadas, prevalecendo na superfície os valores mais elevados. No caso do pH do lixiviado efluente, possivelmente o valor superior a 8 (oito) foi decorrente da intensa atividade fotossintética das algas, devido às ótimas condições climáticas do período.

**Tabela 2.** Caracterização do lixiviado coletado no Aterro Sanitário de Caucaia.

Parâmetro	Unidade	Afluente			Efluente		
		Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média
pH	-	8,0	8,4	8,2	7,2	9,0	8,6
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	245	762	546	86	761	501
DQO total	mg O <sub>2</sub> /L	998	2374	1447	670	1324	981
DQO filt	mg O <sub>2</sub> /L	973	2187	1350	686	1177	891
DBO/DQO	-	0,2	0,61	0,4	0,1	0,89	0,53
ST	mg/L	7.848	11.502	9.576	7.633	14.946	9.978
STV	mg/L	1.270	2.018	1.572	1.086	1.998	1.394
SST	mg/L	102	222	162	112	292	177
SDT	mg/L	7.746	11.289	9.414	7.521	14.735	9.801

## MATÉRIA ORGÂNICA

As baixas concentrações médias de DBO<sub>5</sub> e DQO para o lixiviado afluente são predominantes de aterros antigos, entretanto, o aterro ainda está em operação, e tais concentrações deveriam ser maiores, considerando a grande quantidade de resíduos que chega diariamente ao aterro. Entretanto, sem a contribuição das chuvas para escoamento dos compostos solúveis presentes nos resíduos da célula de operação, e a elevada evaporação que reduziu a umidade da massa de resíduos neste período de estiagem, o lixiviado que chegou ao poço de recalque já se encontrava possivelmente degradado ao longo do percurso entre as células (trincheiras) e o referido poço.

Para o lixiviado efluente, os fatores climáticos, a princípio tenderam a favorecer principalmente o processo fotossintético das algas na lagoa facultativa, que reduziu a matéria orgânica biodegradável (DBO<sub>5</sub>) e total (DQO), mas ao mesmo tempo contribuiu com a DBO algal. Portanto, com a contribuição da DBO algal não foi observado diferenças significativas entre o valor médio da DBO<sub>5</sub> do lixiviado efluente (tratado) e afluente (bruto). Ressalta-se que, em outubro, a elevada evaporação e a diminuição dos ventos, também podem ter influenciado direto ou indiretamente nos resultados da matéria orgânica total (DQO), a partir da concentração de outros compostos, como os sais.

No período de estiagem, as lagoas funcionam como reservatórios de acumulação do lixiviado, pois não há vazão suficiente para que o fluxo seja contínuo dentro do sistema de lagoas. Esse fato ocorre devido à ausência de chuvas (redução da vazão de entrada do lixiviado), ao aumento da evaporação da superfície líquida das lagoas, ou superdimensionamento do sistema. Durante o período de chuva (março a junho), a vazão estimada do lixiviado é em torno de 50 litros/min, enquanto no período de seca esta vazão chega a ser nula em alguns dias. O lixiviado efluente encontrava-se acumulado na lagoa facultativa, aproximadamente, há três meses.

Em termos de DQO, verificou-se que a DQO filtrada (solúvel) correspondeu a 93% da DQO total do lixiviado afluente, enquanto que, para o lixiviado efluente, a DQO filtrada representou 91% da DQO total. Conseqüentemente, ambos os percentuais indicam que a maior parte dos compostos está na sua forma solúvel (dissolvidos).

A princípio, a redução da DQO total do lixiviado efluente em relação ao lixiviado afluente, poderia indicar uma razoável eficiência do sistema de lagoas, mas essa interpretação é errônea, pois como abordado anteriormente, o lixiviado encontrava-se armazenado e sem fluxo, há aproximadamente três meses. Essa redução pode ser decorrente dos processos químicos e biológicos que ocorreram nesse período, favorecidos pelas condições climáticas.

Vale ressaltar que o lixiviado efluente (tratado) não atendeu a resolução 154/02 do órgão ambiental do estado do Ceará (SEMACE), a qual define os padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, pois de acordo com a referida portaria, a Demanda Química de Oxigênio (DQO) é 200 mg/L, logo, mesmo o efluente ter permanecido armazenado durante o período de estiagem, o mesmo

apresentou-se em valor médio, aproximadamente, 5 vezes mais poluente. Isto caracteriza a importância do pós-tratamento do referido efluente antes do seu lançamento no corpo receptor.

Os sólidos totais (ST) não variaram em termos de valores médios, em relação ao lixiviado afluente e efluente. Observou-se também que a maior parcela dos ST encontrava-se na forma dissolvida, ratificando os resultados da DQO. Tanto no lixiviado afluente quanto no efluente, os sólidos dissolvidos totais (SDT) corresponderam, aproximadamente, a 98% dos sólidos totais.

Em relação aos sólidos voláteis, que é a fração que representa uma estimativa da matéria orgânica, foram obtidas baixas concentrações nos lixiviados afluente e efluente, cujos percentuais corresponderam a 16% e 15%, respectivamente. Esses baixos valores indicam que há maior presença de compostos inorgânicos e/ou minerais.

### RELAÇÃO DBO<sub>5</sub>/DQO

Os valores médios obtidos para relação de biodegradabilidade (DBO<sub>5</sub>/DQO) do lixiviado afluente e efluente foram de 0,40 e 0,53, respectivamente. Esses valores são característicos de aterros novos (0,4 -0,8), em que os resíduos estão em fase ácida de decomposição e também apresentam elevadas concentrações de DBO<sub>5</sub> e DQO. Porém, esses valores não condizem com a realidade do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste - Caucaia, o qual já possui mais de 15 anos de operação (aterro antigo), e no período analisado, apresentou valores médios tanto para DBO<sub>5</sub> quanto para DQO (Tabela 2), típicos de aterros antigos, ou seja, valores médios abaixo 1500 mg O<sub>2</sub>/L.

O valor do lixiviado efluente superior 0,5, provavelmente é decorrente das condições climáticas do período de estiagem (Tabela 1), o que favoreceu o desempenho da atividade microbiana da lagoa facultativa e o aumento da fração orgânica proveniente da DBO algal, principalmente nas coletas iniciais, conforme o pico da segunda coleta mostrado na Figura 3.

Entretanto, as elevadas taxas de evaporação reduziram bastante a lâmina líquida da lagoa facultativa a partir de outubro (Figura 2a e 2b), onde se verificou um acentuado decréscimo da DBO<sub>5</sub> e conseqüentemente a redução da relação DBO<sub>5</sub>/DQO, atingindo valores abaixo de 0,3 (Figura 3).



**Figura 2a.** Vista do nível da lagoa facultativa em out/07.

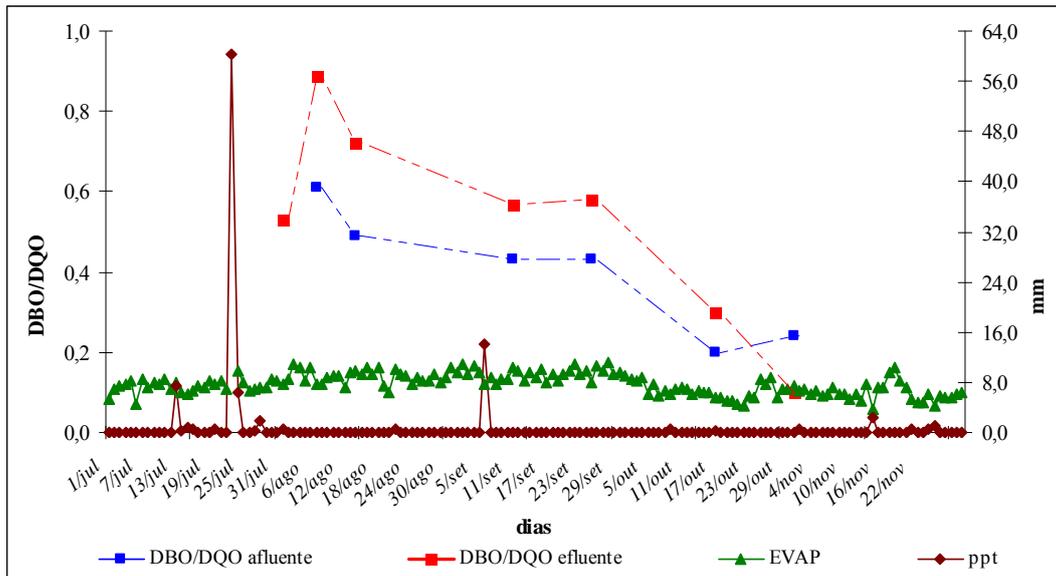


**Figura 2b.** Vista do nível da lagoa facultativa em nov/07.

Na Figura 3 é apresentada a relação DBO<sub>5</sub>/DQO do período estudado, bem como, a precipitação e a evaporação correspondente ao período de julho a novembro de 2007.

Observa-se na referida figura que realmente não houve precipitação representativa. A evaporação média diária a partir de setembro/07 foi igual ou superior a 9 mm. Verificou-se que nas duas últimas coletas, a relação DBO<sub>5</sub>/DQO apresentou os menores valores durante todo o período analisado, tanto para o lixiviado afluente quanto para o lixiviado efluente. Este fato pode ser devido à evaporação, que interferiu na umidade do lixo e conseqüentemente no escoamento do lixiviado pelas células, bem como, reduziu o nível do lixiviado na lagoa

facultativa, possibilitando um aumento na concentração de sais e outros compostos, como por exemplo, os cloretos.



**Figura 3.** Relação DBO/DQO, precipitação e evaporação no início do período de estiagem.

LÓBO *et al* (2006) analisaram a qualidade dos efluentes brutos do aterro metropolitano de João Pessoa (PB) e do aterro controlado da Muribeca, no período de janeiro 2004 a julho de 2005, e constataram que no período prolongado de baixas precipitações ocorrem reduções dos parâmetros de DBO<sub>5</sub> e DQO devido à redução na quantidade de material arrastado da massa de lixo. Os autores ainda destacam que no aterro da Muribeca a DBO<sub>5</sub> foi mais sensível à influência da precipitação do que a DQO.

ROCHA (2005) analisou no período de janeiro a maio de 2004, ou seja, durante intensa precipitação pluviométrica, o desempenho de um sistema de lagoas de estabilização para tratamento do lixiviado do aterro controlado da Muribeca, na Região Metropolitana de Recife. A referida autora constatou que nesse período não houve correlação da precipitação com a biodegradabilidade do lixiviado, sendo a relação DBO/DQO obtida de 0,26 e 0,34, para o lixiviado de entrada e saída, respectivamente. Tais valores caracterizam tanto o efluente bruto quanto o tratado, medianamente ou de difícil degradabilidade.

CINTRA *et al* (2002) armazenaram por 5 dias o lixiviado gerado no aterro controlado de Bauru, para avaliação da biodegradabilidade natural do lixiviado. De acordo com os dados obtidos, nos meses de julho e agosto, a qualidade do efluente manteve-se bastante uniforme, o que permitiu aos autores concluir que tal situação foi decorrente da estagnação do efluente ao longo dos meses de estiagem, atingindo relações menores que 0,3, típicos de aterros antigos.

Segundo os dados de CINTRA *et al.* (2002), quanto mais tempo o lixiviado for armazenado, menor será a relação de biodegradabilidade. Se resguardarmos as diferenças de procedimentos deste trabalho em relação aos autores acima citados, destaca-se que, neste estudo, não somente os processos químicos e biológicos influenciaram nos resultados do lixiviado efluente, mas também as condições climáticas (principalmente evaporação) que favoreceram o processo fotossintético das algas e o aumento na concentração de alguns compostos.

## CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos no período de estiagem (agosto a novembro/07) verificou-se que:

- Durante a estiagem, as lagoas são utilizadas como reservatórios para armazenamento de lixiviados, pois não há vazão suficiente para que ocorra o fluxo contínuo.

- O lixiviado gerado no aterro sanitário metropolitano Oeste-Caucaia apresentou valores médios de DBO<sub>5</sub> e DQO típicos de aterros sanitários antigos, mesmo sendo um aterro ainda em operação, prevalecendo à idade de decomposição dos resíduos. Ressalta-se que essas baixas concentrações comprometem o processo biológico das lagoas de estabilização.
- Os fatores climáticos, principalmente a elevada evaporação e os fortes ventos, predominantes em Fortaleza no período de agosto a novembro, influenciaram na composição orgânica do lixiviado, tanto afluente quanto efluente, causando: redução da umidade dos resíduos, diminuição do carreamento dos compostos presentes na massa de resíduos que chegam diariamente no aterro (frente de operação), aumento da atividade fotossintética das algas, rebaixamento do nível das lagoas, redução da fração orgânica biodegradável e concentração de outros compostos, principalmente os compostos iônicos.
- Os valores médios da biodegradabilidade (DBO<sub>5</sub>/DQO) do lixiviado afluente (0,40) e efluente (0,53) são típicos de aterros novos, o que não é o caso do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste - Caucaia (em funcionamento desde 1991). Esses valores médios foram mascarados devido à influência dos fatores climáticos, principalmente nos meses de agosto e setembro, conforme comentados no parágrafo anterior.
- O pH alcalino (>8) foi identificado tanto no afluente quanto no efluente, sendo que, o lixiviado afluente provavelmente é decorrente do processo metanogênico predominante no aterro principalmente neste período de estiagem onde há redução da umidade. Para o lixiviado efluente esse valor provavelmente foi decorrente da atividade fotossintética das algas.
- A maior fração dos sólidos totais (ST) presentes no lixiviado tanto afluente quanto efluente, encontraram-se na forma dissolvida (SDT) e que, os baixos valores percentuais, menos que 20%, correspondente aos sólidos totais voláteis (STV) indicam que esses compostos são inorgânicos e/ou minerais.
- A necessidade de pós-tratamento do lixiviado efluente (tratado) antes do seu lançamento no corpo receptor visando atender resolução 154/02 do órgão ambiental do estado do Ceará (SEMACE) e proteção dos recursos naturais do estado.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP (Processo nº 0361/06) pela concessão da bolsa de doutorado e ao Eng. Helano Brilhante, administrador do aterro sanitário, pela disponibilidade e ajuda na coleta das amostras.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. CINTRA, F. H; HAMADA, J.; CASTILHO FILHO, G.S. Fatores que afetam a qualidade do chorume gerado em aterro controlado de resíduos sólidos urbanos. In: VI SIBESA – Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002. Anais em CD room.
2. LOBO, E.M.P dos S; SOBRINHO, M.A. da M; ALVES, M.C.M; JUCÁ, J.F.T. Caracterização do percolado produzido no aterro metropolitano – PB e no aterro da Muribeca – PE. In: VIII SIBESA – Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, 2006. Anais em CD room.
3. ROCHA, E. M. R. Desempenho de um sistema de lagoas de estabilização na redução da carga orgânica do percolado gerado no aterro da Muribeca - PE. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Junho 2005.151 p.
4. UEHARA, M. Y. (1989). Operação e manutenção de lagoas anaeróbias e facultativas. São Paulo. CETESB, 91 p. ISSN 0103-2623.